

Manual de buenas prácticas mineras en ambientes dunarios

Germán Bértola, Bernardo Taverna, Daniel Antenucci,
Cecilia Mantecón, Fernando Piantanida y J. Luis del Río

Manual de Prácticas Mineras en Ambientes Dunarios

Germán Ricardo Bértola, Bernardo Daniel Taverna, Cecilia Lucía Mantecón, Daniel Antenucci, Fernando Piantanida y Julio Luis del Río



Manual de buenas prácticas mineras en ambientes dunarios /
Germán Ricardo Bértola ... [et al.]. - 1a ed. - Mar del Plata : EUDEM, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-8410-34-0

1. Explotación Minera. I. Bértola, Germán Ricardo.
CDD 622.028

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: 978-987-8410-29-6

Este libro fue evaluado por el Licenciado en Geología Mario Osvaldo Rafael Tessone.

Primera edición: junio 2021

© 2021, Germán Ricardo Bértola, Bernardo Daniel Taverna, Cecilia Lucía Mantecón, Daniel Antenucci, Fernando Piantanida y Julio Luis del Río

© 2021, EUDEM
Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata
3 de Febrero 2538 / Mar del Plata / Argentina

Arte y Diagramación: Rocío Canetti - Luciano Alem



Libro
Universitario
Argentino



COMISIÓN DE
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



IGCYC



Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Mar del Plata

Índice

Agradecimientos	7
Prólogo	9
Capítulo 1	11
Propósito y presentación	11
Introducción	11
Objetivos generales y particulares del presente manual	12
Usuarios	13
Capítulo 2	15
Marco conceptual en el estudio de las dunas	15
Área de trabajo	16
Factores de diferenciación	16
Factores geomorfológicos	17
Factores geológicos	25
Factores hidrológicos	36
Factores ecológicos	38
Factores legales	43
Capítulo 3	47
Características de las explotaciones mineras	47
Caracterización de la forma de explotación de los áridos dunarios	48
Capítulo 4	51
Escenarios de máxima y mínima afectación geo-ecológica	51
Indicadores para la caracterización de areneras dunarias	55
Capítulo 5	61
Aportes para el manejo y gestión ambiental en las areneras	61
Consideraciones finales	69
Bibliografía	71
Sobre los autores	75

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) por la confianza depositada y haber financiado este trabajo dentro de la convocatoria de Proyectos de Innovación y Transferencia en Áreas Prioritarias de la Provincia de Buenos Aires 2016 (PIT -AP-BA, Resolución N° 428/16).

Queremos también hacer un explícito reconocimiento a las autoridades y profesionales de la Dirección Provincial de Minería y el OPDS, que participaron y facilitaron en todo momento información y documentación relevante para llevar a término este informe.

Finalmente, agradecemos al Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (Universidad Nacional de Mar del Plata - CIC), al Instituto de Investigación Marinas y Costeras (Universidad Nacional de Mar del Plata-CONICET) y a la Universidad Nacional de Mar del Plata por la amplia disponibilidad de facilidades para la ejecución de este trabajo

Una especial mención a los doctores Gustavo Martínez, Margarita Osterrieth, Mario Tessone, a la ingeniera Emilia Bocanegra, a los licenciados Marcelo Bravo Almonacid y Sandra Martínez y, especialmente, a la cartógrafa Virginia Bernasconi por sus gráficos y dibujos.

Prólogo

Es para mí un privilegio y señalado honor que se me haya pedido que escriba estas líneas, a manera de prólogo, para el *Manual de buenas prácticas en ambientes dunarios*, obra realizada por calificados investigadores y profesionales que desarrollan sus actividades en el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMDP-CIC); en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (CONICET-UNMDP); y en la Dirección Provincial de Minería (provincia de Buenos Aires).

El manual está estructurado en seis capítulos muy bien ilustrados, en los que se describen las particularidades de la explotación de áridos a partir de dunas litorales. Se hace referencia al origen y desarrollo de los médanos de la costa bonaerense y se diferencian y limitan las distintas barreras que participan en el extenso litoral costero, analizando los factores geológicos, geomorfológicos, ecológicos e hidrológicos. Así mismo, se incluye un amplio listado bibliográfico que enriquece y permite enfocar con rigurosidad las distintas temáticas.

En la obra, se proponen herramientas y criterios para el manejo y gestión sostenible en el desarrollo de las actividades extractivas que se llevan a cabo en 16 municipios costeros de la provincia de Buenos Aires. Se definen, en un marco conceptual, los recursos como integrantes del ecosistema natural. Se analiza el medio físico, el biótico y las características socioeconómicas del ámbito costero, y se proponen recomendaciones metodológicas para la construcción y rehabilitación de las explotaciones durante las diferentes fases del ciclo minero y la etapa de cierre.

El trabajo constituye un aporte valioso debido a que proporciona una propuesta orientada a mejorar la actividad minera productora de áridos. Tiene como atributo central el desarrollo sostenible en el que están incluidos aspectos físicos, biológicos, económicos, sociales y culturales, a partir de un manejo armónico, equilibrado y responsable, teniendo presente la estructura geo-ecológica de la zona costera.

En el manual se hace referencia a las explotaciones mineras que se desarrollan a lo largo de la costa bonaerense, registradas y controladas por la Dirección Provincial de Minería. Se mencionan las normas legales y reglamentaciones relacionadas con las actividades extractivas y las metodologías de seguimiento y control ambiental. Cumple ampliamente con el cometido en que fue inspirado, esto es, como obra de orientación y consulta para los productores mineros y para los profesionales y estu-

diantes que abordan los múltiples factores que intervienen en el uso y manejo de los ecosistemas dunarios y los recursos renovables de la zona costera.

Del mismo modo, contribuye a la toma de decisiones por parte de los agentes técnicos y autoridades municipales y provinciales, encargados de evaluar y fiscalizar las operaciones mineras y ejecutar políticas de desarrollo sostenible

DR. ISIDORO B. A. SCHALAMUK
Profesor Emérito de la UNLP
Investigador Superior del CONICET

Capítulo 1

PROPÓSITO Y PRESENTACIÓN

El propósito principal de un manual de buenas prácticas mineras es aportar a los productores mineros, autoridades provinciales y municipales un conjunto de criterios que permitan desarrollar las actividades extractivas en un contexto de sostenibilidad ambiental. La sostenibilidad en minería es un concepto delicado y complejo toda vez que implica la extracción de recursos no renovables o de muy baja renovabilidad.

El objetivo de este aporte es coordinar y guiar las propuestas para el desarrollo futuro de emprendimientos extractivos en la faja medanosa o dunaria de la zona costera, mediante un marco de referencia general, que es la zonificación, y otro específico, como es la reglamentación (Rojas et ál., 2010). Con estas medidas, se busca proponer planes para el uso y manejo sostenible de los ecosistemas dunarios y los recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos, la dinámica sedimentaria y, en consecuencia, la conservación de la estructura geoecológica de la zona costera.

INTRODUCCIÓN

Los áridos se encuentran entre las principales materias primas asociadas a la construcción urbana, el desarrollo de infraestructuras y la producción de industrias, por tal motivo estos materiales poseen un carácter estratégico en distintas actividades antrópicas. Según algunas fuentes (ANEFA, 2016), los áridos son la segunda materia prima más consumida por el hombre después del agua. Este insumo crítico para el desarrollo humano proviene tanto de la trituración de rocas cristalinas como de la extracción directa de depósitos sedimentarios, como playas, dunas o ríos.

En la provincia de Buenos Aires, existen importantes fuentes para la provisión de áridos procedentes de las canteras de rocas ígneas y sedimentarias. Sin embargo, una porción significativa proviene de los áridos naturales, al menos en los términos más finos. Particularmente en toda la porción oriental de la provincia este material se obtiene a partir de la extracción de arenas de las dunas o médanos (en este trabajo ambos términos se consideran sinónimos) costeros.

En efecto, en los dieciséis municipios costeros de la provincia de Buenos Aires una parte muy significativa de los áridos que se consumen proviene de la explotación de las arenas de dunas litorales. Al mismo tiempo, estas dunas son el soporte de otras actividades económicas de estas ciudades, construidas con estos áridos, ya que son un destino privilegiado del turismo provincial de sol y playa. Por otra parte, también representan ecosistemas complejos de alta variabilidad y son fuentes de provisión de aguas.

Esta multiplicidad de usos territoriales, conlleva un desafío a la gestión de estos sistemas, de tan marcada dinámica y fragilidad.

Actualmente, los distintos organismos provinciales, como la Dirección Provincial de Minería o el OPDS, con competencia directa en la explotación y control de esos sistemas y de las actividades extractivas que en ellos se desarrollan, deben contar y eventualmente elaborar criterios objetivos y consensuados que permitan desarrollar un estilo de minería ambientalmente sustentable que tienda a garantizar tanto la necesaria provisión de áridos para la construcción como la reconfiguración de un paisaje que continúe siendo visualmente ameno y, a la vez, comprometer en la menor medida posible al ecosistema dunario, de modo de poder preservarlo.

La minería de ambientes dunarios, como toda actividad productiva, genera alteraciones e impactos directos en el ambiente donde se desarrolla. Estos impactos (que son descriptos y cuantificados en las evaluaciones presentadas individualmente por las organizaciones) pueden tener, en la sumatoria y en el conjunto, efectos sinérgicos no evidenciados en los análisis particulares, porque la visión integral y sistémica genera una perspectiva holística relevante. En consecuencia, para la situación de las dunas costeras los recaudos deben ser acordes a la fragilidad del sistema.

OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES DEL PRESENTE MANUAL

El objetivo de este manual es proponer y aportar criterios para que las explotaciones de áridos naturales de origen dunario desarrollen estrategias de manejo más sostenibles para sus actividades mineras y para que los municipios costeros bajo el control de los organismos con jurisdicción en la provincia de Buenos Aires puedan caracterizarlas y auditarlas.

Así, este manual trata de focalizar los pros y las contras de las actividades extractivas de modo objetivo, considerando los siguientes objetivos particulares:

- Caracterizar las formas y estilos de explotación de áridos dunarios.
- Proponer criterios de diseño para la explotación de áridos dunarios, tendientes a la sustentabilidad ambiental de las explotaciones mineras.
- Sugerir medidas de mitigación ambiental como un conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo del Proyecto

USUARIOS

Este documento está dirigido principalmente a las autoridades municipales y provinciales con injerencia en la zona costera, a los productores mineros y a los tomadores de decisiones. Aporta también a una base general de conocimiento de las cadenas dunarias bonaerenses, que puede ser de utilidad en otro tipo de intervenciones y/o estudios.

Este manual puede ser utilizado en sentido proactivo, como base para la elaboración de marcos de políticas, planes y actividades. A su vez, se puede utilizar en sentido reactivo, como fuente de ayuda e ideas para responder a los problemas y oportunidades, dirigiendo los temas en función de la necesidad de los usuarios.

Capítulo 2

MARCO CONCEPTUAL EN EL ESTUDIO DE LAS DUNAS

El marco conceptual general se centra en dos ejes: el primero, el estudio de los ambientes costeros, y el segundo, la minería a cielo abierto de áridos naturales. Ambos, en conjunto, aportan a la elaboración y aplicación para la gobernanza sectorial de las actividades extractivas en las barreras medanosas de la provincia de Buenos Aires.

Las dunas costeras son sistemas dinámicos representados tanto por las dunas móviles como las fijadas por vegetación, cuya edad en la región es de menos de 6000 años. En los últimos 70 años, se han vuelto objeto de drásticas intervenciones urbanas, dado que actúan como asiento de poblaciones y como proveedoras de recursos naturales (áridos y agua potable) que son utilizados en actividades humanas.

Existen numerosos trabajos en dirección a establecer las acciones recomendadas para la gestión y gobernanza de costas dunarias (Laranjeira et ál., 1999; Nordstrom, 2008; Isla, 2010). Esos aportes se focalizan, en general, en el análisis de una serie de variables que se aplican a la determinación de la vulnerabilidad del área dunaria. Generalmente se incluyen cinco parámetros principales tales como: morfología del sitio y de la duna, condición de la playa, características de la duna en los 200 m adyacentes a la playa distal, presión de uso y un número adaptable de variables para cada parámetro (Laranjeira et ál., 1999). Sin embargo, muy pocos estudios se ocupan de las dunas como objeto minero.

En efecto, las barreras arenosas son sitios susceptibles de acoger distintos tipos de uso del suelo, como la recreación, la minería, la forestación, la urbanización, etc. (Isla y Lasta, 2010). Por este motivo, las acciones o actividades a desarrollar deben tener en consideración minimizar el impacto sobre los componentes bióticos del ecosistema y la dinámica geomorfológica del cuerpo medanoso.

La demanda de áridos se basa en la necesidad de las sociedades de construir a partir de georrecursos el hábitat humano, que en esencia es el escenario urbano. De acuerdo con ANEFA, alrededor de 2012 se consumían internacionalmente un promedio de 4800 kg de áridos por habitante por año, una parte de los cuales son de origen natural. No existe sociedad humana moderna que se mantenga por fuera de un sistema artificial de estructuras destinadas a cobijarla. Esta estructura urbana se basa, y centra, en el uso intensivo de georrecursos en el que los áridos y el agua son dos

de los más requeridos en términos de volumen. Son entonces recursos críticos para el sostenimiento o desarrollo de las sociedades tanto litorales como continentales, pero, que en la zona que nos ocupa, se tornan altamente sensibles a la presión de uso y a la dinámica propia de los cuerpos que los contienen.

Es interesante advertir que, si bien la minería es denunciada en distintos trabajos referidos a las dunas costeras como inductora de problemas, es poco preciso o ausente el establecimiento de criterios concretos en pos del desarrollo de esta actividad orientada a la minimización de impactos negativos aplicables a las condiciones de cada una de las barreras.

ÁREA DE TRABAJO

El área analizada en este manual forma parte de una secuencia de barreras arenosas compuesta por sedimentos eólicos y litorales que están representadas a lo largo del litoral atlántico de la provincia de Buenos Aires, en una franja discontinua que se extiende desde Punta Rasa al Norte ($36^{\circ}18'S-56^{\circ}46'O$) hasta la desembocadura del río Negro ($41^{\circ}01'S-62^{\circ}47'O$) al Sur (Fig. 1).

FACTORES DE DIFERENCIACIÓN

Los criterios para delimitar la zona costera son numerosos. Una forma de agruparlos puede ser por categorías de factores (Clark, 1996; Steer et ál., 1997), como los geofísicos, biológicos, administrativos o legales, socioeconómicos, entre otros. Pero no hay uno de estos criterios que por sí solo sea aplicable universalmente, ni puede alguno de ellos satisfacer todos los requerimientos para una delimitación efectiva de las zonas costeras (en general) y el área de dunas (en particular). Usar un único criterio puede tener la ventaja de la simplicidad, pero usando varios criterios, se gana en competitividad y realismo. En conclusión, no existe un enfoque unificado para ello, la delimitación con base en rasgos naturales, complementada con otros criterios que señalan su significado socioeconómico, y todo ello ajustado al radio de acción administrativo existente, sería la forma más efectiva de lograr un compromiso entre tantas y tan diversas opciones (Alonso et ál., 2003).

En nuestro caso, la delimitación se centra, en primer término, en factores geomorfológicos (tipología de dunas, áreas de aporte de material y estado), geológicos (edad y origen de las barreras medanosas), hidrológicos, ecológicos, legales y político-administrativos. Sobre esta delimitación, y en concordancia con la normativa vigente, se impone en las barreras medanosas una múltiple presión de uso que, en nuestro caso, pone especial atención en la extracción del material arenoso.



Figura 1: Mapa de ubicación de las cuatro barreras medanosas de la provincia de Buenos Aires (Bértola et al., 2018).

Factores Geomorfológicos

Las dunas se definen como geformas originadas por el transporte eólico de arenas. Adoptan variadas y complejas formas que están relacionadas a la topografía del sustrato, la vegetación, a la cantidad de arena disponible y a factores climáticos, como la velocidad, la dirección y la frecuencia de los vientos. Se presentan formando “cuerpos, cadenas o barreras de médanos”. Así también, las dunas costeras son parte del sistema arenoso compuesto por la playa, altamente móvil, y la duna, más estable (Komar, 1998).

La mecánica del transporte de arenas eólicas

En relación a la mecánica del transporte 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; la primera es la más importante y representa más del 75 % del total (Bagnold, 1941). En la saltación, el viento, al alcanzar una velocidad determinada

(llamada velocidad crítica), produce un esfuerzo de corte que arranca los granos de la superficie con un movimiento ascendente al principio; luego, siguiendo la velocidad y dirección del viento, caen en forma de parábola por el propio peso de las partículas.

Estas partículas, al llegar a la superficie, disipan la energía en forma de calor y pueden ocurrir dos situaciones: que reboten (si la superficie es dura o está formada por partículas grandes) o que transmitan su movimiento a otra (si son psamíticas). Sin embargo, debido al hecho de 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 velocidad del viento lo mantiene. Una vez que la saltación ha empezado, la directa presión del viento ya no es 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 los nuevos granos. Los granos mayores de 1 mm de diámetro (caso que no ocurre en estos médanos) generalmente se mueven por el segundo proceso, llamado arrastre superficial. Cuando los granos que están en saltación impactan a los granos mayores, no tienen bastante energía para elevarlos por el aire, pero les transmiten una energía que los pone en movimiento (Fig. 2).

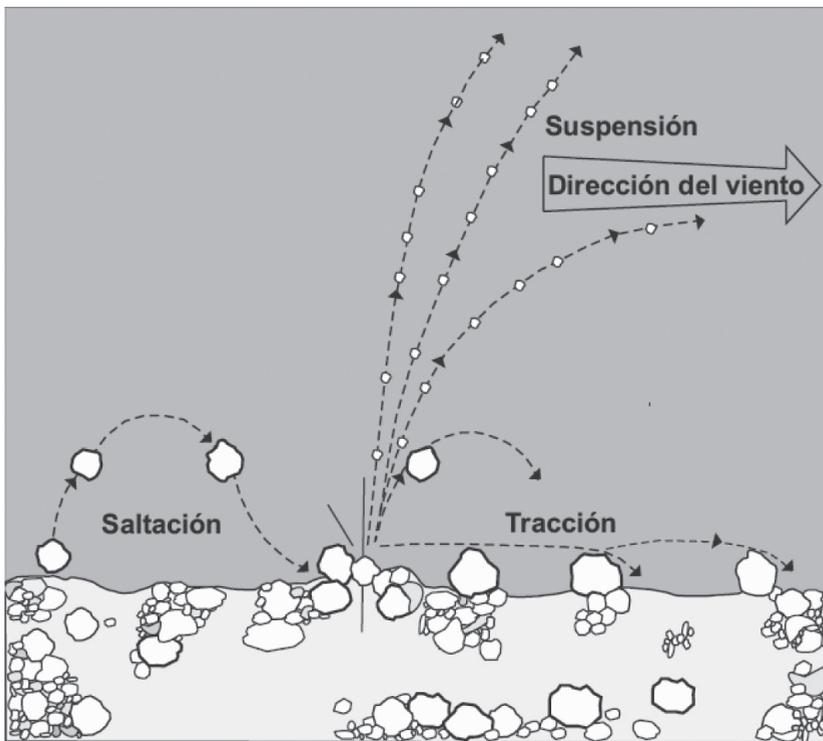


Figura 2: Esquematación de las formas de transporte de arenas eólicas (modificado de Hesp y Thorn, 1990).

Para que pueda existir la geoforma de acumulación, debe haber una reducción suficiente de energía del viento a lo largo de la dirección de movimiento de arena en un sistema extenso activo (Fryberger y Ahlbrandt 1979). Cualquier obstáculo, como un afloramiento de roca, la presencia de vegetación o inclusive basura, 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 (Fig. 3). Pero no siempre se necesitan obstáculos para la acumulación de arena, ya que todos los sólidos tienen el poder de auto-acumularse y es por ello que existen los médanos vivos. Esta auto-acumulación se genera 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.



