

Geodiversidad pampeana: Geomorfología y conservación de los paisajes de dunas costeras

Godiversidade pampeana: Geomorfologia e conservação das paisagens de dunas costeiras

Geodiversity in Pampas: Geomorphology and conservation of coastal dunes landscapes

A.L. Monserrat^{1,*}, J.O. Codignotto^{1,2}

Recebido em 15/02/2012 / Aceite em 16/07/2012

Disponível online em Julho de 2012 / Publicado em Junho de 2013

© 2013 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Artigo original
Original article

Resumen: En este trabajo se realiza una aproximación a la geodiversidad y el estado de conservación de la costa pampeana de Buenos Aires mediante el desarrollo de un estimador indirecto cualitativo, basado en variables geomorfológicas. Se analizaron imágenes de satélite y se efectuó reconocimiento en campo para la definición de paisajes según el patrón geomorfológico. Las variables de delimitación y caracterización utilizadas fueron: orientación y forma de la línea de costa; forma, textura y arreglo espacial de la vegetación; cantidad, disposición espacial y tipos de geoformas según el agente modelador y la dinámica; signos del estado dinámico del borde costero. Se calculó el porcentaje relativo de superficie correspondiente a áreas urbanas, rurales, forestales y en estado nativo, y se estimó el área protegida legalmente. Finalmente se elaboró un índice de diversidad geomorfológica, un índice de geodiversidad y otro de nivel de protección de la geodiversidad para cada paisaje. Se trabajó con la Región Costera Oriental y la Región Costera Austral (RCO y RCA) por poseer los principales campos de dunas. Éstas se subdividieron en paisajes: orientales norte y sur, y australes este, centro-este, centro, centro-oeste y oeste, respectivamente. Las regiones se diferenciaron por su orientación y extensión, pero principalmente por la calidad de los campos de dunas presentes. Se encontró que la casi totalidad de la RCO presenta modificaciones antropogénicas, y que la RCA posee la mayor parte de la geodiversidad, aunque se encuentra desprotegida legalmente en su gran mayoría. El porcentaje de área modificada por acción antrópica parece disminuir hacia el sudoeste, mostrando un patrón opuesto al de la geodiversidad, que aumenta hacia el sudoeste.

Palabras clave: dunas costeras, geomorfología, regionalización, pampas, áreas protegidas, Argentina.

Resumo: Neste trabalho realiza-se um estudo à geodiversidade e ao estado de conservação da costa pampeana de Buenos Aires com o desenvolvimento de um estimador indirecto qualitativo, baseado em variáveis geomorfológicas. Analizaram-se imagens de satélite e efectuaram-se reconhecimentos de campo para a definição de paisagens segundo o padrão geomorfológico. As variáveis de delimitação e caracterização utilizadas foram: orientação e forma da linha de costa; forma, textura e arranjo espacial da vegetação; quantidade, disposição espacial e tipos de geoformas segundo o agente modelador e a dinâmica; evidências do estado dinâmico da borda costeira. Calculou-se a percentagem relativa correspondente a áreas urbanas, rurais, florestais e o estado original, e estimou-se a área protegida legalmente. Finalmente, elaborou-se um índice de diversidade geomorfológica, um índice de geodiversidade e outro do nível de protecção da geodiversidade para cada paisagem. Trabalhou-se com a Região Costeira Oriental e a Região Costeira Austral (RCO e RCA) porque possuem os principais campos dunares. Estas subdividiram-se em paisagens: orientais norte e sul, e austral este, centro-este, centro, centro-oeste e oeste, respectivamente. As

regiões diferenciaram-se pela sua orientação e extensão, mas principalmente pela qualidade dos campos dunares presentes. Verificou-se que a quase totalidade da RCO apresenta modificações antrópicas e que a RCA possui a maior parte da geodiversidade, embora se encontre desprotegida legalmente na sua grande maioria. A percentagem de área modificada pela acção antrópica parece diminuir para sudoeste, mostrando um padrão oposto da geodiversidade, que aumenta para sudoeste.

Palavras-chave: dunas costeiras, geomorfologia, regionalização, pampas, áreas protegidas, Argentina.

Abstract: This work presents an approach to the geodiversity and the conservation of the Pampas coast conservation in Buenos Aires, by means of the development of a qualitative indirect estimator based on geomorphological variables. Satellite images and field samples were analyzed in order to define the landscapes according to the geomorphological pattern. Demarcation and characterization variables used were: coastline shape and orientation; form, texture and spatial arrangement of vegetation; geoforms type, quantity, and spatial arrangement according to the agent modeler and the dynamics; evidence of the dynamic state of the coastline - retreating, accretion or stationary. The relative percentage of surface corresponding to urban, rural, forest and native areas was calculated and the total area legally protected was determined. Three indexes were developed for each landscape to estimate: geomorphology, geodiversity and geodiversity preservation. The work analyzes the Oriental Coastal Region and the Austral Coastal Region (RCO and RCA respectively) because they enclose the main dune fields. These regions were subdivided in landscapes: Oriental North and South, and Austral East, Center - East, Centre, Centre-West and West. Regions differed by their orientation and extension, but mainly by the quality of the present dune fields. It was found that almost the totality of the RCO presents anthropogenic modifications, and the RCA has the largest part of geodiversity, although its major surface is legally unprotected. The percentage of area modified by human action appears to decrease towards the Southwest, showing a pattern opposite to geodiversity, which increases towards the Southwest.

Keywords: coastal dunes, geomorphology, regionalization, pampas, protected areas, Argentina.

¹Grupo de Investigación en Sistemas Ambientales Complejos (ISAC), Buenos Aires, Argentina. Url: <http://www.grupoisac.com.ar>

²Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Consejo Nacional de Ciencia y Técnica (CONICET), Av. Julio A. Roca 651, Piso 10. Ciudad de Buenos Aires, Argentina,