Figura 3: Acumulación de arena eólica detrás de objetos y plantas. Localidad de Arenas Verdes (Municipio de Lobería).

Este proceso genera un movimiento de arena más lento a sotavento (el lado de donde no sopla el viento). En el caso de los granos que se arrastran, se origina una fricción de los granos de arena de saltación que reduce la velocidad del viento cerca de la superficie.

En los médanos, las pendientes de barlovento (de donde sopla el viento) y la de sotavento son, en general, distintas. Las de sotavento puede alcanzar entre 30° y 35° , dado que entre estos valores está el ángulo límite de reposo de la arena, en el cual se equilibran las fuerzas de gravedad y la de fricción entre los granos. Por otro lado, la pendiente de barlovento presenta valores angulares menores, cercanos a 5° o 6° , por lo tanto, el perfil de un médano será asimétrico (Fig. 4 y 5).

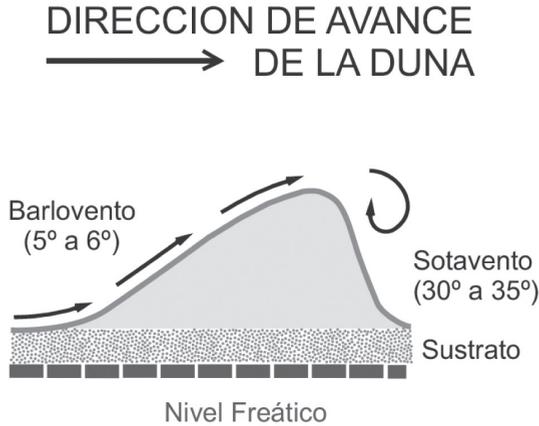


Figura 4: Dirección de avance de la duna con sus caras de barlovento y sotavento.



Figura 5: Frente o cara de sotavento -o avalancha- en médanos de la localidad de Arenas Verdes (Municipio de Lobería).

Si bien no todas las acumulaciones de arena son migratorias, buena parte de las que encontramos en las barreras medanosas de la provincia de Buenos Aires se desplazan. En general, aquellas acumulaciones de pequeñas dimensiones llegan a desplazarse hasta diez metros por año. Las grandes acumulaciones, en cambio, son más estables (Fig. 6 y 7).



Figura 6: Frente de duna migrante que avanza sobre la Ruta Provincial N°11, en el barrio San Eduardo del Mar (Municipio de General Pueyrredon).

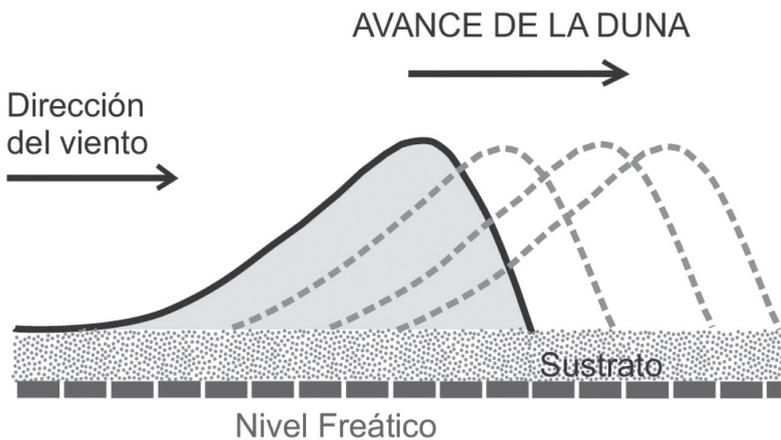


Figura 7: Migración de la duna en su cara de sotavento.

Se supone que el límite de crecimiento en altura está dado por el aumento de la velocidad del viento hacia arriba y la disponibilidad de arena. A determinada altura, el viento posee la capacidad de quitar todos los granos de arena que remontan la pendiente de barlovento.

En función de la forma, los médanos o dunas se agrupan en:

- a. **Longitudinales: (Seif)** se forman en zonas donde la arena no es abundante y el viento sopla con mayor frecuencia en una dirección determinada. Son paralelos a la dirección del viento y forman crestas agudas. En general su altura pue-

de llegar a 100 m y excepcionalmente hasta 200 m. La longitud puede llegar a ser de hasta siete veces superior a la altura. Es de destacar que esta tipología no está representada en la zona costera bonaerense.

b. Transversales: estas son las formas más recurrentes en las cadenas medanosas bonaerenses. Dentro de estas formas es posible distinguir:

b.1 Transversales propiamente dichos (Fig. 8): se forman cuando el viento es moderado y la arena abundante. Pueden formar cadenas de hasta 300 km de longitud integrada por cuerpos individuales de no más de 1 km. La altura es similar a la de los médanos longitudinales. La cara de deslizamiento es muy marcada y sus crestas esencialmente rectas. Esta forma puede pasar gradualmente a Barjanes.

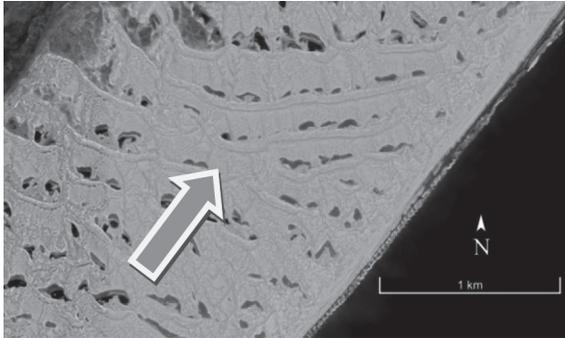


Figura 8: Dunas Transversales y dirección del viento predominante (Google Earth®, en coordenadas 37°33'10,19" S - 57°12'33,92" O).

b2 Barjanes: son médanos en forma de “medialuna” cuyos cuernos apuntan en la dirección del viento. En general parecen requerir un suelo duro y plano, vientos con dirección constante y un abastecimiento de arena un tanto limitado. Siempre están desprovistos de vegetación y migran permanentemente sobre un sustrato duro y coherente, sobre todo sus cuernos, que lo hacen más rápido que la cresta. Pueden alcanzar hasta 30 m de altura, pero los pequeños no pasan de 1 m. En planta llegan a 6 m de cuerno a cuerno. Tampoco se encuentran en la zona costera bonaerense.

b2.1 Médanos barjanoides (Fig. 9): son la transición entre los médanos transversales y los barjanes puros.

b3 Médanos parabólicos (Fig. 10): también llamados médanos en “U”; la relación entre la forma y la dirección del viento es exactamente la opuesta a la de un barján, pues tiene los “cuernos” tendidos a barlovento. En perfil es similar al barján dado que presenta una pendiente suave a barlovento y una cara

de deslizamiento de 30° a 40° a sotavento. Se desarrollan en zonas con más vegetación, la que retiene los granos de arena que están cerca de la superficie y no interfieren el emplazamiento de la parte central de la acumulación, la cual está a mayor altura y avanza más rápido. En las cadenas litorales de la provincia presentan una morfología de brazos muy cortos por la presencia de la vegetación.

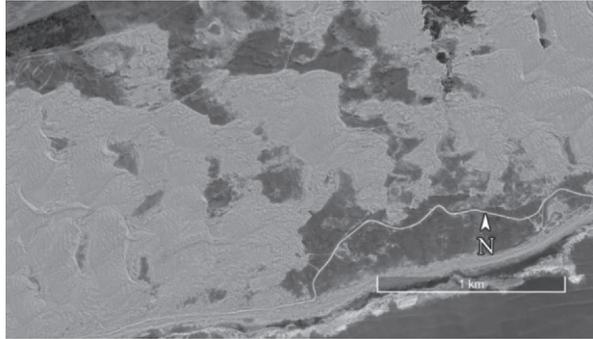


Figura 9: Dunas Barjanoides (Google Earth®, en coordenadas $38^\circ 32' 52,17''$ S - $58^\circ 35' 21,58''$ O, imagen del 26/04/2011).

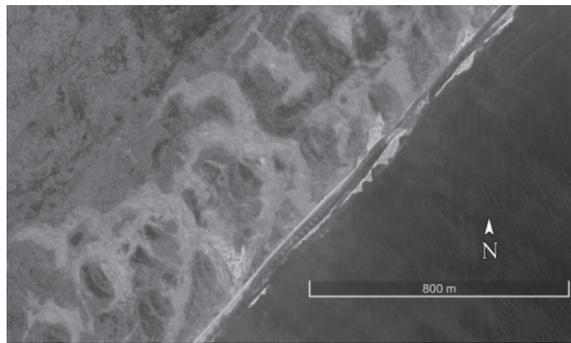


Figura 10: Dunas Parabólicas (Google Earth®, en coordenadas $37^\circ 43' 08''$ S - $57^\circ 23' 45,38''$ O).

- c. **Médanos en estrella** (Fig. 11): dunas masivas que pueden alcanzar has 300 m de altura. Tienen formas complejas con varios brazos radiales, divergentes desde la cima, lo que indica que los vientos que las originan son variables. Se localizan en zonas donde hay grandes depósitos de arena. Estas dunas se caracterizan por ser bastante fijas.
- d. **Montículos o Nebkas** (Fig. 12): son pequeñas dunas originadas por el obstáculo que la vegetación u otra barrera oponen al viento. Tienen un contorno alargado en la dirección del viento. La arena se acumula a sotavento del arbus-

to o la mata de vegetación. Son formas que suelen construirse rápidamente cuando el viento cargado de arena sopla con cierta intensidad y en dirección constante. Sus dimensiones son proporcionales a las del abrigo bajo el que se forman, siguiendo la dirección de los vientos dominantes.

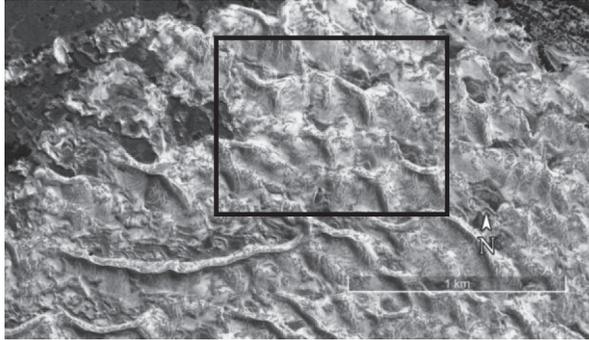


Figura 11: Dunas en Estrella (Google Earth®, en coordenadas 36°55'55,32" S - 56°43'52,77" O)..



Figura 12: Dunas en montículo en la localidad de Mar Azul (Municipio de Villa Gesell).

En resumen, las distintas geoformas que pueden adoptar las dunas de todas las barreras de nuestra provincia, pueden apreciarse en la Figura 13.

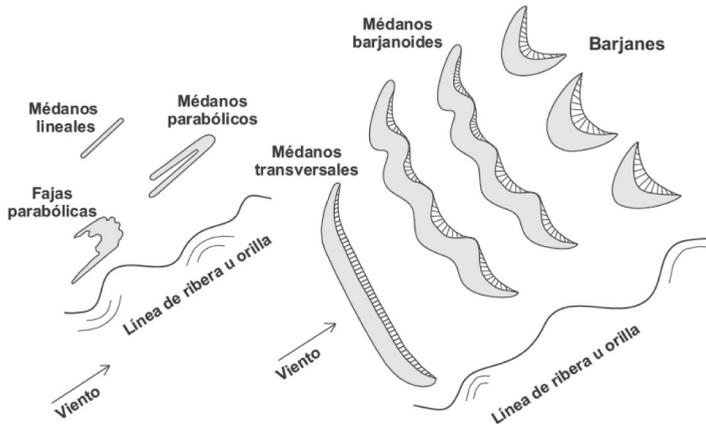


Figura 13: Tipos de médanos (modificado de Isla, 2010).

Factores Geológicos

En la costa de la provincia de Buenos Aires, se pueden definir geomorfológicamente y a grandes rasgos: zonas de acantilados activos e inactivos, plataformas de abrasión, planicies de mareas activas e inactivas, dunas, cordones litorales (en acreción o erosión) e islas de barrera. Codignotto y Kokot (2005) describen regionalmente los principales rasgos (Fig. 14).

Se trata de entidades dinámicas ubicadas principalmente a lo largo de extensas planicies costeras que intercalan con serranías oblicuas a la costa y la llanura interse-rana a lo largo de la costa bonaerense.

Las barreras medanosas tienen un origen reciente, desde el Holoceno medio a la actualidad. Numerosos estudios sobre génesis, geomorfología y dinámica de estas geoformas relevantes de la costa bonaerense, han sido realizados en los últimos 50 años (Parker y Violante, 1989; Parker et ál., 1999; Isla y Bértola 2005; Schnack et ál. 1982, 1989; Isla et ál. 2001; Schnack 2007, entre otros). Sin duda, las dunas de la costa bonaerense son el resultado de las diversas oscilaciones del nivel del mar durante el Cuaternario, situada entre la secuencia continental del interior de la provincia de Buenos Aires y el área de Plataforma Continental del Mar Argentino (Violante, 1992).

En general, el origen y el desarrollo de las dunas de la costa bonaerense han sido bastamente reconocidos en las barreras medanosas Oriental y Austral de Buenos Aires. En base a dataciones radiocarbónicas de materiales obtenidos por debajo de los niveles medanosos, se reconocen 3 ciclos de generación de médanos costeros (Isla et ál., 2001). El primero se originó con posterioridad a la colmatación de ambientes estuáricos estuariales (estuarios, lagunas costeras, lagunas estuarinas, marismas) aproximadamente hace 6000-4000 años AP, condicionado por la disponibilidad de arena y profundidad del ambiente estuarial. El segundo ciclo de formación de méda-

nos costeros, corresponde a una regeneración que ocurrió entre 3500 y 2400 años AP en ambas barreras de dunas. Finalmente, el último ciclo se corresponde a una reactivación que tuvo lugar entre 1600 y 500 años AP (Isla et ál., 2001).

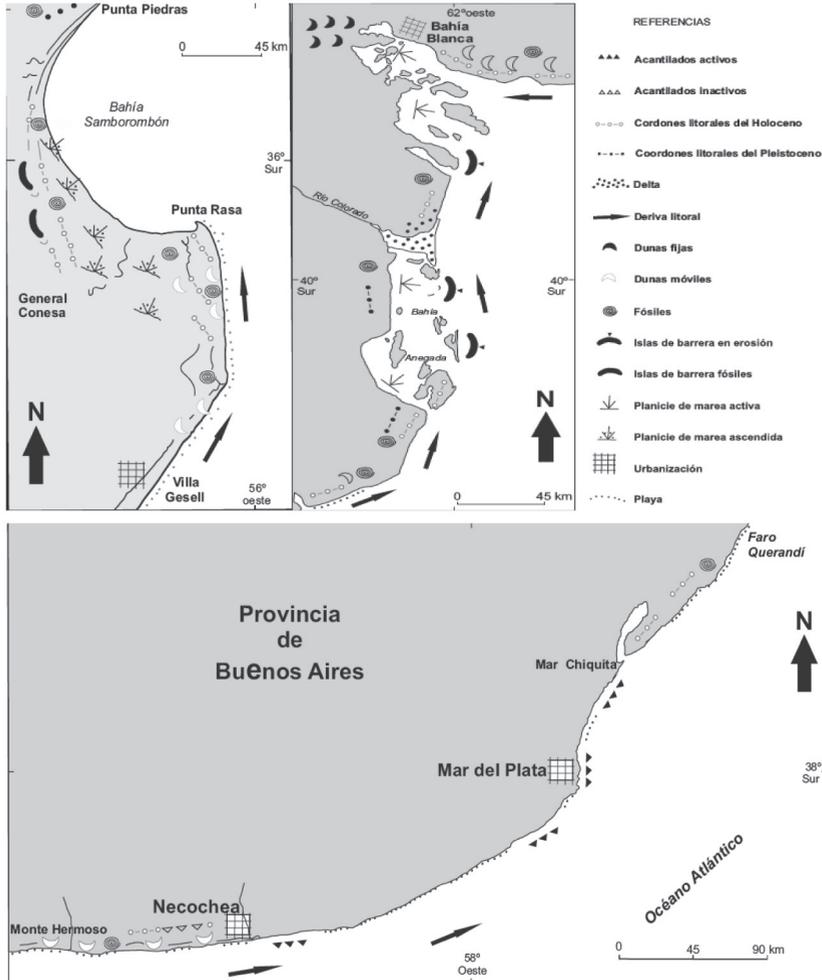


Figura 14: Esquema de rasgos geomorfológicos costeros de la provincia de Buenos Aires (Codignotto y Kokot, 2005).

Desde entonces, estas barreras de dunas han sido afectadas por una activa dinámica litoral natural y, desde inicios del siglo pasado, por actividades antrópicas que se han intensificado sustancialmente en las últimas cinco décadas.

La barrera medanosa forma parte de la denominada provincia geológica Llanura Chaco-pampeana; en particular de áreas costero-litorales de las Cuencas del Salado, del Claromecó y de los ríos Negro y Colorado (Rolleri 1975; Isla y Bujalesky, 1995). Distintos autores reconocen entre tres a cuatro barreras medanosas (Fig.

16) que pueden ser individualizadas en el litoral bonaerense (Isla y Bujalesky, 1995; Isla; 2001; Bértola et ál., 2018)

La Barrera Medanosa Oriental (BMO) se extiende desde Punta Rasa hasta Mar Chiquita, mientras que la Barrera Medanosa Austral (BMA), lo hace desde Miramar hasta Punta Alta. Una tercera se ubica en la desembocadura del río Colorado (Barrera del Colorado) y, finalmente, una cuarta se extiende desde el S de la isla del Jabalí, hasta la desembocadura del río Negro (Barrera de Patagones).

Las cuatro barreras han evolucionado en forma diferencial y fueron modeladas por factores morfo-hidrodinámicos tanto naturales como inducidos por efectos antrópicos, tal es el caso del crecimiento urbanístico y turístico. Si bien han surgido a expensas de la fluctuación del nivel del mar a partir del Holoceno medio (Isla, 1989; Isla, 1998; Violante et ál., 2004), se originaron bajo diferentes condiciones de disponibilidad de sedimento, relación con las zonas de aporte, régimen de vientos y en diferentes momentos (Isla et ál., 2001). En todas las barreras, las modificaciones más sustanciales ocurren en los ambientes mixtos/marinos, donde se pueden identificar dos geoformas relacionadas a diferentes agentes: eólicas y ácueas (Bértola y Cortizo, 2005).

En este sistema geológico dinámico, el paisaje de dunas costeras puede también entenderse como un sistema ecológico en constante cambio natural, y evolucionando en una escala de tiempo humana (Montserrat, 2010).

En todos los casos, el paisaje dunícola está desarrollado sobre sedimentitas Pleistocenas y Holocenas (Codignotto et ál., 1993). Los campos de dunas activas, muchas veces se extienden hasta 4 km tierra adentro desde la línea de ribera. Se caracterizan por estar asociados a geoformas altamente dinámicas, conformadas por sedimentos arenosos en constante tránsito eólico. Las dunas activas suelen cubrir extensos sectores frontales a lo largo de la costa justo por detrás de la playa distal en algunas localidades, o encima del tope de acantilados, formando dunas colgadas. En algunos sectores, existe un campo de dunas fijas y semifijas definidas por la presencia de vegetación, adyacente a sistemas de dunas activas. Estos médanos individuales, se intercalan, en algunos sectores, con el campo de dunas.

Según lo esquematizado por Bértola y Cortizo (2005) se observan distintos tipos de dunas de acuerdo a su distribución en la costa bonaerense (Fig. 15).