*Autor correspondente/Corresponding author: anmonserrat@grupoisac.com.ar



1. Introducción

1.1. La Geodiversidad

A partir de la llamada Declaración de Girona (Durán *et al.* 1998), la geología amplió sus horizontes incluyendo conceptos como geodiversidad y geoconservación, dando a luz a una interdisciplina: la Geología Ecológica. El término geodiversidad fue inicialmente definido en 1991 durante una reunión internacional de geoconservación (Carcavilla *et al.* 2007), con lo que Durán *et al.* (1998) lo definieron como el paralelo de biodiversidad: variedad geológica. Estos autores analogan este concepto a un puzzle (rompecabezas) de piezas, entendiéndolo como una imagen de la diversidad geológica: “una región o territorio será más rico en geodiversidad cuantas más piezas del puzzle que se pretende representar contenga o se hayan descubierto” (Durán *et al.* 1998, 70). De las múltiples definiciones de geodiversidad que se encuentran en la literatura, las más utilizadas al momento por ser consideradas más completas y con más matices que las demás (Carcavilla *et al.* 2007) son las surgidas a partir de las revisiones sobre el tema realizadas por Gray (2005) y Nieto (2001). Éstas revisiones son tal vez las más citadas en la bibliografía de habla inglesa e hispana respectivamente. Nieto (2001) presenta un punto de vista integrador de la geodiversidad, con énfasis en elementos culturales: “el número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas), materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica”. Por su parte, Gray (2005) toma una perspectiva más física, considerando que la geodiversidad es “el rango natural de diversidad de rasgos geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (formas del terreno y procesos) y suelos, incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas” (Gray, 2005). Carcavilla *et al.* (2007, 2008) indican que esta definición refleja la habitual distinción que hacen los anglosajones de geología, geomorfología y edafología como componentes del medio natural abiótico. Sin embargo, no existe en la actualidad consenso internacional con respecto a la definición del término, aunque Carcavilla *et al.* (2007) analizan las definiciones hasta el momento para extraer la esencia del concepto, concluyendo que “por geodiversidad se entiende, fundamentalmente, la diversidad geológica, con relación a los rasgos geológicos presentes en un lugar y a cómo éstos ilustran la evolución geológica del mismo” (Carcavilla *et al.* 2007, 134).

Pese a que el desarrollo de este tópico aún es incipiente, su utilidad es evidente y particularmente versátil. Uno de los desafíos que representa el estudio de la geodiversidad es su estimación. Tal vez como consecuencia de la versatilidad del concepto, las variables a considerar para su cuantificación aun no han sido consensuadas. Siguiendo enfoques en la línea de Gray (2005) o de Nieto (2001), algunos autores utilizan variables geofísicas para su estimación (Serrano *et al.* 2009, Carcavilla *et al.* 2007, 2008), mientras que otros incorporan valores intangibles (Bruschi 2007) e incluso otorgan más relevancia a los factores culturales (Stanley 2000, Brilha 2002, del Ramo Jiménez *et al.* 2003). En este trabajo intentaremos seguir el enfoque propuesto por Carcavilla *et al.* (2007): “El estudio de la geodiversidad se centrará en analizar qué elementos geológicos están presentes en esa región. Además, no sólo se estudiarán de manera independiente, sino que también se analizará su distribución y la relación entre ellos. Mediante este estudio, la geodiversidad puede ser medida y valorada para su comparación entre áreas diferentes.” (Carcavilla *et al.* 2007, 134).

1.2. Geomorfología y Ecología en Zonas Costeras

La delimitación de unidades espaciales y el reconocimiento de escalas de trabajo constituyen dos desafíos relacionados con la estimación de la geodiversidad (Serrano *et al.* 2009). En la ecología

se estudia usualmente la biodiversidad de grupos determinados de especies dentro de áreas delimitadas en función de la escala de estudio, pero encontrar un equivalente a “grupo de especies” en geología resulta bastante utópico. Sin embargo, la ecología regional ha lidiado desde hace décadas con este problema, ya que la misma trabaja con regiones y unidades de paisaje, las cuales incluyen tanto los elementos geológicos como los biológicos de un determinado espacio y sus límites están mayormente definidos por procesos geo-biológicos (Forman 1995, Solón 2005).

Por otra parte, la ecología regional ha encontrado caminos muy fructíferos para el estudio de los ecosistemas mediante la delimitación de zonas o regiones en función de determinadas características de interés, es decir la zonificación o regionalización. Dado que numerosos estudios coinciden en afirmar que los paisajes de dunas poseen ecosistemas con límites significativamente visibles a diferentes escalas, resulta apropiado efectuar zonificaciones en los mismos (Doing 1985, Van der Maarel 1993, Pfadenhauer 1993). Cuando las zonas delimitadas constituyen “paisajes” (Forman 1995), este proceso se denomina regionalización.

La meta de este trabajo es esbozar un enfoque interdisciplinar que utilice explícitamente herramientas provenientes de la ecología regional (regionalización, zonificación) y de la geomorfología para una redefinición de la diversidad natural y su aplicación a la conservación de los recursos naturales en una área costera. Sin pretender ser los primeros en realizar un enfoque interdisciplinar, buscamos aplicar el concepto de geodiversidad al manejo de ambientes costeros.

El objetivo de este trabajo es entonces realizar una aproximación a la geodiversidad de la costa pampeana de Buenos Aires, Argentina, mediante el uso de un estimador indirecto cualitativo, basado en variables geomorfológicas. Asimismo, buscamos utilizar esa estimación como herramienta para el análisis regional del estado de conservación de los recursos naturales de cada paisaje de dunas costeras en la zona estudiada.

2. Area de Estudio

El área de estudio abarca el sector de dunas costeras de Buenos Aires, Argentina, que queda enmarcado dentro de la macro-región Costera Pampeana (sensu Dadon y Matteucci 2006), específicamente la zona costera comprendida entre las localidades de Punta Rasa (35° 17' S; 56° 46' W) y Punta Alta (38° 55' S; 62° 03' W).

El clima es de tipo mesotermal subhúmedo- húmedo en el este, pasando a subhúmedo seco hacia el oeste (Burgos y Vidal 1951). La amplitud térmica es de 12-14 °C, con 20-22 °C de promedio en el mes más cálido (Enero) y 7-8 °C en el más frío (Julio). La precipitación total anual varía entre 1000 mm en el extremo NE a 500 mm en el extremo SO (Burgos 1968). Los vientos predominantes son los provenientes del SO-O, denominados “Pampero”, y las tormentas que provienen del SE, denominadas “sudestadas”. Estos, sumados a la brisa marina, son los principales responsables por la formación de dunas; sin embargo, en las últimas décadas se ha observado un aumento en los vientos desde el E-NE (Codignotto *et al.* 2012).

Toda la zona corresponde a una costa de margen pasivo, con una extensa plataforma continental y localizada entre las cuencas del Río Salado y el Río Colorado, constituyendo un área de neotectonismo positivo (Codignotto *et al.* 1992). Tres ríos atraviesan los campos de dunas, ambos en su zona austral: el Río Quequén Grande, el Río Quequén Salado y el Río Sauce Grande. El régimen de mareas es semidiurno con desigualdades diurnas, con un rango de mareas micromareal (menor a 2 m). La corriente de deriva litoral acompaña el contorno costero, en la zona austral

hacia el E y en la zona oriental hacia el N (Codignotto *et al.* 1993).

Los campos de dunas activas se extienden en general hasta aproximadamente los 4 km tierra adentro desde la playa, sobre sedimentitas. En el sector norte, estos campos de dunas se emplazaron sobre lagunas costeras y marismas de agua dulce correspondientes al Pleistoceno-Holoceno (Codignotto *et al.* 1993). Dichos campos de dunas fueron denominados en su conjunto como Barrera Medanosa Oriental. Más al sur, un proceso análogo generó la denominada Barrera Medanosa Austral, sobre viejos acantilados labrados en sedimentos del Plioceno-Pleistoceno (Quatrocchio *et al.* 2008). Ambas barreras poseen diferencias morfológicas (principalmente la pendiente de la planicie costera) y evolutivas que las distinguen, están sujetas a y originadas bajo diferentes condiciones climáticas (Isla *et al.* 2001).