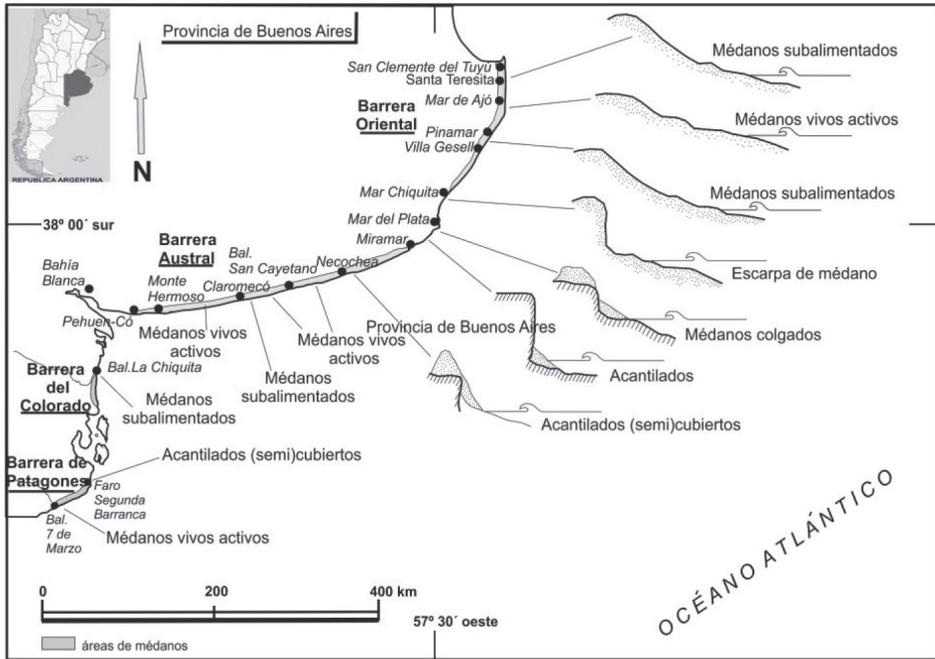


Figura 15: Distribución de médanos en las costas bonaerenses (modificado de Isla et ál., 2001 y Bertola y Cortizo, 2005).

Barrera Medanosa Oriental (BMO)

Esta barrera se extiende aproximadamente por 192 km como un cordón casi continuo desde Punta Rasa hasta la desembocadura de la laguna Mar Chiquita (Fig. 15). Abarca una superficie total de 530 km² y un ancho de 1500 hasta 4000 m (Schnack et ál., 1982). Los sedimentos litorales son las acumulaciones de playa que se extienden a lo largo de todo este ambiente y están constituidas generalmente por arenas medianas a finas, con menor granulometría en el sector del Partido de la Costa. Estos sedimentos están vinculados al sistema de dunas costeras y a la plataforma somera adyacente, en respuesta a la acción de olas, vientos y tormentas (Schnack, 2001).

La BMO cubre una superficie de 36.282,33 ha. El grado de urbanización y forestación presente en la región BMO es muy superior al de la región de la BMA y llegan a un 23,72% y a un 5%, respectivamente (Monserrat, 2010).

En sentido geológico, esta barrera se corresponde con la Formación Punta Médanos (Parker, 1979) de edad Holoceno superior (o Formación Faro Querandí, Schnack et ál., 1982) y está compuesta por arenas finas y medianas, castañas a amarillentas con restos de conchillas, que conforman las dunas costeras. Las diferentes tipologías medanosas se encuentran actualmente en movimiento o estabilizadas, con espesores del orden de los 30 m.

Algunos depósitos de barrera costera, de albufera, llanura de mareas, marismas y de playa, se intercalan con la Formación Punta Médanos dentro de un proceso transgresivo. Estos depósitos indican un ambiente de barrera litoral durante la etapa regresiva, que tuvo lugar después de que el nivel del mar alcanzara su máxima posición hace aproximadamente 6000 años.

La génesis de la barrera y de los ambientes costero-marinos asociados, responden fundamentalmente a los procesos transgresivo–regresivos holocenos que produjeron la acumulación de un conjunto de sedimentos asociados con diversos ambientes sedimentarios. Depósitos de lagunas costeras, playas y médanos constituyen las facies sedimentarias más comunes y su distribución responde al paleorrelieve y a los diferentes procesos geomórficos actuantes durante su evolución. Según Codignotto (1997) el extremo norte de la zona de estudio constituye el sistema de progradación marina más importante de la Argentina.

Evolución geomorfológica de la BMO

Esta barrera creció a partir de lo que Violante (1992) denomina un paleocabo, situado aproximadamente en lo que hoy es Villa Gesell, hacia el SSO y hacia el N del mismo (Schnack et ál. 1982) hace unos 1.400 años AP (Isla et ál., 2001). Entre Mar Chiquita y Faro Querandí hay médanos transversales que pasan a parabólicos y barjanoides. Más hacia el Norte forman médanos en estrella (Isla, 1997). Son médanos de arenas medias, más gruesas en los sectores de *blowouts* y más finas en las depresiones intermedanas. Su transporte habría sido originado por vientos del SSO (Isla et ál., 2001).

El avance del mar post-glacial responsable de la transgresión del Pleistoceno tardío tardío–Holoceno, generó diferentes ambientes sedimentarios en función de las distintas morfologías del sustrato inundado. El elemento morfológico más importante que reguló la evolución del área corresponde a la prominencia, paleopunta o paleocabo (Cavallotto et ál., 1995) conformado por sedimentos del Pleistoceno emplazados actualmente en las inmediaciones de Pinamar y Villa Gesell.

La BMO puede ser dividida en dos secciones, Norte y Sur, delimitadas principalmente por la orientación de la línea de costa, pero también en función de otras variables, como presencia de campos de dunas activas de desarrollo pleno.

El paisaje actual presenta en su superficie campos de dunas, donde el proceso modelador principal sería el eólico (Isla et ál., 2001). Pero estas dunas se encuentran recostadas sobre cordones litorales que forman espigas, las cuales divergen desde el punto de inflexión de la costa. Este segundo patrón es anterior y ha sido modelado por procesos marinos (Codignotto y Aguirre, 1993; Violante et ál., 2001; Villanova et ál., 2006). El alto nivel de modificación antrópica por trazado de caminos, desarrollo urbano e introducción de especies vegetales exóticas, ha desdibujado las geoformas naturales, por lo cual es menester incluir a la actividad humana también como agente modelador de este paisaje.

Dentro de las geoformas de acumulación eólica, se encuentran mayormente representados los montículos de arena, barjanas, crestas barjanoides y médanos transversales de cresta invertida (Isla, 2001). En la sección Norte, la mayor parte de la superficie ha sido modelada por la acción humana, con lo cual la fisonomía predominante son los mantos de arena con relictos de dunas formando montículos de arena, y escasos cordones de dunas aislados en parches, donde la disponibilidad de sedimentos parece ser mayor. Estos cordones se concentran en dos parches no urbanizados cercanos a la playa, uno en el centro-norte y otro en el sur de la BMO. La sección Sur, se caracteriza por poseer un claro desarrollo de campos de dunas, donde predominan las crestas barjanoides con dirección norte y, en la mayor parte de los casos, se observan médanos transversales con inversión de la cresta hacia el Sur. Estas geoformas se aprecian con mayor plenitud en un parche en el norte de esta sección, y en la zona de las reservas naturales de Faro Querandí y Mar Chiquita. Alrededor de los balnearios de Pinamar, Cariló y Villa Gesell, y sobre todo en torno a las forestaciones más importantes, los campos de dunas desaparecen quedando campos relictuales de arena.

Existen numerosos registros que mencionan que, en las últimas décadas, la dinámica de la BMO ha sido modificada significativamente por la actividad de fijación, forestación, urbanización y drenaje de los médanos, lo cual incrementó los inconvenientes de erosión costera e inició problemas de escasez o contaminación del acuífero local (Isla et ál., 2001). Estas modificaciones antrópicas afectan la casi totalidad de la barrera, presentando patrones alineados en el paisaje que indican una alta densidad de caminos y un tránsito vehicular, con la significativa excepción de la zona correspondiente a las reservas naturales de Mar Chiquita y Faro Querandí, en el sector Sur, donde se observan geoformas activas bien desarrolladas. Sin embargo, la relación entre la superficie de las areneras (actividades extractivas) y el resto de las actividades que se desarrollan en las distintas zonas que comprenden la Barrera Oriental, denota que la actividad minera es minoritaria (del Río et ál., 2017).

La posición de las areneras alejadas de la costa, desarticuladas funcionalmente de los procesos de intercambio sedimentario directo entre la playa y el cuerpo medanoso donde se efectúa la actividad extractiva, revela una insignificante participación en la génesis de los procesos erosivos costeros que aquejan a gran parte de la zona ocupada en la Barrera Oriental (del Río et ál., 2017).

El 25% de su superficie natural se encuentra protegida por reservas naturales, una provincial y dos municipales (Monserrat, 2010). Punta Médanos representa el punto de inflexión en el cual cambia la orientación general de la mega-geoforma, desde donde se desarrolla hacia el Norte hasta Punta Rasa y hacia el Sudoeste hasta Mar Chiquita.

Barrera Medanosa Austral (BMA)

Esta barrera se extiende por más de 380 km y cubre una superficie de 1428 km². En este sector, se presenta un mosaico complejo de dunas móviles, semimóviles y estabilizadas, que intercalan con sectores de acantilados sobre los cuales se presentan

dunas bajas y de reducida expresión. La BMA cubre una superficie de 132.471,32 ha (Montserrat, 2010).

La región de la BMA presenta mayor complejidad estructural que la región de la BMO. Cortizo e Isla (2007) mencionan que los médanos se emplazaron sobre una planicie levemente ondulada, labrada en sedimentos pampeanos y pospampeanos. Los tres pulsos de generación de dunas que se mencionaron para la región BMO tendrían validez también para la región BMA (Isla et ál., 2001).

En los partidos de Coronel Dorrego, Monte Hermoso y Coronel Rosales se observan campos de médanos no operativos, de gran extensión y complejidad estructural, adyacentes al campo de médanos activos, es decir, limitando con el norte de la barrera medanosa activa. Estos campos de dunas fijas son más antiguos que los campos activos, pero no se cuenta en la actualidad con sus dataciones (Marcomini et ál., 2008). Todas las dunas se han desarrollado en el Cuaternario, y su edad disminuye en dirección hacia la playa (Isla et ál. 2001; Cortizo e Isla, 2007).

Las plataformas que afloran en el Partido de Monte Hermoso presentan una edad de entre 5000 y 16.000 años (Aramayo et ál., 2002) e incrementan su edad hacia el oeste.

Un campo de dunas transversales se extiende entre Miramar y Pehuén-Có. En esta porción de costa, la barrera de médanos está compuesta de arenas finas que se depositaron luego de la colmatación en suelos turbosos, a partir de sedimentos estuariales con edades de 840 ± 70 años AP (Stutz, 2000) en el arroyo Claromecó.

En el área costera, distintos autores han identificado geformas de origen eólico, fluvial y marino. El proceso fluvial más relevante está definido por la presencia de ríos perpendiculares a la costa dentro de los cuales sobresale el río Quequén Grande que posee un régimen permanente y un hábito meandriforme. El proceso eólico se evidencia mediante la presencia de campos de dunas activas, inactivas y algunas forestadas. Muchos de los campos de dunas activas cubren los acantilados.

La costa de esta región es, en general, naturalmente erosiva o con erosión inducida por alto impacto antrópico (Codignotto y Aguirre, 1993; Isla et ál., 2001; Bértola y Cortizo, 2005; Marcomini et ál., 2005). Los estudios acerca de la evolución de la región BMA y la dinámica de su costa se concentran principalmente en la zona de Necochea, Claromecó y Pehuén-có, siendo menores los estudios en otros sectores. Además, áreas con acantilados en erosión y parte de la sección en la zona de Claromecó presentan modificaciones antrópicas que potenciarían los procesos erosivos localmente.

En estas dunas de la Barrera Austral, suprayacen sedimentos del Holoceno temprano asociados a depósitos estuariales (Isla et ál., 2001; Bértola et ál., 2009) y de sedimentos continentales de origen fluvioeólicos del Pleistoceno superior (Schilizzi et ál., 1992); estos últimos se expresan en las barrancas costeras, con variada altitud y grados de erosión diferenciales (Marcomini y López 1997; 1999; 2005).

Las características geomorfológicas de las dunas en la BMA son variadas. El proceso modelador del paisaje que más se destaca es el eólico, seguido por el proceso marino y el fluvial, en menor medida. La orientación predominante de la costa es este-oeste y su ancho varía notablemente a lo largo de toda su extensión de manera

gradual, abarcando menos de 1 km en el límite entre los partidos de Lobería y General Alvarado, y llegando a un ancho de 8 km en la costa del Partido de Coronel Dorrego, Monte Hermoso y Coronel Rosales.

En la región, se observan diferentes generaciones de dunas. Los tipos de dunas predominantes y su distribución espacial, caracterizan, de este modo, a cada sector. En el sector que abarca desde el arroyo Nutria Mansa (límite oeste del balneario Centinela del Mar) hasta el balneario Los Ángeles (sudoeste del Partido de Necochea) se presenta como geoforma más representativa un manto de arena que forma montículos y dunas barjanoides. Para el caso de los médanos colgados, como los de La Balconada (Acantilados de Mar del Plata), su formación sugiere que el sedimento, que es originado y aportado desde la playa, al llegar al frente del acantilado con cárcavas no obturadas de vegetación densa, genera que la arena 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 pegadas 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; Bértola y Cortizo, 2005).

En el área de Costa Bonita, se presentan dunas transversales bien desarrolladas con orientación dominante norte-sur que pueden alcanzar hasta 15 m de altura. Sobre la pendiente de barlovento, se encuentran crestas secundarias que se disponen en sentido este-oeste y que provocan una ondulación de las crestas. En la zona de Arenas Verdes, dominan dunas transversales orientadas norte-sur que pueden superar los 30 m, con crestas retrabajadas en dirección este-oeste (Teruggi et ál., 2004). La modificación del paisaje por actividad antrópica es máxima en el sector que va de Centinela del Mar a Necochea, por lo cual resulta difícil determinar la fisonomía original de ese paisaje. La ciudad de Necochea presenta plantaciones de vegetación exótica muy desarrolladas en esta sección.

En el sector más próximo a la localidad de Quequén, se presentan dunas parabólicas (Teruggi et ál., 2004). Las dunas parabólicas están muy erosionadas y parcial a totalmente vegetadas. Presentan una longitud de 350 m, un ancho de 250 m y una altura de 2 a 3 m. Están caracterizadas por una longitud de 200 a 350 m, un ancho que puede variar de 300 a 600 m y una altura de 4 a 6 m. El cuerpo de estas dunas se encuentra afectado habitualmente, por *blowout* cuyos ejes mayores tienen una dirección este-oeste.

Estos cuerpos, llamados también dunas en voladura (Fig. 16), son geoformas de erosión eólica se observan con cierta abundancia en todas las barreras medanosas, pero con mayor frecuencia en la sección Norte.

En el sector que abarca desde el balneario Los Ángeles hasta el oeste del balneario Claromecó, las geoformas más representativas son los barjanes y crestas barjanoides (Monserrat, 2010). En gran parte de la sección, estos médanos presentan una morfología de mezcla; se observan en sus caras de sotavento pequeñas dunas que

avanzan en dirección nornordeste. En donde esta morfología es predominante, también se observa mayor densidad de vegetación en dirección al continente. Las dunas barjanoides en varias zonas poseen las puntas invertidas, fijas, y en algunos sectores llegan a invertirse totalmente dando formas parabólicas. En esta sección hay campos de muy baja actividad con espacios interdunales amplios. Además, se desarrolla un campo de arena discontinuo, con montículos y dunas parabólicas que se ensanchan hacia el oeste y que presentan morfologías relictuales (bajos interdunales de campos de dunas previos).

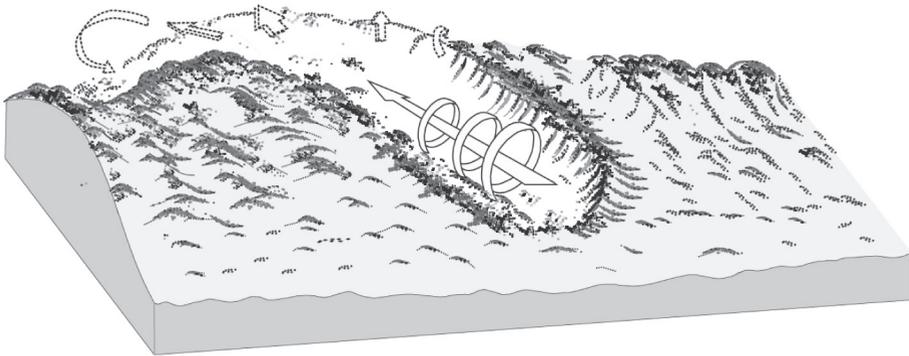


Figura 16: Esquema de la circulación del viento en las cubetas de deflación en canaleta o blowout (Hesp y Thorn, 1990).

Desde el oeste de Claromecó hasta Monte Hermoso, hay campos de dunas más amplios que las demás secciones, con alta continuidad y un ancho que alcanza los 8 km. En su límite este no se distinguen dunas y la vegetación cubre casi la totalidad de la superficie. El patrón del microrelieve sugiere que se trata de un antiguo campo de dunas que se ha edafizado, es decir, ha sucedido un proceso de formación de suelos (Monserrat, 2010). Hacia el Oeste (desde el sector del río Quequén Salado), la sección presenta campos de dunas vivas y fijas bien desarrollados. Comienza como manto de arena con pocas dunas barjanoides, pero hacia el Oeste, a partir del balneario Marisol (Partido de Coronel Dorrego), se distingue un campo no operativo, es decir, de dunas fijas parabólicas disociadas del campo activo, que se va ensanchando hacia el continente.

Hacia el mar se sobreimpone a un campo activo de dunas barjanoides discontinuo. Este campo de dunas corresponde a la actual Barrera Medanososa Austral (*sensu* Isla et ál., 2001), y se interrumpe en el sector del arroyo Los Gauchos (Partido de Coronel Dorrego) dando lugar a un relieve cordoniforme. Hacia el Oeste, el campo activo es más ancho y está representado mayormente por dunas transversales, aunque también se observan parches con dunas parabólicas activas. Al oeste del río Sauce Grande, las dunas del campo activo son de tipo barjanoide a transversales, y el campo fijo más continental se va afinando hasta desaparecer. Las dunas parabólicas fijas,

se presentan con mucha más definición hacia el límite oeste del Partido de Monte Hermoso, presentando brazos de amplia longitud (Isla et ál., 2001).

En el siguiente sector, que comprende desde el oeste del Partido de Monte Hermoso hasta el este del Partido de Coronel Rosales (sitio “Farola de Monte Hermoso”), la estructura de este paisaje se constituye por un extenso campo de dunas parabólicas vegetadas, en la que no se observan bajos de gran extensión. La morfología del campo activo es poco definida por hallarse sobre el campo fijo, pero se observan dunas barjanoides y transversales, con parches donde el manto de arena solo presenta montículos dispersos y dunas parabólicas activas (Monserrat, 2010).

En esa franja, las dunas forman un mosaico con cuerpos de agua temporarios en los bajos interdunales. Este campo presenta un ancho mucho menor en el Partido de Coronel Rosales, en el punto medio entre los balnearios de Monte Hermoso y Pehuen-Có. Marcomini y colaboradores (2005) reconocen en esta sección dos campos de dunas inactivos bien diferenciados en función de su textura sedimentaria. Un sector se extiende desde el norte de “Farola de Monte Hermoso” hasta la ciudad de Punta Alta. Dicho sector, contiene la continuación del campo de dunas parabólicas que adquiere complejidad hacia el Oeste, al intercalarse con bajos más extensos de vegetación más densa. El paisaje presenta un diseño particular: se ubican los campos de dunas fijas conformando una amplia matriz donde se distinguen pequeños parches interdunales.