La zona comprende la porción costera de la Región Fitogeográfica Pampeana (Morello 1995; Cabrera 1971), se ubica en el borde costero de la Provincia Pampeana, Distritos Pampeano Austral y Pampeano Oriental, lindante hacia el oeste con la Provincia del Espinal. Por su posición sobre el borde costero y las particulares condiciones ambientales, en la zona de estudio no hay comunidades clímax, sino predominantemente comunidades edáficas, es decir comunidades de estrecha dependencia con el tipo de suelo (Cabrera 1941, 1971). A su vez, las barreras medianosas definidas por Isla *et al.* (2001) están caracterizadas florísticamente por comunidades vegetales distintivas, con lo cual pueden pensarse como dos regiones ecológicas diferentes (Monserrat 2010).

3. Materiales y Métodos

3.1. Preparación del material

Se utilizaron imágenes satelitales Landsat 7 ETM (resolución espacial de 30m) correspondientes a enero-marzo de 2003 por poseer baja densidad de nubes y ser las imágenes más accesibles y recientes al momento de iniciar la investigación. Para el procesamiento de las imágenes se utilizó el programa ENVI 3.6 (Research Systems 2002).

3.2. Delimitación de paisajes

Se identificó el patrón espacial de paisaje correspondiente a geoformas modeladas por viento o mar (es decir: planicies de marea, cordones litorales, acantilados, campos de dunas, playas, y cuerpos de agua asociados), se delimitó el área y se la definió como "costa". En el caso en que el paisaje se vio interrumpido por modificaciones urbanas se continuó la línea de límite por deducción del patrón original de paisaje. Las variables de delimitación de regiones y paisajes correspondieron a cambios en el patrón espacial geomorfológico, específicamente a cambios visibles en: 1- orientación y forma de la línea de costa; 2- cantidad, disposición espacial y tipos de geoformas según su agente modelador y según su dinámica; 3- forma, textura y arreglo espacial de los parches de vegetación; 4- signos del estado dinámico del borde costero (en retroceso, en acreción o estacionario). Se calculó el área total de cada región y de sus respectivos paisajes. Los bosques de dimensiones menores a 30 píxeles de diámetro (900 m) no se consideraron por confundirse con el relieve de las geoformas naturales en la escala de trabajo.

3.3. Caracterización de paisajes

Cada paisaje se caracterizó según su geomorfología: tipo de geoformas presentes, ancho de playa, forma de la línea de costa, arreglo espacial de los parches de vegetación (tipo de distribución, tamaño, continuidad, textura, forma), densidad y forma de los cuerpos de agua. Luego se agregaron variables antropogénicas: forestaciones, caminos, centros urbanos.

3.4. Confirmación de la información remota

Se efectuó reconocimiento a campo de las variables de caracterización a lo largo de cuatro años (2005-2009). Las localidades que presentaron mayor extensión y/o menor modificación antropogénica que su entorno fueron relevadas con mayor esfuerzo de muestreo: área de dunas entre Pehuen-có y Monte Hermoso, costa de Coronel Dorrego, Costa de San Cayetano, campo de dunas de Mar Chiquita, Punta Médanos y Costa Chica (Fig. 1). Para complementar la validación en campo, se recopilaron las publicaciones disponibles concernientes a geomorfología, vegetación y fauna, y se solicitó información en los municipios, en el Ministerio de Asuntos Agrarios y el OPDS (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible).

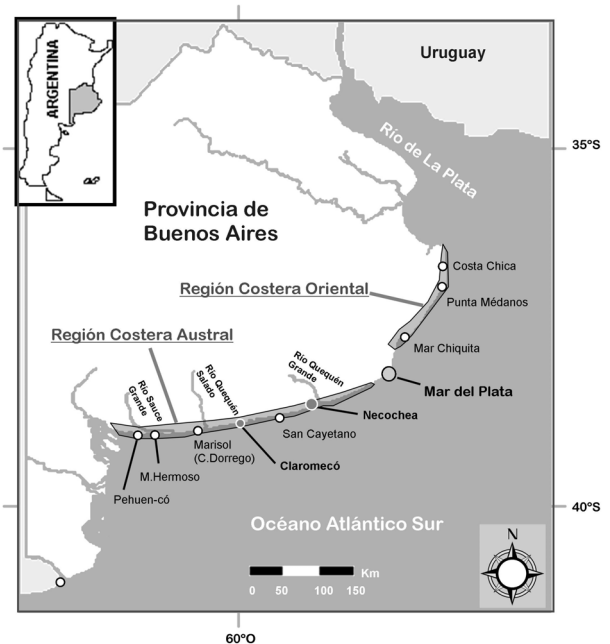


Fig.1. Área de estudio, Provincia de Buenos Aires. El área aproximada que ocupan las regiones costeras Oriental y Austral se muestran con sombreado gris. Se señalan los puntos de muestreo con círculos blancos y las ciudades principales con círculos grises.

Fig.1. Área de estudio, Provincia de Buenos Aires. A área aproximada coberta pelas regiões costeiras Orientais e Austrais está sombreada a cinzento. Os círculos brancos mostram os locais de amostragem e os cinzentos mostram as principais cidades.

Fig.1. Study Area, Buenos Aires Province. The approximate area covered by Oriental and Austral coastal regions is shaded in grey. The white circles show the sample sites and the grey circles show the main cities.

3.5. Estimación de Geodiversidad y su estado de conservación

Para la estimación de la geodiversidad, se desarrollaron índices originales. A partir de Carcavilla *et al.* (2007) nombramos con la letra C al número de clases de geoformas y G a la geodiversidad. Sin embargo los índices que presentamos se diferencian de los propuestos por Carcavilla *et al.* (2007) por estar ponderados en función de dos variables: la cantidad de clases posibles de geoformas (número de clases definidas para la región) y de la proporción de área natural presente en el paisaje estudiado (proporción de área no modificada sobre el total de la superficie del paisaje). La primer ponderación tiene como objeto disminuir la subjetividad del índice relacionada con el nivel de detalle de la clasificación geomorfológica; la segunda ponderación busca representar dentro del índice la importancia de la modificación antropogénica del paisaje.

Se calculó el área de cada paisaje, excluyendo el mar y los elementos de origen antrópico (de aquí en más área “nativa”), y se determinó el área ocupada por terrenos correspondientes a Reservas Naturales Provinciales o Municipales. Luego, se enumeraron todos los tipos de geoforma identificados en la caracterización considerando los procesos eólico, fluvial y marino, y se ponderó según su abundancia en el paisaje, asignando un valor entre 0 y 3 a cada tipo de geoforma en cada paisaje (0 = no está presente; 1= está presente pero no domina la superficie; 2= comparte dominancia de la superficie con otros tipos de geoformas; 3= domina la superficie). Con los datos de superficie nativa y protegida, y el valor de abundancia relativa de tipos de geoforma, se elaboró un índice estimador de la geodiversidad, al cual denominamos con la letra “G”:

$$(1) \quad G_i = (C_i/C_{max}) * (AN_i/At)$$

donde C_i es la cantidad de clases de geoformas encontradas en el paisaje i ; C_{max} es el número de clases totales encontrado en la región; AN_i es el área nativa del paisaje i ; At es la superficie de todo el paisaje considerado.

Finalmente, como estimador de geodiversidad protegida se desarrollo otro índice, en el cual ponderamos el valor en función de la cantidad de superficie del paisaje que posee protección legal, al cual denominamos “ G_p ”:

$$(2) \quad G_p = G_i * (AN_p/AN_i) = (C_i/C_{max}) * (AN_p/At),$$

donde AN_p es la superficie que cuenta con protección legal dentro del paisaje i . Este índice tiene como objeto representar el nivel de protección vigente que posee la geodiversidad del paisaje en cuestión.

Tanto G como G_p tienen como valor máximo a 1, el cual significa en el primer caso que toda la superficie es nativa y posee la máxima diversidad geomorfológica de la costa, y en el segundo caso que además toda el área está protegida legalmente.

4. Resultados y Discusión

4.1. Resultados generales

Se identificaron 4 regiones correspondientes a grandes unidades geomorfológicas en toda el área de estudio: la Región Costera Oriental (que comprende la Barrera Medanososa Oriental) y la Región Costera Austral, que comprende a la Barrera Medanososa Austral y geoformas asociadas (de aquí en más RCO y RCA) se eligieron como objeto de análisis por poseer los principales campos de dunas (Fig 1). Estas regiones se subdividieron en: paisaje oriental norte y sur (ON y OS, Fig 2), y paisajes australes este, centro-este, centro, centro-oeste y oeste (AE, ACE, AC, ACO y AO respectivamente, Fig 3). Las otras dos regiones, Región de la Albufera Mar Chiquita y la Región Marplatense (que constituye los afloramientos rocosos de Mar del Plata) quedaron fuera del análisis en este trabajo.

Las RCO y RCA se diferenciaron por su orientación y extensión, pero principalmente por la calidad de los campos de dunas presentes. La casi totalidad de la RCO presenta modificaciones antropogénicas, incluso la zona considerada “nativa” en este estudio presenta una textura con relieves rectilíneos que indican caminos y tránsito vehicular. Una significativa excepción a este hecho es la zona correspondiente a las reservas naturales de Mar Chiquita y Faro Querandí, en el paisaje OS, donde se observan geoformas activas bien desarrolladas. La RCA, en cambio, presenta una morfología más acorde con los procesos geomorfológicos nativos en casi toda su extensión. La anchura de la región varía notablemente, contando con un kilómetro de ancho en el este (paisaje AE) y superando

los 8 Km. de ancho en los paisajes del centro y el oeste (AC, ACO y AO). Asimismo varía la extensión de los paisajes de la región sobre la línea de costa, desde aproximadamente 30 Km. (paisaje ACO) hasta 80 Km. (paisaje ACE). El desarrollo de los campos de dunas inactivas alcanza su máxima heterogeneidad en la costa del Partido de Coronel Dorrego (paisaje AC), donde se visualizan claramente tres franjas de dunas interrumpidas por cordones litorales, arroyos y lagunas; allí el nivel de modificación antropogénica llega al mínimo de toda el área de estudio. Estos campos inactivos de dunas se continúan hacia el oeste, desapareciendo en la zona del balneario Monte Hermoso y reapareciendo en Pehuén-có hasta el límite oeste de la región.

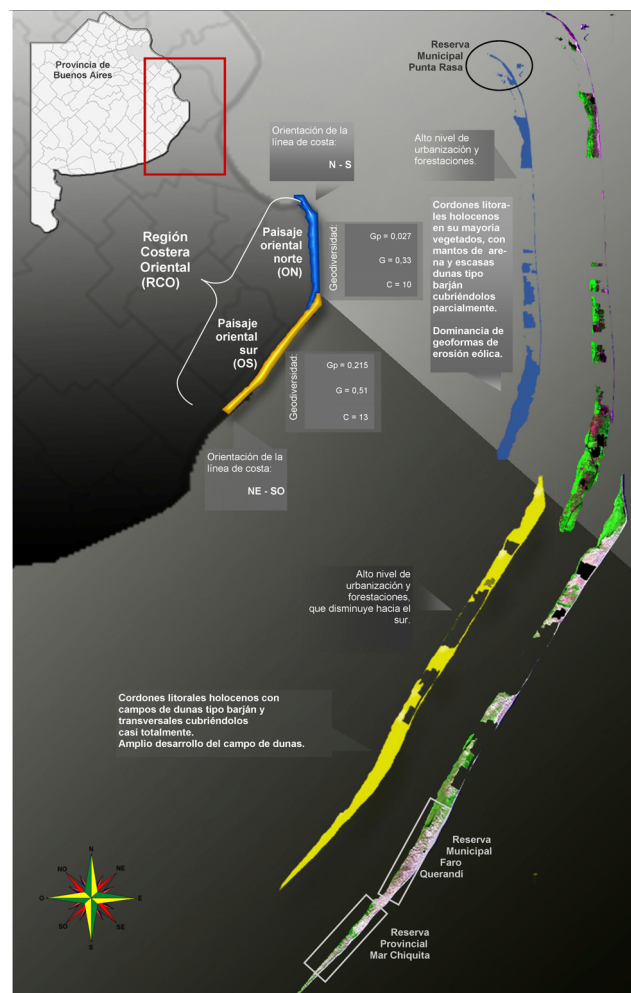


Fig.2. Infografía de la Región Costera Oriental. Se resume la caracterización y el análisis de la geodiversidad de cada paisaje. En colores plenos se observa la silueta de cada paisaje (en su sitio correspondiente) y de la superficie nativa (movida aparte). Junto a esta se presenta la imagen satelital original procesada (bandas 752). También se señala la ubicación de las reservas naturales. G_p = geodiversidad protegida, G = geodiversidad, C = número de clases geomorfológicas.

Fig.2. Infografía da Região Costeira Oriental. Encontra-se resumida a caracterização e a análise da geodiversidade em cada paisagem. A forma de cada paisagem (no seu sítio correspondente) e a superfície original (à parte) é evidenciada em cores fortes. Junto a esta, apresenta-se a imagem de satélite processada (bandas 752). Também se assinalam as reservas naturais. G_p = geodiversidade protegida, G = geodiversidade, C = número de classes geomorfológicas.

Fig.2. Oriental Coastal Region infography. The characterization and the geodiversity analysis on each landscape are summarized. The shape of each landscape (at its corresponding site) and the native surface (moved apart) is shown in solid colors. Next to the native surface shape, the original satellite image processed (bands 752) is shown. The natural reserves location is also marked. G_p = protected geodiversity, G = geodiversity, C = number of geomorphological classes.