Las geoformas de erosión eólica, presentes en la región BMA, son más evidentes en los casos en que el campo de dunas es angosto y también donde el campo se encuentra fragmentado tanto por urbanización como por forestaciones, por lo cual la mayoría de las dunas han perdido su morfología original presentando indicios de deflación (Bértola y Cortizo, 2005).

La región de la BMA comprende un complejo de campos de dunas, que posee una extensión total de 142.904,87 ha, con dos secciones no representadas dentro de áreas protegidas (secciones Este y Oeste) y una con un escaso 0,11% protegido, contabilizando un total de 0,89% del paisaje natural protegido legalmente (Monserrat, 2010).

El porcentaje de área modificada por acción antrópica en la costa de dunas pampeanas disminuye hacia el Sur, mayormente debido a que el área urbanizada es menor. El porcentaje de área forestada, responde a forestaciones aisladas de los centros urbanos. Por ejemplo, en Pehuen-Có el balneario presenta un alto grado de forestación en su entorno. El porcentaje de área protegida es desproporcionadamente bajo en la región de la BMA y parece muy alto en la región de la BMO (Monserrat, 2010).

Barrera del Colorado (BC)

Bértola y colaboradores (2018) han definido la presencia de médanos desarrollados en el borde del delta del Colorado. Con una extensión de casi 49 km, las dunas tienen escasa representación y se asientan sobre la planicie deltaica del río Colorado, que constituye un cuerpo progradante, compuesto por gran cantidad de cauces tanto activos como abandonados desarrollados en el Pleistoceno Superior (Spalletti e Isla, 2002).

La planicie del río Colorado está cubierta por dos corredores eólicos: el Corredor de Ombucta, que se ubica inmediatamente al sur del salitral de la Vidriera y se caracteriza por formas longitudinales orientadas del Noroeste al Sudeste, y el Corredor de Mayor Buratovich, más extenso, pero con formas no tan claras y una orientación noroeste-estesudeste (Spalletti e Isla, 2002). No se conocen en esta barrera actividades extractivas declaradas y la ocupación urbana tiene una pequeña expresión relativa.

Barrera Medanosa de Patagones (BMP)

Según trabajos realizados, se ha concluido que la costa del Partido de Patagones evolucionó entre un delta al Norte y un estuario al Sur. El río Colorado transportó fangos a la bahía Anegada (Spalletti e Isla, 2003; Cortizo e Isla, 2012), mientras que el río Negro aportó arenas como carga del fondo hacia la plataforma continental, producto de la erosión de las barrancas compuestas por las areniscas de la Formación Río Negro (Andreis, 1966).

Desde un punto de vista geológico, subyacen a los depósitos de dunas costeras las areniscas grises oscuras con intercalaciones arcillosas finas de edad pliocena pertenecientes a la Formación Río Negro (Teruggi, 1964; Andreis, 1966) del Mioceno superior (Folguera y Zárate, 2009). En ciertos lugares suprayacen a estas areniscas las denominadas gravas Tehuelches de edad pleistocena inferior (Weiler, 2000).

La BMP tiene una extensión mayor a 50 km. En el sector Norte presenta un sistema de islas de barrera con amplios canales de marea. Luego, hacia el Sur, continua un sector de barrera dunícola, hasta la desembocadura del río Negro con una superficie de 245 km². En esta zona se incluyen dunas móviles y vegetadas, de expresión de área variable.

En general, la zona presenta un paisaje de aspecto bajo, mesetiforme, surcado por depresiones tectónicas cerradas y con aportes deltaicos desde los ríos Negro y Colorado (Spalletti e Isla, 2003; Bértola et ál., 2018). La evolución del nivel del mar, ha sido reconocida a través de los estudios realizados en el estuario del río Negro. Luego de la máxima transgresión marina del Holoceno medio, 6000 años AP aproximadamente, quedaron disponibles grandes volúmenes de sedimentos, a partir de los cuales se generó dicha barrera de dunas (Weiler, 2000; Cortizo e Isla, 2012).

Texturalmente, las arenas del complejo dunícola son en general finas a muy finas con significativas variaciones en los contenidos de minerales livianos y pesados (Teruggi, 1964).

Como ya se comentó, la BMP se encuentra seccionada en el norte y colgada sobre acantilados en el sur. Mientras en las playas holocenas dominan las gravas retrabajadas de niveles altos del Pleistoceno Superior, en los sectores más recientes (playas y dunas) dominan las arenas. Sin embargo, en los últimos años, se han dado procesos de acumulación que han transformado antiguos bancos intermareales (Culebra, nordeste) en islas de barrera con acumulación de crestas de playa y dunas frontales. Ambos sistemas de barrera, la barrera externa oceánica y la interna dominada por el fetch, se habrían formado en dos intervalos diferentes de la regresión holocénica (Cortizo e Isla, 2012).

En el área de San Blas-Arroyo del Guanaco (Cortizo e Isla, 2012), se reconocen dunas de aspecto barjanoide (dunas móviles) con alturas de 3 y 6 m. Hacia el continente se hacen más alargadas, irregulares y muy vegetadas, siguiendo el mismo rumbo de las antiguas crestas de playa compuestas de grava y arena. En el tramo de Arroyo del Guanaco-Punta Rasa, la faja de barrera medanosa es muy angosta (70-250 m) con formas barjanoides que se emplazan como dunas colgadas sobre una barranca de 9 m de altitud, o como rampas, de acuerdo a la estación del año. Desde Punta Rubia y hacia el noreste, las alturas son menores y se evidencia una primera línea de dunas de escasa altura, de una longitud de 13 km, y separada del continente por un sector de planicie de mareas. En la desembocadura del arroyo del Guanaco existen dunas parabólicas elongadas y anidadas (Cortizo e Isla, 2012).

En el sector Punta Rasa-Punta Redonda, se han reconocido barjanes que han evolucionado en morfologías barjanoides y parabólicas de acuerdo al grado de fijación de la vegetación (Cortizo e Isla, 2012). En el sector próximo a la desembocadura del río Negro, hay formas barjanoides que son alimentadas desde el sector Sudoeste. También es de destacar la presencia de dunas de aspecto parabólico que fueron clasificadas como lobadas (relación largo-ancho entre 1 y 3) y elongadas (relación > 3). Estas últimas, muy generalizadas en este sector y con longitud de brazos de hasta 1.700 m. Algunas variantes parabólicas fueron clasificadas como formas compuestas (anidadas o digitadas), indicando la influencia de vientos del norte y noroeste y menor velocidad de transporte, siendo el volumen sedimentario de estas geoformas escaso. Desde la zona central y hacia el Noreste, se aprecian las mayores acumulaciones de arena conformando cadenas de dunas cuyas alturas varían entre 5 y 11 m. En este conjunto barjanoide, son también apreciables rasgos de alargamiento y modificación de las crestas según vientos del Norte y Noroeste, inclusive conformando dunas reticuladas hacia el sector adyacente a la costa (Cortizo e Isla, 2012).

Tanto estos sectores de médanos vivos como los de marisma de Patagones, han sido destacados en el sistema de áreas naturales protegidas de la provincia de Buenos Aires (Cortizo e Isla, 2012). El único asentamiento urbano desarrollado en esta barrera es la villa turística 7 de marzo.

Factores Hidrológicos

La evaluación de la recarga hídrica es de fundamental importancia para determinar la posibilidad de desarrollo económico-social de una región, dado que su cuantificación constituye uno de los aspectos técnicos esenciales de la gestión de un acuífero.

La alta conductividad hidráulica, entre 1 m/d (arena fina) hasta 10 m/d (mezcla de arena fina-gruesa), y la elevada porosidad efectiva, en torno al 20%, otorgan a las dunas y unidades arenosas gran capacidad de absorción frente a la lluvia, aún en cuando han sido fijadas por vegetación artificial, como en San Bernardo, Pinamar, Villa Gesell y Monte Hermoso. Estos médanos costeros favorecen la rápida infiltración del agua y su incorporación a la zona saturada (recarga), constituyendo excelentes almacenes de agua.

Existen numerosos estudios relacionados con el rol de los médanos de la costa atlántica en los procesos de recarga de acuíferos, en los que se manifiesta una estrecha relación entre la modificación geomorfológica del médano debida al cambio en el uso del suelo y consecuentemente las posibilidades de infiltración.

Las variaciones en la superficie del médano activo están directamente relacionadas con la urbanización y, a su vez, con el aumento de la población en el área. El aumento de la población estable, así como el incremento debido al turismo, generan un aumento en el consumo del agua. Una mayor cantidad de habitantes se traduce en un mayor número de viviendas, lo cual aumenta la superficie impermeabilizada del médano e incrementa el escurrimiento superficial, disminuyendo la infiltración que es la única fuente de recarga de las aguas subterráneas. Se ha comprobado que la impermeabilización de la superficie del terreno reduce la infiltración, incrementando y acelerando el escurrimiento superficial que es descargado, mediante desagües pluviales, hacia el mar, perdiéndose un volumen importante de agua que debería formar parte de la recarga.

La disminución en la recarga sumado al incremento en la extracción de agua subterránea para consumo, generaría una reducción de las reservas. El avance de la urbanización conlleva a una reducción de las áreas naturales, y las alteraciones en la morfología del médano conducen a cambios en la configuración de la red de flujo subterráneo.

En la Barrera Medanosa Oriental, el acuífero freático de San Clemente del Tuyú, en su sector sur es el más afectado, donde el médano activo ha perdido un cuarto de su superficie en medio siglo, en detrimento del médano fijo. Hacia el límite con el sector central, se observa un aumento en la densidad de las viviendas, y más al sur, un trazado de loteos para futuras edificaciones. El sector central es el que presenta la mayor modificación en la morfología, debido al desarrollo de la urbanización, lo cual resulta muy notorio entre 1958 y 1984. De acuerdo a la clasificación de uso de suelo realizada, la recarga estimada para los años analizados sufrió una disminución de casi el 50% en 47 años, mientras que el consumo de agua aumentó 7 veces. En términos generales, el sector Norte es el que se ha mantenido más estable a lo largo del tiempo, ya que el trazado de la ciudad no se ha extendido en esa dirección (Carretero y Kruse, 2012).

Carretero y colaboradores (2013b) definieron que la infiltración de los excesos de agua en el médano móvil se produce en un 100% de su superficie, frente a un 80% en un médano semifijo y un 70% en un médano fijo. Para el sector urbanizado, solo el 15% de los excesos infiltra en pequeñas superficies y el resto conforma un escurrimiento superficial que descarga al mar. Analizando el partido según sus aglomerados urbanos principales, la reducción de la recarga fue del orden del 18% para San Clemente y Las Toninas-Mar del Tuyú mientras que para San Bernardo-Mar de Ajó fue del 25%. En Santa Teresita, existe la manifestación de un área salinizada que se puede asociar con una explotación excesiva del agua subterránea sobre el frente costero en donde se asientan edificios de gran porte y hoteles. En el resto del Partido de la Costa no se observan variaciones de importancia en la distribución de la conductividad eléctrica del agua a través del tiempo. Se diferencian dos calidades de agua de

acuerdo a la ubicación geomorfológica: agua de baja salinidad en el sector de médanos y de alta salinidad en la transición con la llanura continental hacia el Oeste. Las localidades no poseen servicios que provean de agua potable a la población y ayuden a atenuar la ingesión de la cuña salina (Carretero et ál., 2013a).

En la Barrera Austral, en Monte Hermoso, el acuífero libre está alojado en los sedimentos arenosos de la Formación Punta Médanos y en la porción superior de los sedimentos pampeanos subyacentes. La recarga media al acuífero en condiciones naturales se estimó en un 35% de la lámina de agua precipitada, que equivale a un recurso hídrico subterráneo potencial en el orden de los 2,8 hm³. La reserva subterránea estimada es de 21 hm³. La misma permite cubrir la oferta de agua en aquellos años con escasa lluvia, en donde el recurso generado por la recarga es inferior a la media anual. Es decir, la reserva debería poder asociarse o sumarse al recurso solo ocasionalmente y para cubrir una demanda estacional (Di Martino et ál., 2014).

En algunos lugares, la formación acuífera infrayace a la unidad geomorfológica médanos, como acontece en parte de la barrera austral, que se apoya sobre terrenos pampeanos (sensu lato) y la Barrera de Patagones que se asienta sobre la Formación Río Negro.

Factores Ecológicos

Se han desarrollado distintas propuestas biogeográficas para caracterizar la distribución geográfica de la biodiversidad animal y vegetal en Argentina (Ringuelet, 1961; Cabrera y Willink, 1973, Cabrera, 1976). En estos trabajos, Cabrera realizó un relevamiento intensivo de la flora del país y desarrolló una organización muy detallada de su distribución a lo largo del territorio nacional, en tanto que Ringuelet hizo lo propio con la fauna de la misma región.

Las dunas costeras se encuentran separadas físicamente por barreras tanto naturales como antrópicas, representadas por una serie de acantilados, desembocaduras de arroyos y ríos, y ciudades costeras. Debido a esto, aquellas especies cuyo rango de distribución abarca ambos sectores de dunas estarían aisladas en diferentes grados, pudiendo diferenciarse las poblaciones orientales de las australes.

Esta región es de gran relevancia en el campo de la biogeografía, dado que se han llevado a cabo importantes cambios en lo que a límites de distribución y conectividad respecta. Durante los últimos miles de años, se han producido avances y retrocesos de la biota en zonas secas, con respecto a zonas húmedas, en coincidencia con fases climáticas glaciales e interglaciales, lo cual ha generado un escenario complejo (Ringuelet, 1961; 1968). Como resultado de estos eventos, se encuentra en la región una fauna de baja diversidad con dominancia de elementos de origen brasílico, que posee influencias de la fauna patagónica-central (Ringuelet, 1961). Considerando la flora regional, se puede observar una representación chaqueña con ingresiones en forma de fajas y parches de las formaciones vegetales vecinas, que poseen un bajo nivel de endemismos (Cabrera, 1976).

Características biogeográficas de las dunas costeras:

Las dunas costeras de la costa bonaerense abarcan, según Cabrera (1976), ecorregiones importantes: la pampa, que ocupa las dunas de los sectores Norte y Central, y el sector Austral, donde se desarrolla el espinal y el monte.

La ecorregión de la pampa corresponde a la porción terrestre costera de Buenos Aires, y está representada principalmente por pastizales pampeanos. Estos se encuentran incluidos dentro de los pastizales del Río de la Plata que, sumados a los campos de Uruguay y el sur de Brasil, poseen una superficie cercana a los 700.000 km² (Soriano et ál., 1991). Desde el punto de vista fitogeográfico, el área comprendida por las barreras medanosas de la costa atlántica bonaerense se encuentra incluida dentro de la Provincia Fitogeográfica Pampeana, correspondiente al Dominio Chaqueño de la Región Neotropical (*sensu* Cabrera, 1976) o la Pampa Austral correspondiente a los pastizales del Río de la Plata (*sensu* Soriano et ál., 1991).

Con respecto a la costa atlántica, la vegetación de las costas arenosas de Buenos Aires tiene poca relación con la de los pastizales pampeanos típicos. La mayor parte de la flora y, en menor medida, la fauna de los pastizales, se encuentran en la costa bonaerense con un biotopo marcadamente diferente, el cual está ocupado por asociaciones florísticas litorales (Cabrera, 1940; Celsi y Monserrat, 2008) con una fauna pampásica costera asociada (Ringuelet, 1961). Las comunidades presentes en las barreras medanosas exhiben un fuerte hábito psammófilo, es decir, que tienen una alta adaptación para los ambientes arenosos. Sin embargo, los componentes de especies que conforman las comunidades de la BMO poseen una fuerte influencia de los elementos florísticos de las dunas correspondientes a Uruguay y a la zona sur de Brasil, mientras que las dunas que pertenecen a la BMA y a la de Patagones, encuentran a sus comunidades fuertemente intervenidas por los elementos provenientes de las provincias fitogeográficas de monte y patagónica.

Por lo tanto, las condiciones ambientales que se encuentran en las dunas costeras permiten el ensamble de dos corrientes florísticas que se agregan a la composición que se encuentra en las pampas en consonancia con la geomorfología (Cabrera, 1931; 1941; Celsi y Monserrat, 2008). Por una parte, la del monte-espinal (llamada Asociación Litoral Sur, en la barrera medanosa Austral), y la de las sabanas uruguayo-brasileras (conocidas como Asociación de Litoral Norte, en la BMO). De este modo, a pesar de pertenecer al mismo distrito fitogeográfico, las BMO y BMA exhiben composiciones florísticas propias asociadas a los suelos particulares que presentan.

Cabe destacar que, según Cabrera (1976), las sierras de Tandilia conforman el límite de dos distritos. Por una parte, el Pampeano Oriental, al Norte, y, por otra, el Pampeano Austral, al Sur, caracterizados por diferentes tipos de comunidades vegetales. Esto quiere decir que, fitogeográficamente, la costa atlántica pampeana incluye dos distritos de vegetación. Estos cambios son comprensibles, ya que la barrera geográfica ejercida por la sierra de Tandilia, que llega hasta el mar a la altura de la ciudad de Mar del Plata, genera condiciones diferentes entre ambos cordones medanosos.

A pesar de la situación que genera la sierra de Tandilia como barrera, se encuentra un espacio de transición entre los elementos florísticos de ambas barreras, que está ubicado en la zona geográfica de Miramar a Claromecó. Por ello, esta región puede considerarse un ecotono donde se encuentran relacionados elementos de ambas comunidades.

Por otra parte, se ejerce una influencia del monte-espinal en la biota atlántica de Buenos Aires, como consecuencia de los microambientes xéricos que se generan en las dunas, los cuales son adecuados para algunas especies del Monte (Cabrera, 1936; 1941). El área de mayor dominancia de este conjunto se encuentra entre los partidos de Patagones y Villarino y toda la BMA, sin embargo, su influencia se extiende por la BMO hasta la altura de Pinamar (Parodi, 1940; Cabrera y Willink, 1973; Cabrera, 1976).

Por el otro lado, la Asociación del Litoral Norte desciende de las dunas costeras y las sabanas brasileras y uruguayas. Muchas de las especies que se encuentran en estos lugares habitan los arenales del sur de Entre Ríos, las dunas de la Isla Martín García y suelos arenosos de la costa del Río de la Plata, tal es el caso de la asterácea *Senecio crassiflorus* así como *Panicum racemosum*, *Jaumea linearifolia*, *Androtrichum tryginum* (Cabrera, 1936; 1941). En relación a lo antedicho, se encuentra una tercera corriente florística (muy relacionada con la del Litoral Norte), la del espinal del norte bonaerense, también llamado “talar”, ubicada en los cordones de playa de la última ingresión marina entre Punta Lara y la Bahía Samborombón y en dunas fijas entre dicha bahía y el Partido de General Pueyrredon (Cabrera, 1936). Se conforman, así, bosques espinosos en los que predomina la especie *Celtis tala*. Estos bosques, representan las poblaciones más australes de una gran cantidad de especies que se encuentran asociadas a los talaes. Algunas de las especies que componen estas poblaciones son *Schinus longifolia* (molle) cuya distribución se registra hasta la Bahía Samborombón (Torres Robles y Arturi, 2009).

Los sistemas lagunares que se encuentran cercanos a la costa junto con las depresiones intermedanas, representan otra vía de penetración de especies brasílicas hacia el Sur. De tal modo, pueden encontrarse elementos típicos de la Mesopotamia distribuidos por toda la costa fluvial bonaerense. De esta manera, llegan hasta las lagunas que se forman detrás de la línea de médanos y tienen su límite austral de distribución en las sierras bonaerenses. Un ejemplo que se puede mencionar de estos elementos es la planta compuesta *Senecio tweediei*.

A escala de unos pocos centenares de metros, se pueden observar grandes variaciones en la diversidad biológica. Este es el caso de las dunas costeras que se encuentran separadas físicamente por barreras tanto naturales como antrópicas.