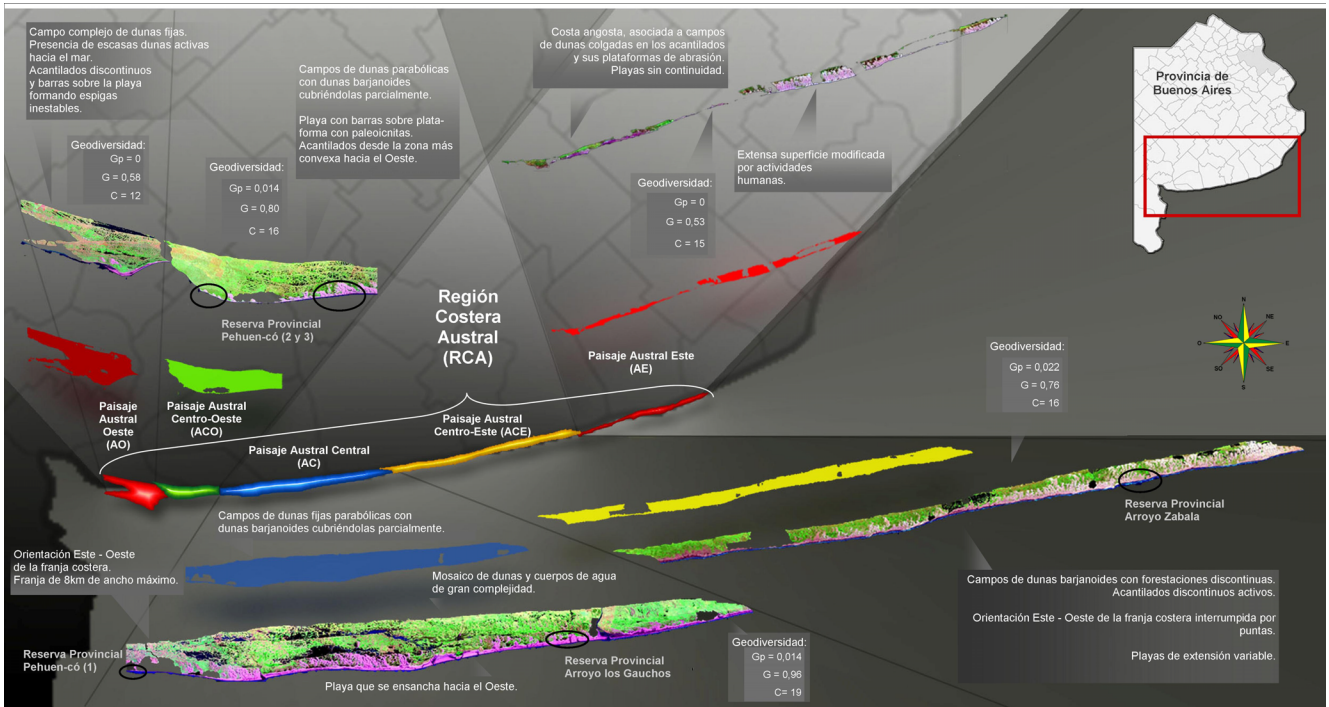


Fig.3. Infografía de la Región Costera Austral. Se resume la caracterización y el análisis de la geodiversidad de cada paisaje (en su sitio correspondiente) y de la superficie nativa (movida aparte). Junto a esta se presenta la imagen satelital original procesada (bandas 752). También se señala la ubicación de las reservas naturales. Gp = geodiversidad protegida, G = geodiversidad, C = número de clases geomorfológicas.

Fig.3. Infografia da Região Costeira Austral. Encontra-se resumida a caracterização e a análise da geodiversidade em cada paisagem. A forma de cada paisagem (no seu sítio correspondente) e a superfície original (à parte) é evidenciada em cores fortes. Junto a esta, apresenta-se a imagem de satélite processada (bandas 752). Também se assinalam as reservas naturais. Gp = geodiversidade protegida, G = geodiversidade, C = número de classes geomorfológicas.

Fig.3. Austral Coastal Region infography. The characterization and the geodiversity analysis on each landscape are summarized. The shape of each landscape (at its corresponding site) and the native surface (moved apart) is shown in solid colors. Next to the native surface shape, the original satellite image processed (bands 752) is shown. The natural reserves location is also marked. Gp = protected geodiversity, G = geodiversity, C = number of geomorphological classes.

4.2. Delimitación de paisajes

El criterio para la delimitación en la RCO fue la orientación de la línea de costa y la presencia de campos de dunas activas de desarrollo pleno. En la RCA se usaron principalmente tres variables de delimitación: el grado de desarrollo de los campos de dunas activas, la forma de la línea de costa y la presencia de campos de dunas inactivos. El límite entre los paisajes AC y ACO es menos definido, pues se observa indirectamente un cambio gradual en la geomorfología y la vegetación, posiblemente asociado a las características subterráneas de los paisajes. Por este motivo, se utilizó como criterio de delimitación la presencia de una plataforma de abrasión en el frente costero, que constituye un afloramiento que emerge en la zona playa y que podría continuar por debajo del campo de dunas. Se tomó una línea recta en dirección N-S en donde se observa dicho afloramiento: al este de la misma el paisaje se definió como AC, y al oeste como ACO.

Los detalles de la delimitación se presentan en la tabla 1. A continuación se presenta la caracterización de ambas regiones: primero una descripción general de cada paisaje y luego el análisis de los procesos geomorfológicos históricos y actuales. Una síntesis de la misma y miniaturas de las imágenes satelitales procesadas se presentan en los Apéndices 1a y 1b para la RCO y RCA respectivamente.

4.3. Caracterización de paisajes de la Región Costera Oriental

La RCO constituye una barrera medanosa casi continua desde

Punta Rasa hasta la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, abarcando una superficie total de 529,42 Km² (Montserrat 2010). Esta región presenta dos patrones geomorfológicos superpuestos que se corresponden con momentos históricos diferentes. El patrón actual presenta en su superficie campos de dunas, donde el proceso modelador principal es el eólico (Isla *et al.* 2001). Estas dunas se encuentran recostadas sobre un segundo patrón conformado por cordones litorales que forman espigas (flechas) divergentes, donde el proceso principal modelador es el marino (Codignotto y Aguirre 1993, Violante *et al.* 2001, Villanova *et al.* 2006). La localidad de Punta Médanos (Fig 1) representa el punto de inflexión en el cual cambia de orientación general de la línea de costa, pero la localidad de Villa Gesell, más al sur, constituye el origen histórico de las espigas (Codignotto y Aguirre 1993). El alto nivel de modificación antropogénica por trazado de caminos, desarrollo urbano e introducción de especies vegetales exóticas ha sido intenso, por lo cual es menester incluir un tercer momento histórico en el modelado de este paisaje, en el siglo XX, donde la actividad humana actúa como principal agente, especialmente en el paisaje ON.

4.3.1 Geoformas de origen eólico

Dentro de las geoformas de acumulación eólica se encuentran representados los montículos de arena (hummocky dunes), barjanes, crestas barjanoides y dunas transversales. Isla *et al.* (2001) reconoce tres generaciones sucesivas de dunas en la región: la primera hace 6000-4000 años, la segunda hace 3500-3000 años y la más moderna de hace 1600-500 años. Estos ciclos

de generación y regeneración se corresponderían con un patrón a escala global asociado a los ascensos y descensos del nivel del mar (Isla *et al.* 2001). Los campos de dunas generados así, habrían cubierto las espigas y en particular la última generación parece cubrir los sedimentos de antiguas lagunas en el paisaje OS, adyacente a la Región de la Albufera de Mar Chiquita.

Tabla 1. Variables de delimitación utilizadas para definir los límites de para cada paisaje. Se informa el punto de GPS de los límites sobre la rivera de cada paisaje.

Tabela 1. Variáveis de delimitação utilizadas para definir os limites de cada paisagem. Informa-se o ponto GPS dos limites do mar em cada paisagem.

Table 1. Delimitation variables used to define each landscape limits. The GPS point of the seaward limit of each landscape is shown.

Región	Paisaje	Límite norte/este	Límite sur/oeste	Criterio de delimitación		
				sobre la rivera	sobre el continente	
RCO	ON	36°17'44" S	56°46'38" O	Costa con orientación general N-S.	Límite de los campos de arena que se encuentran sobre cordones litorales holocenos con orientación noroeste.	
	OS	36°47'39" S	56°40'33" O		Límite de los campos de arena que se encuentran sobre cordones litorales holocenos con orientación sudoeste.	
RCA	AE	38°26'44" S	58°13'54" O	Sector de acantilados activos. Línea de costa convexa.	Manto de arena.	
	ACE	38°40'55" S	58°01'52" O	Costa sin curvatura general pero con puntas.	Campos de dunas escalfados.	
	AC	38°53'14" S	60°15'26" O	Costa de curvas muy leves y sin puntas. Orientación E-O.	Campos de dunas parabólicas con cunas de diversa morfología cubriéndolas parcialmente.	
	ACO	38°59'21" S	61°21'09" O	Costa convexa con plataforma de abrasión.	Campos de dunas parabólicas bien definidas.	
	AO		38°58'05" S	61°41'38" O	Costa cóncavo-convexa; de este a oeste con cordones litorales (Bahía Reda) y plataforma (Punta Tejada).	Campos de dunas fijas complejos.
			61°41'38" O	62°02'40" O		

En el paisaje ON 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 dos cordones de dunas aislados en parches no urbanizados cercanos a la playa, uno en el centro-norte y uno en el sur. El paisaje OS en cambio, se caracteriza por un claro desarrollo de campos de dunas, donde predominan las crestas barjanoides (con la pendiente a sotavento hacia el norte) y en la mayor parte de los casos se observan dunas transversales con inversión de cresta hacia el sur, hecho previamente observado por Isla *et al.* (2001). Estas geoformas se aprecian con mayor plenitud en un parche en el norte del paisaje OS, y en la zona de las reservas naturales de Faro Querandí y Mar Chiquita. Alrededor de los balnearios (Pinamar, Cariló, Villa Gesell) y sobretodo en torno a las forestaciones más importantes (al norte de las mismas en especial) los campos de dunas desaparecen, quedando mantos de arena. Las geoformas de erosión eólica de dunas en voladura, también llamadas cubetas de deflación o blowouts, se observan con cierta abundancia en toda la región pero con mayor frecuencia en el paisaje ON, lo cual parece asociarse al alto nivel de modificación antropogénica.

4.3.2 Geoformas de origen marino

Las geoformas de acumulación marina presentes son los cordones litorales, formados durante el Holoceno (Codignotto y Aguirre 1993, Violante *et al.* 2001, Villanova *et al.* 2006). El

estudio del ángulo de incidencia de las olas realizado por Kokot (1997) concluye que el modelo hidrodinámico de la costa que habría originado las geoformas marinas de esta región, al parecer estuvo vigente durante los últimos 6000 años. Un paleocabo ubicado al sur de Punta Médanos habría sido el punto de origen a partir del cual crecieron las espigas hacia el SO y N, correspondiendo con la antigua corriente de deriva que divergía en ese punto. En ambos paisajes de la región, las espigas contienen alto material bioclástico y representan geoformas de alta energía (Codignotto y Aguirre 1993). El crecimiento de las espigas en ambas direcciones generó ambientes protegidos del impacto de olas dentro de los cuales dominaron procesos de baja energía (Violante *et al.* 2001) y permitieron la acumulación de sedimentos finos en las regiones adyacentes formando así planicies de mareas (tidal flats). Actualmente, los cordones correspondientes al paisaje ON están parcialmente cubiertos por los campos de dunas, con las puntas de sus espigas interdigitando en el continente. La erosión marina se observa en microacantilados en la mayor parte de los balnearios. El alto nivel de urbanización y forestaciones que presenta la RCO (en especial el paisaje ON), parece tener una relación directa al patrón de erosión marina, pudiendo incluso constituir una relación causal (Codignotto 2004). En el paisaje OS (dentro de la Reserva Provincial de Mar Chiquita) se observa un afloramiento en la playa, el cual, según lo registrado en los recorridos a campo, podría corresponder a un antiguo piso de laguna costera o albufera, concordando con el proceso histórico de colmatación de lagunas costeras que se desarrolla en la región (Villanova *et al.* 2006).

En el paisaje ON se observan signos de erosión neta desde hace más de una década, lo cual sería consecuencia de una disminución en la disponibilidad de sedimentos asociada a la inadecuada explotación de los recursos (Codignotto 2004). En el paisaje OS Kokot (1997) advirtió que el más leve cambio en las condiciones climáticas podría desatar un proceso erosivo, y Codignotto (2004) detectó un proceso netamente erosivo en este paisaje. Nuestro registro de afloramientos en la zona de la reserva de Mar Chiquita confirmarían estas observaciones.

4.3.3 Geoformas de origen fluvial

En cuanto al proceso fluvial, éste no representa un agente modelador significativo del paisaje. La salida al mar de la laguna de Mar Chiquita, en el límite sur de la región, es el único canal de drenaje presente.

4.3.4 Modelaje antropogénico

En las últimas décadas, la dinámica de la región ha sido modificada significativamente por la actividad de fijación, forestación, urbanización y drenaje de los médanos. En los balnearios el escurrimiento del agua de lluvia por la impermeabilización que se realizó del terreno genera arroyos perpendiculares a la línea de costa que terminan seccionando las playas turísticas. Este patrón se observa en la gran mayoría de los balnearios de la región y aceleran el proceso de erosión marina (Codignotto 2004). La urbanización también es causa de escasez o contaminación del acuífero local en la región (Isla *et al.* 2001). Este proceso de modificación antropogénica se evidencia en el paisaje ON claramente, pero el paisaje OS conserva en mucha mayor medida características propias de la dinámica natural del sistema.