Es importante comprender el papel de la cadena medanosa como unidad ecosistémica y su importancia en el desarrollo de las comunidades que la habitan. La vegetación ejerce un papel fundamental en la cadena trófica, provee un refugio térmico y contra predadores y, además, es clave para la fijación de la duna. Si comenzamos desde el sector de la línea de mareas, podemos identificar que se trata de una zona muy hostil para el establecimiento de especies biológicas con baja vagilidad, debido a la falta de la cobertura vegetal como facilitadora de las dinámicas antes mencionadas.

Los principales factores que generan esta fisonomía son las mareas, los vientos, la incidencia solar y la alta concentración salina, entre otros factores. Por este motivo, las especies vegetales que se distribuyen en el sector de playa son escasas, muy adaptadas y con baja competencia, lo que genera comunidades con baja biodiversidad. Sin embargo, el desarrollo de la duna, al alejarse de la línea de marea, ofrece una barrera al impacto de estas condiciones desfavorables, por lo que genera un ambiente más estabilizado a medida que nos alejamos de la línea de marea. Ello permite el ingreso de nuevas especies y, a su vez, mayor grado de competencia, enmarcando procesos de sucesión vegetal. De esta forma, en las crestas subsiguientes del sistema, la comunidad vegetal se vuelve más desarrollada, adquiriendo una cobertura más extendida y estable. Por otra parte, se puede distinguir que, en las crestas de las dunas, las especies representadas son de ambientes más áridos, mientras que en los bajos interdunales se pueden observar especies de carácter más méxico, llegando en casos extremos a observarse encharcamientos. Esto sucede por la proximidad del bajo de la interduna a la freática, o la baja permeabilidad, cuando existen sustratos de tosca que retienen aguas pluviales. De acuerdo a lo descripto, el impacto biológico en los sectores más desarrollados de la duna (generalmente distales a las costas), generan una alteración más profunda del ecosistema respecto a las dunas vivas o móviles (Fig. 17)

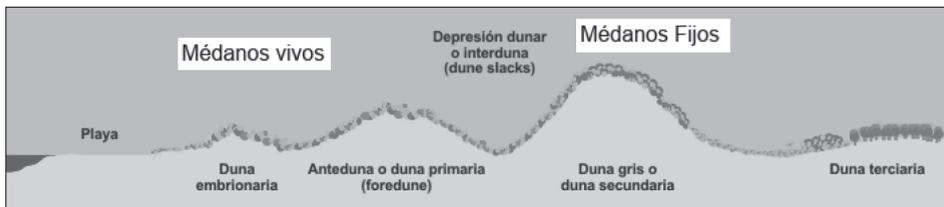


Figura 17: Desarrollo idealizado de una transecta de las dunas costeras (modificado de Vega de Seoane et ál., 2007).

Características zoológicas de las dunas costeras

Las dunas constituyen un considerable ecotopo para una gran diversidad de especies. En la zona de Faro Querandí, se han relevado gran cantidad de artrópodos que incluyen más de 190 especies de insectos coleópteros carábidos. En cuanto a tetrápodos, según Isaach y colaboradores (2014), las mismas presentan nueve especies de anfibios, dieciséis de reptiles, veintiún de aves y ocho de mamíferos. A estos últimos, se le suman cuatro especies más, que se encuentran presentes en dunas (Antenucci, obs. personal) haciendo un total de doce. De este modo, queda representado de la fauna total de tetrápodos en las dunas respecto a sus entornos, y en la zona costera del sudeste de la provincia de Buenos Aires un 75% de anfibios, 64% de reptiles (Isacch et ál. 2016) y 34% de mamíferos.

Entre las especies de mamíferos presentes exclusivamente en las dunas, *Ctenomys talarum* y *Ctenomys australis* son las que tienen una relación obligada con este tipo de ambiente, dado que construyen cuevas en el sustrato arenoso donde habitan permanentemente, y desde donde solo hacen salidas esporádicas a superficie para cosechar vegetales, de los que se alimentan, para llevarlos como reserva al interior de sus cuevas.

C. talarum se distribuye desde el río Quequén hasta Samborombón, con algunas interrupciones dadas por las zonas muy urbanizadas (por ejemplo Mar del Plata). Es un excelente indicador biológico para establecer el grado de vulneración de los ambientes dunarios, tomando en cuenta su presencia y densidad y, además, un buen proxy para determinar el horizonte de explotación minera de las areneras, ya que la profundidad máxima de las cuevas de *C. talarum* es de $45,62 \pm 6,07$ cm (Antinuchi y Busch, 1991), aunque pueden llegar a un metro, en casos esporádicos.

Por otra parte, *C. australis* se distribuye desde el sur del río Quequén hasta Bahía Blanca. Esta especie se presenta en dunas vivas y construye cuevas mucho más profundas que el *C. talarum*, llegando más allá de los 2 m de profundidad (Antenucci, obs. personal), pero no atraviesa la base de la duna que está limitada por los limos arenosos entoscados (Fig. 18)



Figura 18: *Ctenomys australis* (Mora, 2013) y *Ctenomys talarum*, habitantes cavadores de las barreas medanosas.

Factores Legales

Respecto a las normas que se aplican a la actividad minera en dunas costeras se observa que existen numerosas leyes y decretos que reglamentan la extracción de arena, sin embargo, esto se torna negativo a la hora de dimensionar cómo desarrollar esta actividad.

En primer lugar, se deben tener en cuenta los lineamientos de protección ambiental que norman el derecho a un ambiente sano plasmados en la Constitución nacional y en los tratados internacionales que norman aspectos ambientales; en la Ley General del Ambiente N°25.675 del año 2002 que establece “los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable”; en el artículo 28 de la Constitución de la provincia de Buenos Aires y en la Ley Ambiental de la provincia N°11.723 del año 1995.

Varias normas de distinta jerarquía son pertinentes para el tratamiento y análisis de la explotación minera de las dunas.

- La Ley N°1919 del Código Nacional de Minería, que fue sancionada por el Congreso Nacional el 25 de noviembre de 1886, y establece los sistemas de dominio respecto a las sustancias minerales y determina cómo se adquiere, cómo se conserva y cómo se pierde el derecho a aprovechar los yacimientos minerales.

Por disposición de la Constitución Nacional, artículo 75 inciso 12, existe un solo Código de Minería para todo el país; corresponde su aplicación a las autoridades nacionales o provinciales según donde estuviesen situados los recursos mineros. Este código establece los derechos de fondo y regula los procedimientos adquisitivos y extintivos de esos derechos, mientras que las provincias establecen las normas procesales formales para el ejercicio de tales derechos ante las autoridades mineras pertinentes.

En la historia más que centenaria del nombrado Código se han sucedido muchos intentos de reformarlo. Los más exitosos fueron, sin dudas, realizados por las Leyes 24.498 (Actualización Minera) y 24.585 (Protección Ambiental), ambas de 1995.

Esta reforma ambiental fue reglamentada en la provincia de Buenos Aires por el Decreto N°968/97 (BO 14.5.97). En dicho decreto se dispone que el titular de una explotación minera deba presentar, para su aprobación por los órganos pertinentes, un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Este estudio es para informar de los impactos que va a generar la explotación minera y las acciones propuestas para mitigarlos o remediarlos. Este requisito es obligatorio, incluso para las actividades que se estaban desarrollando al momento de su sanción, otorgando la posibilidad de que se ordene la suspensión cautelar de la actividad por carecer de la Evaluación de Impacto Ambiental aprobada. Es decir, se prevé la posibilidad de que sea suspendida cualquier

actividad que se desarrolle sin haberse obtenido previamente la declaración de impacto ambiental.

Las arenas de dunas, como recurso minero, forman parte de los recursos minerales ubicados en la tercera categoría en el Código de Minería que en su artículo 5 indica: “Componen la tercera categoría las producciones minerales de naturaleza pétreo o terrosa, y en general todas las que sirven para materiales de construcción y ornamento, cuyo conjunto forma las canteras.”

La autoridad de aplicación que rige las extracciones de arenas de médanos o dunas costeras es la Dirección Provincial de Minería, que depende del Ministerio de Producción de la Provincia de Buenos Aires. Es la encargada de dictar normas particulares en cada caso y quien permite la inscripción como productor minero del que promueve la actividad. Asimismo, el Organismo para el Desarrollo sustentable (OPDS) es quien emite la declaración de impacto ambiental previo a la explotación.

- El Decreto Ley N°8758/77 establece los requisitos, procedimiento y prohibiciones para la extracción de arena en la playa y terrenos colindantes a ellas. Este decreto ley establece prohibiciones de extracción de arena del ambiente de playa en los partidos de General Alvarado, General Pueyrredon y Mar Chiquita. Posteriormente, y por la Ley 12.175 se incorporó al Partido de Lobería en esta prohibición.

Esto pone de manifiesto la necesidad de abordar la actividad desde una óptica regional integrada.

El Decreto N°10392/87 reglamenta la delimitación e intenta clarificar el concepto de los terrenos colindantes para las extracciones de arena. Según ese decreto: “se considerarán terrenos colindantes, a todas las fajas de terrenos, independientemente de su dominio catastral, dentro de las que se ubiquen las dunas, móviles o fijas, aledañas a la playa y que conforman una unidad geomorfológica en equilibrio dinámico (playa-duna)”.

Los terrenos colindantes a las playas están excluidos de la explotación minera. Surge de la idea de proteger un proceso sedimentario (equilibrio playa-duna) con consecuencias en lo geomorfológico (construcción de dunas). Ese proceso es el transporte y la alimentación recíproca entre la playa y las dunas costeras. Desde esta perspectiva, es un muy interesante antecedente toda vez que los objetos de protección del ambiente que se encuentran en la literatura son habitualmente geoformas o elementos estéticos de los paisajes antes que procesos.

El problema con ese decreto es que, al describir un proceso y no una geoforma, no es fácil establecer cuándo y en qué lugar preciso el equilibrio de transporte entre la playa y la duna deja de ser significativo, o si ha cesado permanente o estacionalmente, ni si se restablecerá al cambiar la velocidad y dirección del agente de transporte.

La falta de precisión en reconocer en el campo los límites de los médanos situados en terrenos colindantes redundará en graves problemas de gestión minera.

En general, no hay datos exactos en ninguna de las cuatro barreras medanosas donde se verifique la posición del límite del equilibrio dinámico-sedimentario que se encuentra enunciado para los terrenos colindantes, por la variación tan grande entre morfologías y tamaños del campo de dunas. Generalmente, se asume que esta zona corresponde fundamentalmente a las denominadas antedunas -dunas primarias o foredunes-, a partir de las cuales se desarrollan dunas secundarias y terciarias, donde la vegetación y la incorporación de nutrientes son más significativas para limitar el transporte eólico. Los relevamientos realizados en el curso del presente trabajo, si bien no se han centrado en mapear el deslinde del transporte sedimentario entre la playa y la duna, nos permiten considerar y aceptar como algo razonable que la duna primaria es la zona donde ese intercambio sedimentario es más significativo para el sostenimiento de equilibrio médano/playa.

- La Ley N°12122/98 declara la emergencia a las costas de litoral marítimo del Partido de Mar Chiquita afectadas por el fenómeno de erosión marítima. Determina la prioridad a aquellas obras destinadas a revertir y/o atenuar, en forma urgente e inmediata, los efectos de este fenómeno. Asimismo, a través de los organismos pertinentes, dispondrá la ejecución de estudios y proyectos de obra dirigidos a dar una solución definitiva e integral a este problema en todo el litoral marítimo de la provincia de Buenos Aires, en los cuales deberá contemplar no solo los efectos de la erosión marítima sino también el resto de los factores que contribuyen a la degradación geofísica, hídrica y ambiental de la región costera, pudiendo para ello establecer convenios con universidades y/u otros centros de investigación o estudios especializados en el tema.
- El Decreto N°3202/06 determina los presupuestos mínimos a fin de proteger las zonas costeras teniendo especial cuidado en que las múltiples actividades llevadas a cabo en las costas no afecten ni amenacen su frágil equilibrio. Los organismos con competencia en la aplicación de normas ambientales y de proyectos urbanísticos deberán verificar la adhesión municipal por ordenanza específica.

Con relación a la línea de pie de médano, este decreto determina que será trazada por el Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos a pedido de cada municipio.

También esta disposición resguarda los médanos de la primera cadena como otras áreas de protección ambiental que no podrán ser removidos ni atravesados por calles ni interrumpidos para abrir accesos a la playa.

Una vez realizada una lectura analítica sobre esta norma concluimos que los postulados están de acuerdo con una protección integral y, de esa manera, ayudan a minimizar los graves problemas que flagelan las costas bonaerenses. Sin embargo, esta norma dentro de un ordenamiento jurídico tiene poca jerarquía y a pesar de sus postulados positivos no es posible que el Poder Ejecutivo esta-

blezca un ordenamiento ambiental del territorio costero y que cree servidumbres a través de un decreto traspasando sus competencias. Para esto es necesaria una ley del Poder Legislativo que plasme estos postulados que luego serán reglamentados, de ser necesario, por el Poder Ejecutivo. De esta manera no sería necesaria la adhesión de los municipios, ya que por el principio de congruencia deberían en sus ordenanzas municipales aceptar sus postulados o mejorarlos. Otro aspecto criticable a la norma es que no es correcto que sea una norma de presupuestos mínimos porque contradice el artículo 41 de la Constitución Nacional que ordena a la Nación el dictado de las leyes de presupuestos mínimos y a las provincias a completarlos siempre refiriéndonos al Poder Legislativo.

Capítulo 3

CARACTERÍSTICAS DE LAS EXPLOTACIONES MINERAS

Condiciones de las areneras:

Específicamente en el caso de las canteras de áridos dunarios o areneras, tal lo que se ha relevado, nos muestran tres escenarios productivos distintos de acuerdo a donde se emplazan:

■ Barrera Medanosa Oriental

En la BMO, la única arenera activa y registrada explota dunas interiores bajas, con una cobertura vegetal superior al 50%, alejada de la dinámica de playa actual, con un diseño de dunas transversales a barjanoides de una altura del orden de los 9 a los 13 m.s.n.m. La explotación está limitada por la presencia del acuífero freático que se encuentra en una cota que oscila entre los 8,5 y los 9 m.s.n.m. aproximadamente.

■ Barrera Medanosa Austral

Las areneras de la BMA, en su sección del Norte, se desarrollan tanto sobre dunas interiores fuertemente vegetadas (lindantes, en ciertas porciones, con la llanura interserrana, caracterizadas como dunas transversales o barjanoides), así como sobre dunas más cercanas a la costa actual, con un mínimo de cobertura vegetal y presencia también de dunas transversales a barjanoides con una pendiente de sotavento activa. La base de la explotación se encuentra en el contacto entre las dunas holocenas y el pampeano pleistoceno.

En la región central de la BMA (Claromecó, Reta, etc.) la base de la explotación se encuentra, nuevamente, en la posición de un freático somero. En la región sur de esta barrera, en las cercanías de Bahía Blanca, corresponden a dunas continentales (no costero-marinas) y se apoya sobre un sustrato arenoso continental.

■ Barrera de Patagones

En la región de la BP, las dunas costeras holocenas son de baja altura, de aspecto barjanoide y el piso de explotación se apoya sobre la Formación Río Negro.

De acuerdo con la información disponible en la Dirección Provincial de Minería, al momento actual, hay solo 20 areneras en dunas registradas. Sin embargo, la mayor parte de ellas no están activas en la actualidad. En la zona de Bahía Blanca, dado el origen continental (y no litoral) de las arenas, son consideradas como “canteras de arena”.

La Tabla 1 adjunta al final del capítulo, revela la información y localización de cada uno de los establecimientos registrados en el órgano estatal de control (Dirección Provincial de Minería) en el 2018.

CARACTERIZACIÓN DE LA FORMA DE EXPLOTACIÓN DE LOS ÁRIDOS DUNARIOS

Todas las areneras situadas en la provincia de Buenos Aires presentan un tipo de explotación extremadamente simple, con una participación muy modesta de equipos y tecnologías extractivas. En todos los casos son explotaciones a cielo abierto. Presentan un solo nivel de explotación, con un piso de explotación diferente según la barrera arenosa sometida a la actividad extractiva.

En el caso de la BMO, el piso de explotación es el acuífero freático; en el caso de la BMA son los terrenos pampeanos indiferenciados y a veces paleosuelos (que obliga a los productores a abandonar esos sectores por mala calidad como áridos); y en el caso de la BP, la Formación Río Negro.

Los equipos utilizados son también simples. En general, cada arenera cuenta con una pala frontal a las que eventualmente se incorpora una segunda máquina, en función de la demanda, y alguna retroexcavadora. En el caso del uso de la retroexcavadora en la BMO, se la utiliza para la realización de alteos de pistas, fundamentalmente, y para tareas de recomposición de superficies generando trincheras que luego son cubiertas con destapes de suelos y rechazos de producción.

No se ha visto, como hecho habitual, que las empresas mineras se ocupen del transporte de áridos a los mercados en forma directa y, por tanto, carecen de camiones a tal fin. La única excepción se ha determinado en la zona de Punta Alta donde la misma empresa extractiva realiza el transporte a los mercados proximales.

Solo hay balanzas en las explotaciones de las areneras Querandí, Tres Plantas, Monviso Forestal y Don José. Por ello, en el resto de las areneras, la producción es estimada en volumen.

Según lo informado por los productores de la zona de Bahía Blanca y Punta Alta (Sandrini, Siracusa y La Martina) las arenas de cantera son muy finas y se mezclan con arenas de trituración proveniente las canteras del macizo de Tandilia, a más de 400 km de la zona de consumo.

Se ha podido verificar que el radio de ventas de las areneras declaradas, es decir, la extensión a la que llega el producto para su comercialización, es muy variable. La única arenera de la BMO, extiende su área de cobertura comercial por casi 81 km, hasta las ciudades de Pinamar, al Norte, y Mar del Plata, al Sur. Hacia el

Oeste, abarca hasta la ciudad de General Madariaga. El precio en la cantera es de 8 USD por metro cúbico.

Con respecto a las areneras de la BMA, abastecen a los mercados de las ciudades de Miramar, Tres Arroyos, Claromecó, Dorrego, Pehuen-Có, Monte Hermoso y Bahía Blanca, con un radio de influencia de 193 km. Los precios en cantera son de aproximadamente entre 3 y 4 USD el metro cúbico. En los corralones de la ciudad de Tres Arroyos, o en los de Rosales y Bahía Blanca, es de 27 USD el metro cúbico, y en la Barrera de Patagones, se vende la arena a casi 30 USD el metro cúbico en Carmen de Patagones, a 30 km de distancia.

Tabla 1. Canteras de Arena registradas en la Dirección de Minería de Buenos Aires. (Continúa en la hoja siguiente).