4.4. Caracterización de Paisajes de la Región Costera Austral

La región costera austral comprende un complejo de campos de dunas de una extensión total de 1.428,5 Km² (Monserrat 2010). Esta región presenta mayor complejidad estructural en sus

paisajes que la región costera oriental. Se distinguen diferentes generaciones históricas de dunas que, si bien todas corresponden al Cuaternario (Isla *et al.* 2001), la edad de las mismas disminuye en dirección hacia la playa (Cortizo e Isla 2007). La orientación predominante de la costa es E-O y su ancho varía notablemente a lo largo de toda su extensión de manera gradual, con menos de 1 Km. en paisaje AE y un ancho de 8 Km. en los paisajes AC, ACO y AO (Fig 3). El proceso modelador del paisaje que más incide en la región es el eólico, seguido por el marino y el fluvial en mucha menor medida. La modificación antropogénica es notablemente baja en gran parte de la superficie

4.4.1 Geoformas de origen eólico

Las geoformas de acumulación eólica son principalmente diversos tipos de dunas. Las dunas activas se disponen predominantemente sobre el frente costero y las inactivas o semiactivas tienen una ubicación más continental. Las primeras tienen mayormente morfología de dunas transversales, crestas barjanoides, barjanas y montículos, y las segundas son principalmente dunas parabólicas. En la región también se observan mantos de arena con montículos aislados que no llegan a formar dunas y antiguos campos de dunas fijados con vegetación con morfología escasamente definida. La forma de la línea de costa se consideró especialmente en la delimitación y caracterización de los paisajes de esta región debido a que está ligada directamente al estado dinámico del sistema costero, definiendo en gran parte una costa en erosión, en acreción o estacionaria (Komar 1998). El tipo de duna predominante y su distribución espacial caracterizan a su vez a cada paisaje:

- Paisaje AE: tiene como geoforma más representativa un manto de arena que, en donde es más continuo, forma montículos (hummocky dunes) y algunas dunas barjanoides.

- Paisaje ACE: las geoformas más representativas son barjanas y crestas barjanoides. En gran parte del paisaje éstos últimos presentan una morfología de mezcla, donde se observan en sus caras sotavento pequeñas dunas que avanzan en dirección NNE. En donde esta morfología es predominante también se observa mayor densidad de vegetación hacia el continente. En varias zonas se observan diferentes estadios de un proceso de transformación de dunas por fijación natural, en donde pasan de ser barjanas a dunas parabólicas, por inversión de brazos. También se observan campos de muy baja actividad con espacios interdunales amplios y un campo de arena con montículos y dunas parabólicas, discontinuo, que se ensancha hacia el oeste; éste presenta morfologías relictuales (bajos interdunales de campos de dunas previos). Todo ello indicaría que durante la evolución del paisaje hubo una disminución en la disponibilidad de arena y un aumento de humedad del sustrato. Estas observaciones concuerdan con lo obtenido por Cortizo e Isla (2007), quienes estudiaron el sector de este paisaje que queda comprendido entre el Arroyo Zabala y el Arroyo Claromecó. A partir del análisis de imágenes remotas y datos climáticos, estos autores concluyen que la superficie de dunas activas, datadas en alrededor de 840 años AP, se ha reducido desde 1965 hasta el año 2000 y que la morfología de las dunas se modificó a partir de la expansión del área vegetada, ello asociado probablemente a un aumento en las precipitaciones de los '70.

- Paisaje AC: posee campos de dunas más amplios que los demás paisajes de la región, con alta continuidad y un ancho que alcanza los 8 Km. Si bien este paisaje presenta una alta heterogeneidad interna, es posible reconocerlo como un único sistema, complejo. 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 (esta morfología es menos evidente que en el

paisaje ACE). Hacia el oeste se observan campos de dunas activas e inactivas bien desarrollados. Los cuerpos de agua definen el paisaje en gran medida. El Río Quequén Salado (límite entre el Partido de Tres Arroyos y el de Coronel Dorrego) marca el inicio de un campo de dunas inactivo que se continúa hasta el límite oeste del paisaje, que en el oeste se distingue como un campo de dunas inactivas parabólicas, disociadas del campo activo, que se va ensanchando hacia el continente. El Arroyo Los Gauchos (Partido de Coronel Dorrego) da lugar a un relieve cordoniforme que interrumpe el campo activo de dunas que se ubica en la franja más costera de manera continua en casi todo el resto del paisaje. Al oeste del Arroyo Los Gauchos, el campo activo continúa y es más ancho, representado mayormente por dunas transversales aunque también se observan parches con dunas parabólicas activas; allí también se suma hacia el continente un segundo campo inactivo, con una morfología menos definida y gran densidad de cuerpos de agua. El Río Sauce Grande marca un cambio también: hacia el oeste del río (Partido de Monte Hermoso), las dunas del campo activo son de tipo barjanoides a transversales, y el campo inactivo más continental se va afinando al oeste hasta desaparecer. En el límite oeste del paisaje las dunas parabólicas inactivas presentan brazos de gran longitud (en horquilla). La heterogeneidad interna de este paisaje también podría reflejar diferentes momentos históricos.

- Paisaje ACO: se constituye por un extenso campo inactivo de dunas parabólicas, interrumpido hacia la playa por un campo activo. No se observan bajos de gran extensión dentro del área de dunas inactivas. Marcomini *et al.* (2005) reconocen en este paisaje dos campos de dunas inactivos bien diferenciados en función de su textura sedimentaria. Por otra parte, la morfología del campo activo, a diferencia del paisaje AC, es poco definida, pero se observan dunas barjanoides y transversales, con parches donde un manto de arena presenta montículos dispersos y dunas parabólicas activas. Allí las dunas forman un mosaico con cuerpos de agua temporarios. Este campo activo presenta una anchura mucho menor entre los balnearios de Monte Hermoso (Partido de Monte Hermoso) y Pehuen-có (Partido de Coronel Rosales).

- Paisaje AO: el campo de dunas parabólicas que comienza al este, en el paisaje ACO, se desarrolla en este paisaje con mayor complejidad al intercalarse con bajos más extensos de vegetación más densa hacia el oeste. Los campos de dunas inactivas conforman una amplia matriz donde se distinguen pequeños parches interdunales, los cuales parecen contener alta humedad. Los límites entre los diferentes campos inactivos posiblemente correspondan a antiguas líneas de costa. Las dunas activas se encuentran escasamente representadas en este paisaje, concentrándose en el frente costero como parches de dunas de tipo barjanoides que avanzan hacia el SO. El patrón de geoformas eólicas parece indicar en este paisaje una mayor disponibilidad de agua, con un sustrato más húmedo que permite el desarrollo de la vegetación.

Los tres pulsos de generación de dunas que se mencionaron para la RCO tendrían validez también para la región costera austral (Isla *et al.* 2001), pero al parecer los campos inactivos presentes en los paisajes AC y ACO (partidos de Coronel Dorrego, Monte Hermoso y Coronel Rosales) son más antiguos que los campos activos, pero no se cuenta en la actualidad con dataciones de los mismos.