NOMBRE DE LA CANTERA	PARTIDO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ORIGEN	PRODUCCIÓN ANUAL INFORMADA (m3)	DISTANCIA CANTERA AL ESPALDÓN DE LA PLAYA (m)	TIPO DE MÉDANO EN CUANTO A MOVILIDAD	TIPO DE MÉDANO
ARENERA EL COMIENZO	GRAL MADARIAGA	37°22'45,19" S 57°05'25,41" O	Cantera en Dunas litorales	24	3067	Fijas	Barjanoide
ARENERA QUERANDÍ	GRAL MADARIAGA	37°23'07,74" S 57°05'40,73" O	Cantera en Dunas litorales	110	2656	Fijos	Parabólico/ barjanoide
ARENERA LAS TRES PLANTAS	LOBERÍA	38°30'27,13" S 58°26'23,34" O	Cantera en Dunas litorales	98	431	Móviles	Transversal
MONVISO FORESTAL	LOBERÍA	38°32'16,97" S 58°34'13,47" O	Cantera en Dunas litorales	S/D	1462	Móviles	Barjanoide
CANTERA DON JOSÉ	LOBERÍA	38°32'13,46" S 58°34'31,35" O	Cantera en Dunas litorales	52	1683	Fijas	Barjanoide
ARENERA CDA	NECOCHEA	38°39'16,97" S 58°57'24,25" O	Cantera en Dunas litorales	38	588	Móviles	Parabólica
CANTERA OBERTI	CNEL. ROSALES	38°53'27,37" S 62°00'37,90" O	Cantera de arenas eólicas continentales	4		Fijas	Parabólica
CANTERA SANDRINI	CNEL. ROSALES	38°51'11,35" S 62°04'03,50" O	Cantera de arenas eólicas continentales	9		Fijas	Parabólica
YACIMIENTO DE ARENA-SANDRINI	CNEL. ROSALES	38°51'54,96" S 62°02'13,18" O	Cantera de arenas eólicas continentales	12		Fijas	Parabólica
LA MARTINA	CNEL. ROSALES	38°52'33,99" S 62°02'14,27" O	Cantera de arenas eólicas continentales	6		Fijas	Parabólica
CANTERA SIRACUSA	CNEL. ROSALES	38°52'13,01" S 62°01'26,63" O	Cantera de arenas eólicas continentales	14		Fijas	Parabólica
7 DE MAYO	CARMEN DE PATAGONES	41°01'14,18" S 62°46'32,49" O	Cantera en Dunas litorales	s/d	540	Fijas	Parabólica

Capítulo 4

ESCENARIOS DE MÁXIMA Y MÍNIMA AFECTACIÓN GEO-ECOLÓGICA

En función de la posición de las características de las barreras medanosas donde se asientan y desarrollan las actividades extractivas, reconocemos distintos escenarios que afectan en mayor o menor medida la estabilidad de las acumulaciones medanosas como un sistema complejo geoecológico.

Siguiendo criterios generales expresados por Jungerius y van der Meulen (1988) entre la mayor o menor preponderancia de procesos edafológicos y geomorfológicos, reconocemos dos escenarios extremos:

Escenario 1: expresado en una fuerte tensión horizontal mar-continente:

- a. uno de máxima complejidad ecológica, desarrollo edáfico relativo, y mínima actividad geomorfológica relativas (en la porción occidental de las fajas medanosas) (Fig 19 y 20).
- b. uno de mayor incidencia de procesos geomorfológicos y mínima complejidad ecológica relativa (en el extremo opuesto, es decir, en el contacto duna-playa) (Fig 21 y 22).

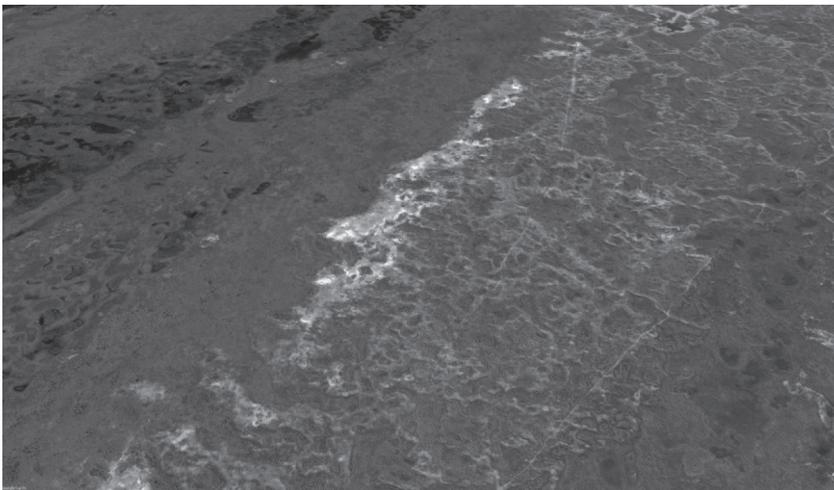
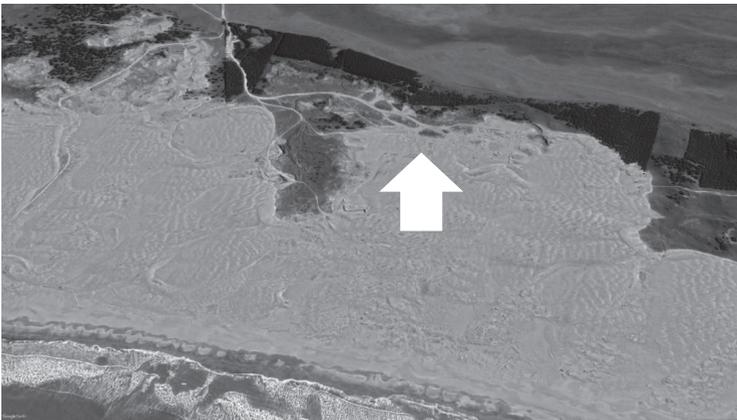
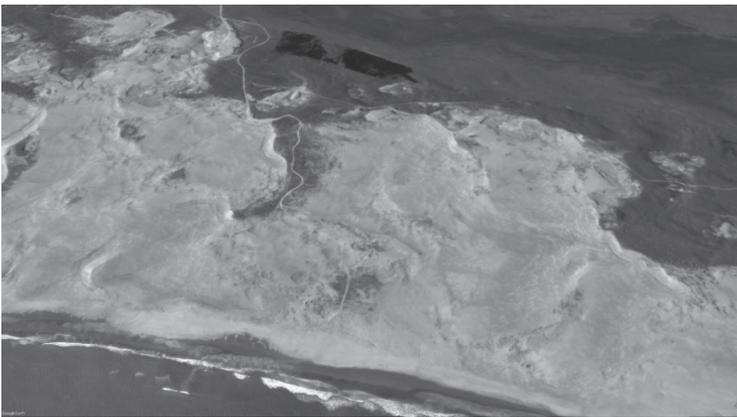
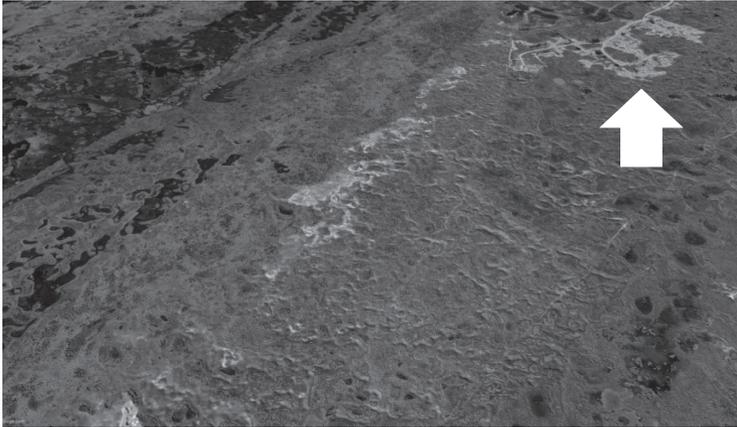


Figura 19: Dunas vegetadas con máxima complejidad ecológica, en la Barrera Oriental (Imagen Google Earth® del año 2013).



(Arriba) Figura 20: Dunas vegetadas con máxima complejidad ecológica en la Barrera Oriental (Imagen Google Earth® del año 2020). En el sector NE, se aprecia el desarrollo de una arenera.

(Medio) Figura 21: Dunas móviles con mayor incidencia de procesos geomorfológicos y mínima complejidad ecológica relativa en la Barrera Austral (Imagen Google Earth® del año 2004).

(Abajo) Figura 22: Dunas móviles con mayor incidencia de procesos geomorfológicos y mínima complejidad ecológica relativa en la Barrera Austral (Imagen Google Earth® del año 2020). En el sector Central, se aprecia el desarrollo de una arenera.

Escenario 2: expresado por una tensión vertical, representada por nivel de base de la explotación minera y el cuerpo medanoso.

- c. una condición de mínima afectación ambiental relativa, cuando el cuerpo medanoso se apoya sobre terrenos pleistocenos continentales donde se aloja el nivel freático, y pobre o nula cobertura vegetal (Fig. 23).
- d. una condición opuesta, de máxima tensión ambiental, cuando la base de la explotación se corresponde con el techo del nivel freático alojado en el mismo cuerpo medanoso, y con una abundante cobertura vegetal y complejidad ecosistémica (Fig. 24). Respecto a esta última condición, recordamos lo expresado por Kruse y Carretero (2010): “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 almacenamiento de agua dulce”.



Figura 23: Duna apoyada sobre terrenos continentales Pleistocenos, condición de mínima afectación ambiental relativa en la Barrera Austral (año 2018).



Figura 24: Máxima tensión ambiental. El piso de la explotación llega hasta el techo del nivel freático en la Barrera Oriental (año 2006).

Pero también se pueden encontrar escenarios intermedios, tales como uno que presente una máxima complejidad ecológica y baja vulnerabilidad acuífera, junto con una muy menguada actividad geomorfológica y sedimentaria, como consecuencia del transporte eólico restringido. De acuerdo con tales escenarios, las explotaciones dunarias tendrán distintos efectos o consecuencias en el medio ambiente según se encuentren desarrolladas en alguno de tales extremos o en términos intermedios.

La zona de avalancha de la duna migrante es, a nuestro juicio, la más apropiada para una extracción de bajo impacto (Fig. 25).

Ejemplificando, una mínima afectación ambiental se presenta cuando estamos ante una situación de máxima actividad geomorfológica y mínima vulnerabilidad ecosistémica y acuífera. Esta condición se expresa, en particular, en aquellas dunas transversales migrantes o barjanoides alejadas de la playa distal sobre terrenos continentales que alojan el acuífero.

Por el contrario, la condición de máxima afectación ambiental se da cuando la arena se instala en dunas cercanas a la playa, con gran cobertura vegetal y alta complejidad ecosistémica, con baja tasa de transporte y un piso de explotación en interacción directa con el nivel freático.

Sin embargo, no es factible establecer un único diseño de explotación aplicable, sino que se deben planificar esquemas y dinámicas de explotación diferentes para cada sector en función de las vulnerabilidades de cada caso, que minimicen los efectos negativos y maximicen los procesos de rehabilitación y conservación de hábitats.

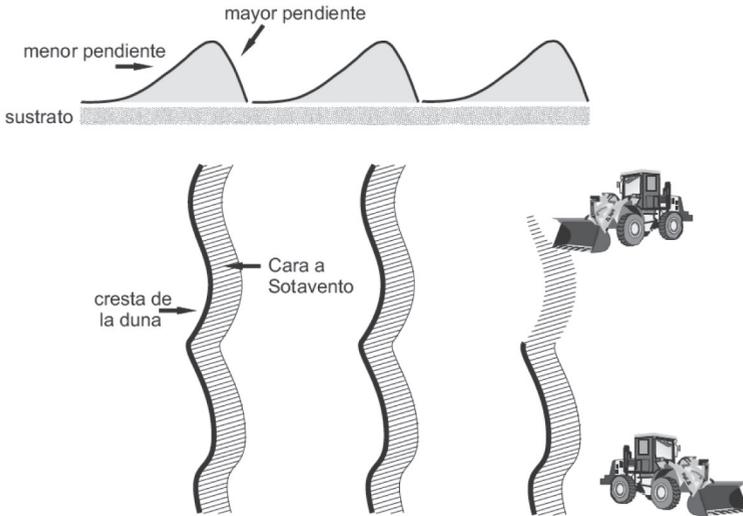


Figura 25: Zona de avalancha de la duna migrante como la más apropiada para la extracción.

INDICADORES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ARENERAS DUNARIAS

Los indicadores ambientales constituyen un tema de actualidad desde principios de la década pasada, ya que se han consumado como herramientas imprescindibles para la política y gestión medioambiental (von Schiller Calle, 2008). La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) definió el término “indicador” como un “parámetro o el valor resultante de un conjunto de parámetros, que ofrece información sobre un fenómeno, con un significado más amplio que el directamente asociado a la configuración del parámetro”. Según la OCDE (1998), las dos funciones principales de los indicadores ambientales son: reducir el número de medidas y parámetros que normalmente se requieren para ofrecer una presentación lo más cercana posible a la realidad de una situación y simplificar los procesos de comunicación.

Los geoindicadores se encuentran dentro de las herramientas utilizadas para este tipo de estudio. Permiten evaluar eventos tanto catastróficos como graduales, siempre y cuando se mantengan dentro del marco del período de una vida humana. Son medidas (magnitudes, frecuencias, tasas y/o tendencias) de fenómenos y procesos geológicos que ocurren cerca de o en la superficie terrestre, y que están sujetos a variaciones lo suficientemente significativas como para comprender cambios ambientales producidos durante períodos de hasta 100 años.

Estos criterios, propuestos por la OCDE, encontraron en los trabajos de Berger y Iams (1996) ideas que pueden resultar de suma utilidad a los fines de implementar un sistema de observación costera.

Así se han considerado las condiciones de mejor y peor condición ambiental. Esto implica desarrollar los tensores ambientales descriptos previamente desde una condición mejor a otra opuesta, es decir, peor ambientalmente.

El eje conceptual de este apartado es, a partir de los criterios precedentes, dotar de un instrumento de rápida lectura ambiental a los funcionarios de la provincia que deben velar por control ambiental.

Según esta idea, proponemos la aplicación de indicadores en los que intentamos volcar los tensores ambientales expresados previamente como un gradiente de máxima predominancia geomorfológica y mínima complejidad ecológica, y la opuesta, máxima complejidad ecológica y mínima actividad geomorfológica, aplicados a las areneras existentes.

En el contexto de trabajo que aquí se desarrolla, hemos contemplado indicadores que consideramos tienen que ver con la fragilidad del sistema dunario desde un punto de vista ecocéntrico, sin desconsiderar la potencialidad de uso como soporte de otras actividades humanas, relacionadas con la habitabilidad y la amenidad.

En efecto, en el análisis de la calidad ambiental de un tramo costero, debe definirse cuáles funciones ambientales serán las consideradas. No es lo mismo considerar la calidad ambiental solo desde la perspectiva de la naturalidad de las playas, que desde su uso complejo como recurso turístico-recreativo o como recurso minero. Para objetivar estas condiciones de un modo que puedan ser luego generalizadas y aplicadas tanto por los municipios costeros como por los gerenciadore de los recursos mineros y ambientales, ensayamos un sistema de indicadores cuantitativos genéricos de sencillo relevamiento, reconocidos por los usuarios del sistema y respaldados por su validez científica.

Consecuentemente, consideramos que la mejor condición, es la explotación de las arenas del frente de avalancha -o avance- de una duna en movimiento (típicamente, dunas transversales y barjanoides) sobre un piso duro y coherente, ya que tiene una tasa activa de reposición de arena en función de lo transportado dentro del cuerpo de dunas, con un acuífero freático situado debajo de las arenas explotables, y un mayor espesor no saturado. Al mismo tiempo, desde el punto de vista ecológico, la mejor condición sería asociada a un bajo desarrollo ecosistémico.

Por otro lado, se considera que la peor condición es explotar las dunas primarias activas en la transición duna-playa y con pisos de explotación definidos por el acuífero freático, o una duna con alta complejidad ecológica representada por una densa cobertura vegetal y, por lo tanto, una mayor biodiversidad.

Otro aspecto considerado es la visibilidad como elemento de intrusión paisajístico. Este parámetro se mide en campo y expresa a qué distancia es visible la explotación desde vías de comunicación (rutas, caminos).

Aplicando estos conceptos generales, se ha realizado una cuantificación de seis parámetros, cada uno con sus respectivas categorías, que presentan una valoración donde 1 es el peor y 5 el mejor, según un criterio ambiental. Esta valoración surge de la opinión consulta realizada a los investigadores del presente proyecto. Obviamente, la incorporación de otros criterios u otros investigadores con experiencias distintas, podrían alterar la valoración aquí presentada (Tablas 2 a 6).

El ensayo y aplicación de este modelo está pensado para ayudar, en primer término, a las autoridades municipales a definir la mayor o menor viabilidad que pueda tener una propuesta de un emprendimiento minero en las fajas dunarias donde tengan jurisdicción. No reemplaza de modo alguno los procedimientos de evaluación de impacto ambiental regulados por el Decreto Provincial N°968.

CRITERIO SEGÚN EL INTERCAMBIO SEDIMENTARIO PLAYA/MEDANO

Tabla 2: Valoración según distancia a la playa de la arenera.

DISTANCIA DEL PIE DE MÉDANO O ESPALDÓN PLAYA	CATEGORÍA (en metros)	< 300	301-500	501-1000	1001-3000	> 3000
	VALORACIÓN	1	2	3	4	5

CRITERIO SEGÚN LA COBERTURA VEGETAL COMO INDICADOR DE COMPLEJIDAD ECOSISTÉMICA

Tabla 3: Valoración según la cobertura vegetal de los médanos en explotación.

COBERTURA VEGETAL	CATEGORÍA (en porcentaje superficial)	> 70	50-70	30-50	10-30	< 10
	VALORACIÓN	1	2	3	4	5

SEGÚN CRITERIO GEOMORFOLÓGICO COMO INDICADOR DE CAPACIDAD DE TRANSPORTE EÓLICO

Tabla 4: Valoración según geoforma.

TIPOLOGÍA GEOMORFOLÓGICA Y DINÁMICA	CATEGORÍA	Duna Primarias y Frontales	Blowout, Dunas Fijas y Montículos	Duna Parabólica activa	Duna en Estrecha activa	Duna Barjanoides activa	Duna Transversal activa
	VALORACIÓN	1	2	3	4	4	5

CRITERIO SEGÚN EL TAMAÑO DE LA DUNA

Tabla5: Valoración según la altura de la duna.

ALTURA DE LA CRESTA MÁXIMA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)	CATEGORÍA (en metros)	< 5	6-10	11-15	16-20	> 20
	VALORACIÓN	1	2	3	4	5

CRITERIO SEGÚN VULNERABILIDAD DE ACUÍFERO FREÁTICO

Tabla 6: Valoración según piso de explotación.

PISO DE LA EXPLOTACIÓN	CATEGORÍA	Freático	Arena	Otro	Fm Río Negro	Grupo Pampa (Pampeano Sensu Lato)
	VALORACIÓN	1	2	A definir	4	5

CRITERIO SEGÚN CUENCA VISUAL DE LA ARENERA (INTRUSIÓN EN EL PAISAJE)

Tabla 7: Valoración según la distancia visual de la arenera.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DESDE RUTAS O CAMINOS PÚBLICOS	CATEGORÍA (en metros)	> 1000	1000-701	700-501	500-101	< 100
	VALORACIÓN	1	2	3	4	5

Así, un emprendimiento que aquilate 30 puntos representaría una excelente condición ambiental para habilitar la explotación minera y, en oposición, la peor condición sería la de aquellas areneras que contabilicen solo 6 puntos, en cuyo caso los controles y seguimiento deberían ser muy cuidadosos y rigurosos, en particular en los puntos que muestren mayores falencias.

Esta categorización permite una rápida visualización de las condiciones de aptitud ambiental en el que se desarrolle una arenera dada. Este método permitiría tam-

bién al organismo de control (o al mismo operador de la arenera) distinguir cuáles son los aspectos de mayor cuidado o debilidad de la arenera o emprendimiento.

Por ejemplo:

Si tomamos una de las canteras que operan en la zona del Partido de Lobería, obtendríamos el siguiente posible puntaje:

Distancia de la orilla o playa	Categoría	>1700	(4)
Cobertura y diversidad vegetal	Categoría	10-30 %	(4)
Tipología geomorfológica y dinámica	Categoría	Duna Barjanoide	(4)
Altura sobre el nivel del mar	Categoría	11-15 m	(3)
Piso de la explotación	Categoría	Grupo Pampa	(5)
Visibilidad de la cantera (en m)	Categoría	< 600 m	(3)
			TOTAL 23

Si consideramos alguna de las areneras de la barrera oriental, el puntaje resultante sería:

Distancia de la orilla o playa	Categoría	>3000	(5)
Cobertura y diversidad vegetal	Categoría	0	(1)
Tipología geomorfológica y dinámica	Categoría	Duna Fija	(2)
Altura sobre el nivel del mar	Categoría	11-15 m	(3)
Piso de la explotación	Categoría	Freático	(1)
Visibilidad de la cantera (en m)	Categoría	< 1200 m	(5)
			TOTAL 15

Así, aplicando este sencillo método podemos advertir cuán lejos o cerca está una posible o real explotación de las condiciones más adecuadas ambientalmente.

Seguramente, este procedimiento puede ser ampliado con los criterios que se consideren más convenientes por parte de los miembros de los organismos de control, como, por ejemplo, considerar la accesibilidad, la distancia a centros urbanos o zonas de reserva natural, u otras consideraciones legales o políticas que resulten específicas a cada área, región o municipio contemplado.

Capítulo 5

APORTES PARA EL MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL EN LAS ARENERAS

En líneas generales, las recomendaciones que se sugieren se orientan fundamentalmente a apoyar al productor minero a tomar decisiones y acciones, con el fin de que pueda desarrollar una gestión minera que minimice los efectos negativos de su actividad por sobre la diversidad. De modo alguno, pretenden ser una norma legal; solo atiende a proponer buenas prácticas que reporten en beneficios ecológicos y ambientales, tales como:

- Conservación de los hábitats existentes (dejar y conservar áreas sin impactar por extracción).
- Creación de nuevos hábitats (promover neoecosistemas en ambientes impactados, como, por ejemplo, la generación de humedales antrópicos).
- Sostenimiento de la biodiversidad (prohibir la caza).
- Corrección de impactos y alteraciones paisajísticos (evitar la generación y permanencia de montículos de rechazo, huecos y pistas innecesarias).
- Sostenimiento de la naturalidad del paisaje (retiro de toda construcción que no tenga un uso momentáneo o se encuentre edificada con algún fin de uso posterior).
- No obstaculización de la dinámica y los procesos sedimentarios de transferencia de arenas desde la zona de alimentación a las dunas costeras (es decir, evitar la forestación y en particular con especies exóticas en el ambiente de transición playa–duna).
- Preservación de la calidad de la recarga acuífera de la duna como un recurso complejo (evitar acciones que puedan ocasionar la contaminación del suelo y acuífero freático).

Para alcanzar tales logros o beneficios, es necesario en primer término involucrar a las autoridades de las empresas extractivas en el compromiso de realizar las explotaciones bajo criterios de sustentabilidad ambiental y, fundamentalmente, trabajar en la capacitación de todo el personal que desarrolle labores en la arenera, de modo que

internalice en sus tareas los criterios de mínima afectación ambiental y así mismo, el establecimiento de instrucciones precisas para los trabajadores indirectamente vinculados con la actividad extractiva, como transportistas y empleados eventuales.

Precauciones en la etapa de “preparación” de la arenera:

Si bien en la actividad extractiva de áridos dunarios la fase de preparación de la explotación tiene normalmente menos relevancia que en otras etapas de la actividad, es conveniente considerar algunas buenas prácticas que deberían ser llevadas a cabo durante esta fase, con el objeto de minimizar los impactos sobre el ambiente, tales como:

- Al realizar sondeos y calicatas, es altamente conveniente evitar realizarlos en áreas sensibles biológicamente, como, por ejemplo, las zonas de nidificación, cría, amamantamiento, entre otros.
- Toda decisión de realizar destapes y retiro de cubierta vegetal debe orientarse a limitar las superficies afectadas, optando siempre por las tecnologías y prácticas menos agresivas con el entorno. Por tal motivo, se deben priorizar como zonas extractivas las dunas vivas o pobremente vegetadas.
- Sin embargo, y si fuera necesario retirar la vegetación en algún sector de la arenera, una buena práctica es mantenerla *en ella* una vez cortada, durante el mayor lapso posible, sin destruirlas o eliminarla, a fin de permitir que la micro y la mesofauna pueda desplazarse y, de ese modo, conservar el acervo biológico.
- La idea de revegetar o forestar el terreno con especies exóticas no es la mejor. Incluso puede ser muy inadecuada, ya que es preferible permitir la sucesión natural.
- Realizar pistas y caminos es un conjunto de acciones muy onerosas, tanto económica como ecológicamente. Por ello, siempre que sea posible, es aconsejable priorizar la utilización de los caminos o trazas ya existentes, antes que abrir unos nuevos.
- Toda vez que sea posible se debe optar por emplear equipos livianos, de baja combustión y emisión sonora, para reducir los impactos sobre las comunidades biológicas y la compactación del suelo o sustrato.
- Dado que un problema ligado con el tránsito en el interior del predio puede removilizar material particulado fino, es muy adecuado tratar de regar periódicamente las pistas y caminos para evitar el transporte eólico de este material.

Consideraciones para la etapa de “explotación” de la arenera:

En los casos de las explotaciones futuras o en curso, debería proponerse una articulación consensuada entre el productor minero y la administración respecto al diseño de los planes extractivos que contemplen, según los escenarios, las siguientes recomendaciones:

- I. En un escenario de máxima complejidad ecológica, con dunas vegetadas y de relativamente baja dinámica geomorfológica y sedimentaria (como, por ejemplo, la Barrera Oriental), es conveniente considerar la integración efectiva de la conservación de la naturaleza y las operaciones extractivas, tendiendo a no incrementar la fragilidad del ecosistema y maximizando el valor de los servicios ecosistémicos.

Entonces, los planes de explotación podrían desarrollar los siguientes aspectos:

- I.A No solo se debe caracterizar la geoforma dunaria, sino también analizar y describir la dinámica sedimentaria dominante.
- I.B En la medida de lo posible, hay que determinar y cartografiar la zona de aporte de arenas eólicas y describir, cuando no sea posible cuantificar, los procesos geomorfológicos activos.
- I.C El piso de explotación en este tipo de ambientes puede ser frecuentemente un paleosuelo, arena de médano o, incluso, el afloramiento del nivel freático. En cualquier caso, es necesario determinar y comunicar el tipo y estado del piso de la explotación.
- I.D Cuando el nivel freático sea somero, será necesario monitorear su posición y la calidad del agua subterránea.
- I.E Es altamente recomendable establecer con claridad cuáles son las especies endémicas y claves que sean realmente significativas en el sitio y en la dinámica del ecosistema donde se desarrolla la actividad. Por tal motivo, es conveniente, en la medida de lo posible, determinar su tamaño y documentar su presencia mediante censos o fotos en el predio donde se desarrolla la actividad minera.
- I.F Es importante considerar la posibilidad de determinar perímetros de protección, es decir, definir áreas sin actividad que bien pueden coincidir con zonas bajas o muy edafizadas, para preservar la biodiversidad local de acuerdo a cada caso concreto.
- I.G La presencia de humedales y bañados son muy relevantes para sostener la biodiversidad. Por tal motivo, es altamente conveniente identificarlos y mapearlos dentro del predio, a los efectos de no intervenirlos con actividades propiamente extractivas o depósito de destapes o rechazos.
- I.H A fin de no afectar en demasía a los mamíferos endémicos de las dunas -como, por ejemplo, los tuco tuco (*Ctenomys*)-, el piso de explotación debería estar, en toda época del año, un metro por encima del techo del acuífero freático. Para determinarlo, es bueno considerar su posición en la estación más lluviosa, dado que la alta permeabilidad de las arenas de dunas hace que el agua meteórica se integre rápidamente con el freático. Tres simples freatímetros en el área de explotación brindaría la información requerida.
- I.I Sin embargo, si por cualquier razón se encontrara autorizada la realización de extracciones debajo del nivel freático, es altamente aconsejable proce-

- der al relleno de las depresiones generadas por la remoción de las arenas con el material de destape o rechazos de producción de la misma zona, para favorecer un rápida revegetación natural.
- I.J Los planes o programas de explotación deberían establecer con antelación las direcciones de avance de los trabajos y el establecimiento de fases en la extracción, en función de las direcciones de transporte de arenas.
 - I.K Una cuestión central es mantener inalterados los médanos frontales y la primera línea de médanos junto a la playa, a fin de no limitar el intercambio sedimentario. Se procura establecer una importante área de restricción desde la playa hacia el continente, para evitar la posibilidad de impedir el intercambio de material entre la playa y el médano. Sin dudas, esto será motivo de evaluación por la autoridad de aplicación para el otorgamiento de permisos de extracción o aprobaciones de los informes de impacto y factibilidad que deban ser presentados.
 - I.L En la medida de lo posible, es conveniente plantear en el mismo diseño de los planes de explotación acciones que (re)creen hábitats que faciliten, permitan o reintroduzcan posibles especies desplazadas.
 - I.M Por lo antes indicado, resulta necesario establecer claramente en el terreno las direcciones de avance de los trabajos, pistas, zonas de acopio, zonas acumulación de destape y el establecimiento de las fases en la extracción.
 - I.N Dado que en el ambiente en que se desarrolla la actividad, el transporte eólico de arenas puede continuar desde las áreas de aporte, la posición de pistas, caminos y depósitos de rechazos de producción puede colaborar en la captación de esas arenas en tránsito cuando se disponen en forma transversal a la dirección del viento predominante. Esto permitiría, en alguna medida, el posible repoblamiento y recrecimiento dunario a partir del aporte desde áreas no afectadas.
 - I.O En igual sentido que en puntos anteriores, resulta sumamente conveniente realizar la cobertura de las pistas desahectadas con el destape o rechazos de producción, con el material de la misma explotación.
 - I.P En toda situación posible, es conveniente evitar que las áreas extractivas sean visibles desde las playas o caminos de acceso públicos.
 - I.Q En cualquier caso, no es recomendable forestar las dunas costeras como medida de recuperación o rehabilitación de las labores mineras, esto complica el transporte de las arenas.
 - I.R Más allá de que es una obligación de la empresa el proponer acciones de mitigación, es muy conveniente recordar y enfatizar que la ejecución de acciones de reparación y rehabilitación ambientales, que procedan en cada caso, deben ser realizadas por fases progresivas, evitando siempre dejarla para el final de la vida útil de la explotación, momento en el cual ya no hay capacidad económica, financiera y, a menudo, técnica para concretarlas.

- II. En el caso de explotaciones desarrolladas en escenarios de mínima complejidad ecológica y máxima actividad geomorfológica y de transporte sedimentario sobre pisos de explotación pampeanos, rionegrenses o terrenos continentales similares (y no directamente sobre acuíferos freáticos), como, por ejemplo, en la barrera Austral y de Patagones, es recomendable tener en cuenta las siguientes previsiones.
- II.A Es necesario no solo caracterizar la geoforma dunaria, sino reconocer y, si es posible, cuantificar, la dinámica sedimentaria dominante.
 - II.B Es importante determinar claramente la vinculación con la zona de aporte sedimentario y los procesos geomorfológicos activos.
 - II.C En este escenario, es necesario y factible medir la tasa y dirección de avance del frente de dunas y relacionarlo con la zona directamente extractiva.
 - II.D Dado que el avance de la duna se realiza sobre un sustrato firme y coherente, es necesario determinar tipo y estado del piso de la explotación.
 - II.E De igual modo que en el escenario I, es necesaria la identificación y mapeo de las áreas que son relevantes para la biodiversidad, como los humedales y bañados, que deberán ser preservados de cualquier intervención.
 - II.F Tal como se recomendó en el escenario anterior, aquí se aconseja también establecer con precisión cuáles son las especies endémicas y claves que sean realmente significativas en el sitio y en la dinámica del ecosistema donde se emplaza la arenera. Sigue siendo relevante, en la medida de lo posible, determinar su tamaño y consignar su presencia mediante censos o fotos en el predio donde se desarrolla la actividad minera.
 - II.G Es totalmente recomendable el establecimiento de perímetros de protección para preservar la biodiversidad en riesgo, de acuerdo a cada caso concreto.
 - II.H De acuerdo con la recomendación previa, es también beneficioso en términos de la recuperación ambiental, proponer zonas de conservación dentro de la explotación (tales como bajos intermedanos pedogenizados, médanos fijados por vegetación autóctona, etc.).
 - II.I Es necesario establecer claramente en el terreno las direcciones de avance de los trabajos, pistas, zonas de acopio, zonas de acumulación de destape y establecimiento de fases en la extracción en vinculación con eventuales zonas de aporte de arenas.
 - II.J De idéntico modo que, en la barrera Oriental, en las barreras Austral y de Patagones es fundamental mantener inalterados los médanos frontales y la primera línea de médanos junto a la playa actual (criterio geomorfológico aproximado al de terrenos colindantes) de modo de no romper la dinámica playa-médano.
 - II.K En la medida de lo posible, es ventajoso plantear diseños de explotación que (re)creen hábitats y faciliten la reintroducción de especies que eventualmente hayan sido desplazadas.

- II.L En particular en las zonas donde se encuentren dunas móviles, se debe priorizar la explotación en sus frentes de sotavento, por su baja incidencia en los procesos ecológicos activos y la tasa positiva de reposición de áridos.
- II.M En todos los casos posibles es ventajoso que la orientación de las pistas y terraplenes sean paralelos a las crestas de dunas migrantes, de modo que al finalizar la explotación se produzca una recuperación natural por sedimentación de arenas móviles sobre las mismas.
- II.N Es altamente beneficioso utilizar los destapes o rechazos de producción como material de cobertura en las pistas desahfectadas de uso.
- II.O No es nada conveniente que el área de extracción sea visible desde las playas o caminos públicos.
- II.P Es una medida poco beneficiosa para la recuperación ambiental forestar las dunas costeras como medida de recuperación o rehabilitación de las labores mineras, en particular con especies exóticas.
- II.Q Tal como se ha recomendado previamente, es muy pertinente mencionar y resaltar que la ejecución de acciones de reparación y rehabilitación ambientales deben ser ejecutadas por fases progresivas, evitando siempre dejarla para el final de la vida útil de la explotación cuando ya no hay capacidad económica, financiera y técnica para concretarlas.

Consideraciones para la etapa de “cierre” de la arenera:

Gallego Valcarce y Valdillo Fernández (1982) establecen tres tipos de acciones que conducen la recuperación ambiental de áreas degradadas por minería orientado a lograr un nuevo estado de calidad ambiental postexplotación:

- **Reparación:** es decir, alentar la recuperación natural (de la vegetación y la fauna sobre el sustrato transformado por la actividad minera) cuando tal situación sea posible. Este concepto se vincula con el mejoramiento del área tendiente al desarrollo de la naturaleza en su concepción más amplia.
- **Rehabilitación:** realizar una nueva asignación de usos productivos para la zona afectada por la actividad. Implica el conjunto de acciones de planificación, ordenamiento y gestión que permiten el desarrollo de nuevas actividades económicas, como, por ejemplo, producciones apícolas, ganaderas, de acuicultura, forestación e incluso usos recreativos o hasta residenciales.
- **Restauración:** retrotraer los aspectos y rasgos de la zona a su situación preextractiva. El concepto de restauración cae en un campo más teórico que real, en particular en las explotaciones a cielo abierto, ya que volver a una situación igual a la que había antes de la extracción de las arenas implica, en muchos casos, el desarrollo de acciones técnicamente imposibles o económicamente inabordables.

Obviamente, los costos de cada alternativa son muy diferentes. El simple abandono implica la externalización de los costos de producción y, fundamentalmente, de re-

cuperación ambiental (esto es, que los costos ambientales no son asumidos por la actividad y el productor, y se socializan, forzosamente).

Las dos primeras alternativas implican, en muchos casos, el desarrollo de acciones de mitigación y remediación (consideradas como el conjunto de procedimientos físicos o biológicos tendientes a reducir o revertir los fenómenos de degradación y contaminación, así como sus consecuencias para la salud humana y el ambiente).

Los costos de una reparación que aproximen el área anteriormente productiva a una situación neonatural, son abordables si son planificados y desarrollados en el transcurso de la vida útil de una explotación. Se recomienda vincular las acciones de reparación a algún proyecto de investigación.

En cuanto al proyecto de rehabilitación (reasignación de usos) y la determinación de las actividades económicas posteriores a la vida útil de la explotación es una iniciativa fundamentalmente del grupo productor o propietario de la tierra. Estas iniciativas de nuevos usos del ambiente pueden tener la potencialidad de vincularse a planes o programas estatales orientados a la sustentabilidad ambiental. Es recomendable que los productores se interioricen y conozcan sobre los instrumentos de las políticas estatales de vinculación entre empresas y organismos científicos y técnicos para abordar desarrollos conjuntos.

Por su parte, la restauración en la actividad minera a cielo abierto adquiere el carácter de mito que puede ser esgrimido como exigencia, solo desde posiciones conservacionistas a ultranza. El cierre de una cantera nunca alcanza a recuperar las condiciones ambientales pre-extractivas en todos los aspectos físicos (la geomorfología es el caso más elocuente), biológicos y del entorno paisajístico, pero sí es factible lograr una buena condición próxima a estados naturales análogos mediante las acciones de reparación adecuadas.

Finalmente, es recomendable contemplar en un proceso de recuperación o rehabilitación intentar recrear un tipo de neohábitat compatible con la geología, la hidrología, la topografía y el paisaje circundante que contribuya positivamente a recrear los hábitats preexistentes, tales como:

- Diseñar y ejecutar, como antes se dijo, la reparación natural o rehabilitación paisajística por fases progresivas, evitando dejarla para el final de la vida útil de la explotación minera.
- Evitar abrir y desarrollar accesos y vías de tránsito innecesarios.
- Diseñar y disponer las pistas y caminos de modo paralelo a las crestas de las dunas principales.
- Propiciar el remodelado del terreno afectado, evitando acumulaciones saltuarias y dispersas de materiales de destape mediante su disposición de modo que favorezcan el restablecimiento de la conectividad de los hábitats. Por ejemplo, disponer las arenas edafizadas, si es posible, sobre pistas y caminos desafectados de la extracción directa, de modo elongado y con una orientación paralela o subparalela a las crestas de las dunas.

Consideraciones Finales

El desafío para la preservación de las fajas medanosas deviene de la tendencia incremental de las urbanizaciones que, a la vez, antropizan las dunas y demandan áridos para la construcción de las ciudades costeras y aledañas.

Se deben desarrollar condiciones que favorezcan la conservación de los elementos florísticos, faunísticos y geológicos de los sistemas naturales para las generaciones futuras, y que nosotros hoy disfrutamos. En lo que respecta a los ambientes drásticamente transformados, como son las areneras en ambientes dunarios, es necesario crear condiciones que permitan el desarrollo de una neonaturalidad que sea compatible con las políticas y acciones de conservación de los municipios costeros y la provincia de Buenos Aires.

De las cuatro barreras dunarias reconocidas, la Barrera Medanosa Oriental es la que actualmente se encuentra más antropizada, con un gran desarrollo de centros urbanos que poseen finalidad turística y solo una arenera establecida que funciona de acuerdo con la normativa vigente.

Por otro lado, la mayor concentración de areneras, tanto activas como ya desafectadas de la explotación, ocurre en la porción norte de la Barrera Medanosa Austral, particularmente entre las localidades de Arenas Verdes y Necochea, en general, en un área donde hay pocas urbanizaciones costeras.

Coincidimos con el criterio de la Subsecretaría de Minería, que considera a las areneras de la zona de Bahía Blanca como canteras de arena, ya que el origen geológico de las arenas en explotación no responde a un proceso de interacción litoral sino a un fenómeno de transporte desde bajos continentales.

Consideramos que la condición de mínimo impacto y, por ende, lo más recomendable para el desarrollo de una extracción de arenas de médano costero, es aquella que se desarrolla en el frente de avance de una duna viva de tipo transversal o barjanoides situada en el interior de una barrera medanosa, sobre un sustrato duro y coherente (sedimentitas continentales plio-pleistocenas) que aloje al acuífero freático y a una distancia suficientemente grande de la línea de ribera, de modo de no afectar el transporte eólico de arenas entre el ambiente de playa y médano frontal. Afortunadamente, esta condición no es infrecuente, en particular en la parte de la Barrera Austral y de la de Patagones.

Consideramos también que los planes de explotación mineros deberían intentar diseños o geometrías compatibles con las geoformas naturales, para facilitar la revegetación natural y la conectividad de los corredores faunísticos, como, por ejemplo, el despliegue paralelo a las crestas medanosas de pistas y destapes.

Finalmente, creemos que aún resta mucho por conocer de las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires. En efecto, pese a su intenso uso, se siguen incorporando nuevos elementos a su elenco faunístico en pleno siglo *XXI* (Cairo et ál., 2012; Celsi et ál., 2008; Williams y Kacoliris, 2011). Este hecho nos revela que aún estos lugares tan conocidos y transitados, tan transformados y sometidos a una presión de uso creciente, son y deberán seguir siendo estudiados para proteger en un alto grado su naturalidad.

Por tal motivo es necesario que a los niveles que correspondan, provincial o municipal, se desarrolle un ordenamiento territorial que distribuya las distintas actividades (residencial, ganadera, turística-recreativa, minera, etc.) en estos cuerpos medanosos según su potencial natural.

Bibliografía

- Alonso D., Sierra-Correa P., Arias-Isaza, F. y M. Fontalvo. 2003. Conceptos y Guía Metodológica para el Manejo Integrado de Zonas Costeras en Colombia, manual 1: preparación, caracterización y diagnóstico. Serie de Documentos Generales de INVEMAR No.12, 94p.
- Andreis, R. (1966). Petrografía y paleocorrientes de la Formación Río Negro. *Revista Museo de La Plata* (36):230-245.
- ANEFA (2019, 27/05/2019). El sector, <http://www.aridos.org/el-sector/> Consultado el día 25/02/2020
- Antinuchi, C. D. y Busch, C. (1992). Burrow structure in the subterranean rodent *Ctenomys talarum*. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 57(3):163-168.
- Aramayo, S. A., Schillizzi, R. A. y Gutiérrez Téllez, B. M. (2002). Evolución paleoambiental del Cuaternario en la costa atlántica del sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Geológica de España*, 15(1-2):95-104.
- Bagnold, R. A. (1941). *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. Londres: Methuen, 265 pp.
- Berger, A. R. y Iams, W. J. (eds) (1996). *Geoindicators: Assessing rapid environmental change in earth systems*. Rotterdam: Ed Balkema, 466 pp.
- Bértola, G. y Cortizo, L. C. (2005). Transporte de arena en médanos litorales activos y colgados del sudeste de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(1):174-184.
- Bértola, G., Cortizo, L. C. e Isla, F. I. (2009). Dinámica litoral de la costa de Tres Arroyos y San Cayetano. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64(4):657-671.
- Bértola, G., Leggiero, J., Martínez, G. A. y Del Río, J. L. (2018). La provisión de arenas en la costa atlántica de Buenos Aires (Argentina): áridos naturales y de trituración. V Congreso Nacional de Áridos. 24 al 26 octubre de 2018. Santiago de Compostela, España. Actas: 86-97.
- Cabrera, A. L. (1931). On some South American canine genera. *Journal of Mammalogy* 12(1):54-67.
- Cabrera, A. L. (1936). Las especies argentinas y uruguayas del género *Trixis*. *Revista del Museo de La Plata* 1(2):31-86.
- Cabrera, A. L. (1940). Notas sobre carnívoros sudamericanos. *Notas del Museo de La Plata. Sección Zoológica* 5(29):12-14.
- Cabrera, A. L. (1941). Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la provincia de Buenos Aires (Vol. 1): Publicaciones técnicas DAGI.
- Cabrera, A. L. y Willink, A. (1973). *Biogeografía de América Latina*. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC. EEUU, 120 pp
- Cabrera, A.L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. Acme, Buenos Aires. 85 pp. En: Kugler (Ed) *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Tomo 2. 2º edición. Buenos Aires: Acme. Fascículo 1, pp. 1-85.
- Cairo, S. L., Zalba, S. M. y Úbeda, C. (2012). *Melanophryniscus aff. Montevidensis*. En *Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina*. Ficha de los Taxones. Anfibios. Cuadernos de Herpetología, 26, 168 pp.
- Carretero, S. y Kruse, E. (2010). Modificaciones en las áreas de recarga del acuífero freático en los médanos costeros de San Clemente del Tuyú, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66(4):466-474.
- Carretero, S. y Kruse, E. (2012). Evolución del médano costero y efectos sobre la recarga en el Acuífero freático en San Clemente del Tuyú. *Actas del V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*. Río Cuarto, pp. 107-115.

- Carretero, S., Braga, F., Kruse, E. y Tosi, L. (2013a). Análisis temporal de las modificaciones en los médanos del Partido de la Costa y su relación con los recursos hídricos. En González, Kruse, Trovatto y Laurencena (Eds.), *Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. La Plata: EUDLP, pp. 37-44.
- Carretero, S., Kruse, E. y Rojo, A. (2013b). Condiciones hidrogeológicas en Las Toninas y Santa Teresita, Partido de La Costa. En González, Kruse, Trovatto y Laurencena (Eds.) *Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. La Plata: EUDLP, pp. 29-36.
- Cavallotto, J. L., Parker, G. y Violante, R. A. (1995). Evolutive characteristics of the southern coastal plain of the Río de la Plata. IGCP Project 375, Late Quaternary coastal records of rapid change: Application to present and future conditions. II Annual Meeting. Antofagasta, Chile.
- Celsi, C. E. y Monserrat, A. L. (2008). La vegetación dunícola en el frente costero de la Pampa Austral (Partido de Coronel Dorrego, Buenos Aires). *Multequina*, 17:73-92.
- Clark, J. R. (1996). *Coastal Zone Management. Handbook*. Nueva York: Lewis Publisher.
- Codignotto, J. O. (1997). Geomorfología y dinámica costera. In Boschi (Ed.) *El Mar Argentino y Sus Recursos Pesqueros*. Mar del Plata, Argentina: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, pp. 89-105.
- Codignotto, J. O. y Aguirre, M. L. (1993). Coastal evolution, changes in sea level and molluscan fauna in northeastern Argentina during the Late Quaternary. *Marine Geology* 110(1-2):163-175.
- Codignotto, J. O. y Kokot, R. R. (2005). Geomorfología del sector litoral de la provincia de Buenos Aires. En De Barrio, Llambias, Etcheverry y Caballé (Eds.) *Actas del XVI Congreso Geológico Argentino*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Codignotto, J. O., Kokot, R. R. y Marcomini, S. C. (1993). Desplazamientos verticales y horizontales de la costa argentina en el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48(2):125-132.
- 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. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(1):3-12.
- Cortizo, L. C. e Isla, F. I. (2012). Dinámica de la Barrera Medanosa de Islas de Barrera de Patagones (Buenos Aires, Argentina). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 19(1):47-63.
- Del Río, J. L., Piantanida, F., Antenucci, D., Molina, H. D., Ciccino, A., Denisienia, N Martínez, G., Taverna, B., Farenga M y Lupo, S. (2017). Huella geomorfológica de actividades mineras en las dunas de la barrera oriental de la costa atlántica bonaerense: relación con otras actividades. III Congreso de Áridos, Córdoba. 15 a 17 de noviembre.
- Di Martino, C., Albouy, R., Cifuentes, O. y Marcos, A. (2014). El acuífero libre costero de Monte Hermoso, Argentina: Generalidad, recurso y reserva. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* 33:43-50.
- Folguera, A. y Zárate, M. (2009). La sedimentación neógena continental en el sector extrandino de Argentina Central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64(4):692-712.
- Fryberger, S. G. y Ahlbrandt, T. S. (1979). Origin, sedimentary features, and significance of low-angle eolian "sand sheet" deposits, Great Sand Dunes National Monument and vicinity, Colorado. *Journal of Sedimentary Research* 49(3):733-746.
- Gallego Valcarce, E. y Vadillo Fernández, L. (1992). Reclaiming areas degraded by mining operations. En Cendrero, Luttig and Wolf (Eds.) *Planing the use of the Earth's surface*. Berlin: Springer, p.247.
- Hesp, P. A. (1991). Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. *Journal of Arid Environments* 21(2):165-191.
- Hesp, P. A. (2000). Coastal dunes: form and function. *CDNV Technical Bulletin N°4*. Masseur University, p.28.
- Hesp, P. A. y Thorn, B. (1990). Geomorphology and evolution of active transgressive dunefields. En Nordstrom, Psuty and Carter (Eds.) *Coastal Dunes: Form and Process*. Nueva Jersey: Wiley & Sons, pp. 253-288.
- Isacch, J. P., Cardoni, D. A. e Iribarne, O. (2014). Diversity and habitat distribution of birds in coastal marshes and comparisons with surrounding upland habitats in southeastern South America. *Estuaries and Coasts* 37(1):229-239.
- Isla, F. (1989). Holocene sea-level fluctuation in the southern hemisphere. *Quaternary Science Reviews* 4(2):359-368.
- 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. y Bertóla, G. (2005). Litoral Bonaerense. En de Barrio, Llambias, Etcheverry y Caballé (Eds.) *XVI Congreso Geológico Argentino. Relatorio. Geología y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires: Asociación Geológica Argentina, pp. 265-276.

- Isla, F. y Bujalesky, G. G. (1995). Tendencias evolutivas y disponibilidad de sedimento en la interpretación de formas costeras: Casos de estudio de la costa argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 2(1):73-83.
- Isla, F. y Lasta, C. A. (2010). *Manual de Manejo de Barreras Medanosas de la Provincia de Buenos Aires*. Mar del Plata. Eudem, 281 pp.
- Isla, F., Bértola, C., Farenga, M., Serra, S. B. y Cortizo, L. C. (1998). Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 5(1):41-51.
- Isla, F., 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., 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* 2:73-83.
- Jackson, D. W. T. y Nevin, G. H. (1992). Sand transport in a cliff top dune system at Fonte de Tejha, Portugal. En Carter, Curtis and Sheehy-Skeffington (Eds.) *Proceedings of the III European Dune Congress* (pp. 81-92). Rotterdam: Balkema.
- Jungerius, P. D. y van der Meulen, F. (1988). Erosion processes in a dune landscape along the Dutch coast. *Catena* 15(3-4):217-228.
- Komar, P.D. (1998). *Beach Processes and Sedimentation*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. 544 pp.
- Kruse, E y Carretero, S. (2010). Aguas Subterráneas en el sector norte del Partido de la Costa. En Isla y Lasta (Eds) *Manual de Manejo de Barreras Medanosas de la Provincia de Buenos Aires*. Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata, EUDEM.
- Laranjeira, M. M., Ramos Pereira, A. y Williams, A. T. (1999). Comparison of two checklist methods for assessment of coastal dune vulnerability. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 15(1-4):259-268.
- Leuschner, C., and Ellenberg, H. (2017) *Ecology of Central European Non Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man Made Habitats: Vegetation Ecology of Central Europe (Volume 2)*, pp.63-115. Berlin: Springer.
- Marcomini, S. C. y López, R. (1997). Influencia de la urbanización en la dinámica costera, Villa Gesell, provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Asociación Argentina de Sedimentología Revista* 4(2):79-96.
- Marcomini, S. C. y López, R. A. (1999). Alteración de la dinámica costera por efecto de la explotación de arena de playa, partidos de General Alvarado y Lobería, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 6(1-2):1-18.
- Marcomini, S. C. y López, R. A. (2008). *Erosión y manejo costero de Villa Gesell*. Ed. Unión por Villa Gesell. Libro digital.
- Marcomini, S.C. y López, R.A. (2005). Morfodinámica costera entre Punta Florida y Costa Bonita. *Actas del XV Congreso Geológico Argentino* 3: 553-558.
- Monserat, A. L. (2010). Evaluación del estado de conservación de dunas costeras: dos escalas de análisis de la costa pampeana. Tesis doctoral inédita, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 219 pp.
- Mora, M. S., Kittlein, M. J., Vassallo, A. I. y Mapelli, F. J. (2013). Diferenciación geográfica en caracteres de la morfología craneana en el roedor subterráneo *Ctenomys australis* (Rodentia: Ctenomyidae). *Mastozoología neotropical* 20(1):75-96.
- Nordstrom, K. (2008). *Beach and dune restoration*: Cambridge University Press, 190 pp.
- Parker, G. (1979). Geología de la planicie costera entre Pinamar y Mar de Ajó, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 34(3):167-183.
- Parker, G. y Violante, R. A. (1990). Geología y Geomorfología, Regiones 1 y 2: Punta Rasa-Faro Querandí. En: Estudio para la evaluación del recurso hídrico subterráneo de la región costera atlántica. Informe final del Convenio de Cooperación entre el Consejo Federal de Inversiones y el Servicio de Hidrografía Naval 2 (Inédito), 255 pp.
- Parker, G., Paterlini, C. M., Violante, R. A., Costa, I. P., Marcolini, S. y Cavallotto, J. L. (1999). Descripción Geológica de la Terraza Rioplatense (Plataforma Interior Norbonaerense). Servicio Geológico Mineiro Argentino Boletín 273. Buenos Aires, 25 pp.
- Parodi, L. R. (1940). La distribución geográfica de los talares en la Provincia de Buenos Aires. *Darwiniana* 4(1):33-56.
- Ringuelet, R. A. (1961). Rasgos fundamentales de la zoogeografía de la Argentina. *Physis* 22(63):151-170.
- Ringuelet, R. A. (1968). Tipología de las lagunas de la provincia de Buenos Aires. La limnología regional y los tipos lagunares. *Physis* 28(76):65-76.

- Rolleri, E. O. (1975). Provincias geológicas bonaerenses. Relatorio del VI Congreso Geológico Argentino (pp. 29-53). Bahía Blanca: Asociación Geológica Argentina.
- Rozema, J. P., Bijwaard, G., Prast, G. y Broekman, R. (1985). Ecophysiological adaptations of coastal halophytes from foredunes and salt marshes. *Vegetatio* 62:499-521.
- Schillizzi, R. A., Aramayo, S. A. y Caputo, R. (1992). Evolución geológica del yacimiento paleoicnológico de Pehuén - C6 (Partido de Coronel Rosales) Provincia de Buenos Aires, Argentina. III Jornadas Geológicas Bonaerenses. *Actas*: 53-57. La Plata.
- Schnack, E. J., Fasano, J. L. e Isla, F. (1982). The evolution of Mar Chiquita Lagoon, Province of Buenos Aires, Argentina. En Colquhoun (Ed.) *Holocene Sea-Level Fluctuations: Magnitudes and causes* (Vol. IGCP 61, pp. 143-155). Columbia: University of South Carolina.
- Soriano, A. (1992). Río de la Plata Grasslands. *Ecosystems of the world* 8A. Coupland (ed.) *Natural grasslands. Introduction and Western Hemisphere*. Amsterdam: Elsevier, pp. 367-407.
- Spalletti, L. A. e Isla, F. I. (2003). Características y evolución del delta del Río Colorado "Colú-leuvú", Provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10(1):23-37.
- Steer, R., Arias, F., Ramos, A., Sierra, P., Alonso, D. y Ocampo, P. (1997). Documento base para la elaboración de la Política Nacional de Ordenamiento integrado de las zonas costeras colombianas. Documento de consultoría para el MMA. Serie de publicaciones especiales 6. Bogotá.
- Teruggi, L. B., Martínez, G. A., Billi, P. y Preciso, E. (2004). Geomorphologic units and sediment transport in a very low relief basin: Río Quequén Grande, Argentina. *IAHS Publication N°299*. Cataluña, España.
- Teruggi, M. E. (1964). Paleocorrientes y paleogeografía de las ortocuarzitas de la Serie de La Tinta (provincia de Buenos Aires). *Anales de la Comisión de Investigación Científicas* N°5.
- Torres Robles, S. S. y Arturi, M. F. (2009). Variación de la composición y riqueza florística en los talares del Parque Costero del Sur y su relación con el resto de los talares bonaerenses. En Athor (Ed.) *Parque Costero del Sur. Naturaleza, Conservación y Patrimonio Cultural*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Tsoar, H. (2001). Types of Aeolian Sand Dunes and Their Formation. En Balmforth & Provenzale (Eds.) *Geomorphological Fluid Mechanics*. Berlin: Springer, pp. 403-429.
- Vega de Seoane, C., Gallego Fernández J. y Vidal Pascual C. (2007). Manual de restauración de dunas costeras. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas, España, 252 pp.
- Villanova, I., Prieto, A. R. y Stutz, S. (2006). Historia de la vegetación en relación con la evolución geomorfológica de las llanuras costeras del este de la provincia de Buenos Aires durante el Holoceno. *Ameghiniana* 43(1):147-159.
- Violante, R. A. (1992). Ambientes sedimentarios asociados a un sistema de barrera litoral del Holoceno en la llanura costera al sur de Villa Gesell, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47(2):201-214.
- Violante, R. A. y Parker, G. (2004). The post-last glacial maximum transgression in the de la Plata River and adjacent inner continental shelf, Argentina. *Quaternary International* 114(1):167-181.
- Violante, R. A., Parker, G. y Cavallo, J. L. (2001). Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la Bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56(1):51-66.
- Von Schiller D. (2008). Implications of Global Change for stream nitrogen and phosphorus retention in a Mediterranean catchment. Dissertation Ph.D. Biology. Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Weiler, N. E. (2000). Evolución de los depósitos litorales en Bahía Anegada, Provincia de Buenos Aires, durante el Cuaternario tardío. Tesis del Master en la Universidad de Buenos Aires.
- Williams, J. D. y Kacoliris, F. (2011). *Squamata, Scincidae, Mabuya dorsivittata* (Cope, 1862): distribution extension in Buenos Aires province, Argentina. *Check List* 7:388.

Sobre los Autores

Germán R. Bértola es Licenciado en Geología y Doctor en Ciencias Naturales recibido en Universidad Nacional de La Plata. Docente de la Universidad Nacional de Mar del Plata e investigador del CONICET. Actualmente desempeña sus actividades en el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario y en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Mar del Plata). Se ha especializado durante 25 años en la sedimentología, geomorfología y dinámica costeras, en la erosión de playas, acantilados y médanos, y en las formas de mitigar su degradación.

Julio Luis del Río es Licenciado en Geología y Doctor en Ciencias Naturales recibido en la Universidad Nacional de La Plata. Docente e investigador de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Desempeña sus actividades científicas en el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario y es el actual Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Se ha especializado en el campo de los procesos litorales y de la geología ambiental desde 1980.

Bernardo Daniel Taverna es Licenciado en Ciencias Biológicas recibido en la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se encuentra terminando sus estudios doctorales en la misma unidad académica dentro del Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario como becario de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Durante su doctorado se ha especializado en el estudio del impacto ambiental de la actividad minera de arenas y su relación con la conservación de ecosistemas y su biodiversidad.

M. Cecilia Mantecón es Abogada y Doctora en Derecho de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Trabaja en el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMDP-CIC). Es Investigadora de la UBACyT (UBA) en el Instituto de Investigaciones Jurídicas y Sociales "Dr. A. Gioja" (UBA) y docente en la Universidad Tecnológica Nacional y en la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se ha especializado en temas de protección y gestión costera desde el Derecho Ambiental.

Daniel Antenucci es Doctor en Ciencias Biológicas egresado de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Docente de la mencionada Universidad e investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Actualmente ostenta el cargo de Vicerrector de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Fernando Enrique Piantanida es Licenciado en Geología de la Universidad Nacional de la Plata. Se desempeñó como Secretario Privado de la Subsecretaría de Desarrollo Sustentable de la Secretaría de Política Ambiental. Actualmente desarrolla sus actividades en Planta Profesional en la Subsecretaría de Minería de la Provincia de Buenos Aires, cumpliendo funciones de Jefe del Departamento Geología.