Las geoformas de erosión eólica presentes en la RCA son más abundantes en donde el paisaje es más angosto (paisaje AE). Allí 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 & Cortizo 2005). En los demás paisajes de la región este proceso es menos evidente.

4.4.2 Geoformas de origen marino

Las geoformas de acumulación marina presentes se observan con mayor desarrollo en el paisaje AC, principalmente en el sector del Arroyo Los Gauchos. La línea de costa de la región es ondulada. Las playas presentan barras arenosas paralelas a la línea de costa, principalmente ubicadas en el intermareal, las cuales podrían clasificarse como de tipo II en la clasificación de Geenwood & Davidson-Arnott (1979). Las playas son muy extensas y en algunos sectores se continúan hacia el continente conformando extensas planicies de arena, asociadas al drenaje de los arroyos, cuyo escaso cauce se subsume en las arenas; estas planicies arenosas alcanzan un ancho máximo aproximado de 1 Km en el paisaje AC y pueden presentar lagunas temporales en su parte más continental. En el sector del Arroyo Los Gauchos se observa un relieve cordoniforme, el cual podría interpretarse como sucesiones de cordones litorales (beach ridges) antiguos, que no siguen la actual dirección de la línea de costa, y recientes, que acompañan la línea de costa actual. Hacia el oeste (pueblo Sauce Grande, Partido de Monte Hermoso) la playa presenta nuevamente barras arenosas, también de tipo II. En el paisaje AO también se observan geoformas de acumulación marina, principalmente barras de bahía y cordones litorales. La línea de costa en ese paisaje incluye la Bahía Rada, la cual sería un antiguo meandro erosionado por la acción marina (Cangioli 1992), en la que se reconocen alineaciones en la geomorfología correspondientes a cordones litorales. En el extremo oeste de la bahía (Punta Tejada), se forman barras arenosas en la playa, paralelas a la línea de costa, las cuales presentan periódicamente forma de espigas en gancho (podrían clasificarse como de tipo II también, Geenwood & Davidson-Arnott 1979). Entre los paisajes AC y AO, el paisaje ACO presenta en cambio predominio de geoformas de erosión marina, al igual que ACE y AE.

La erosión marina se observa con más incidencia en el paisaje AE (Partido de Necochea y límite este del Partido de Lobería), en el cual se distinguen acantilados activos sobre los cuales predominan angostos campos de arena con montículos. La erosión marina también se observa, aunque en menor medida, en los paisajes ACE y AC (zona este), con sectores en escarpa de erosión marina que se reducen hacia el oeste, de menor dimensión y mayor discontinuidad que en el paisaje AE. En el paisaje ACE la línea de costa posee puntas que denotan erosión activa, con microacantilados en los sectores urbanizados. En el paisaje AC la costa posee ondulación más suave, y no presenta evidencias de erosión marina, en especial en la zona del Partido de Coronel Dorrego donde presenta indicios de acreción. Las geoformas de erosión marina reaparecen hacia el oeste, en el paisaje ACO, con el afloramiento de una plataforma de sedimentos limo-arcillosos en la zona de playa (Partido de Monte Hermoso). Dicha plataforma posee restos fósiles de interés científico y cultural, y su extensión por debajo del campo de dunas es desconocida. La edad de esta plataforma varía de este a oeste, presentando entre 5000 y 16000 años (Arramayo *et al.* 2002) en el límite este, con afloramientos de unos 7.000 años en Monte Hermoso (Fontana 2004), alrededor de 12.000 años en Pehuen-có (Arramayo y Manera de Bianco 2009) y millones de años en los afloramientos de Farola de Monte Hermoso (Quattrocchio *et al.* 2009).

Los estudios acerca de la evolución de la RCA y la dinámica de su costa se concentran principalmente en la zona de Necochea (paisaje AE), Claromecó (paisaje ACE) y Pehuen-có (paisaje ACO), casualmente todos son paisajes con predominancia de geoformas de erosión marina. Tal vez como causa de ello, gran parte de la bibliografía se refiere a la costa de toda la RCA como naturalmente erosiva o con erosión inducida por alto impacto antrópico en general (Codignotto *et al.* 1993; Isla *et al.* 2001;

Bértola y Cortizo 2005). Excepción a ello son los trabajos de Cangioli (1992) y Fernández *et al.* (2003). Cangioli (1992) analizó la geomorfología de los paisajes ACO y AO, encontrando en el paisaje AO (en Bahía Rada) formas de acreción marina actuales. Fernández *et al.* (2003) mencionan la presencia de barras arenosas en la playa del partido de Monte Hermoso (hacia el este, es decir en el pueblo Sauce Grande). Estos dos estudios coinciden con nuestros resultados. Por otra parte, Marcomini *et al.* (2005) mencionan a su vez un estudio preliminar de Caló *et al.* (1998), realizado en la costa del paisaje ACO, en donde se encontró una tendencia de acreción al este y erosiva al oeste del balneario Pehuen-có (partido de Coronel Rosales). Estos autores también indican la presencia de barras de lavado en Pehuen-có este (Marcomini *et al.* 2005). Consideramos que el afloramiento que constituye la plataforma de abrasión presente bajo la playa del paisaje ACO, compartido por los partidos de Monte Hermoso y Coronel Rosales, posiblemente se encuentre cubierto por barras de acreción durante determinados periodos, y se descubra a causa de eventos erosivos (sudestadas), con lo cual para algunos autores ese sector de la costa está en erosión mientras que para otros está en acreción. Tomando en cuenta las observaciones realizadas en campo, la plataforma de abrasión que contiene paleoicnitas se encuentra en franco retroceso, con lo cual la costa de este paisaje se encuentra en erosión neta.

4.4.3 Geoformas de origen fluvial

El proceso fluvial afecta la región en menor medida, a través de los ríos Quequén Grande (paisaje AE), Quequén Salado y Sauce Grande (paisaje AC). Diversos arroyos atraviesan la región, destacándose el Nutria Mansa (límite este de la región), el Zabala y el Claromecó (paisaje ACE), y el Los Gauchos (sección AC). Cada uno de estos cuerpos de agua desemboca en el mar presentando una planicie de inundación que da lugar a ambientes de baja energía (pendiente leve), con la consecuente deposición de sedimento fino, y son colonizados al menos en parte por vegetación de marisma. En particular, en el paisaje ACE se observa una alta recurrencia de arroyos de menor porte, contabilizando siete en el sector comprendido entre el Arroyo Zabala y el límite este del paisaje.

4.4.4. Modelaje antropogénico

La modificación del paisaje por actividad antrópica es máxima en el paisaje AE (32.42%, Tabla 2), por lo cual resulta difícil determinar su fisonomía previa; la ciudad de Necochea es la más amplia en extensión de toda la región y las plantaciones de vegetación exótica se encuentran muy desarrolladas. En el paisaje ACE el campo de dunas activas alcanza un máximo de 3.5 Km. de ancho aproximadamente (límite oeste) y presenta tres parches forestados, uno de los cuales es de dimensiones significativas (más de 1.7 km² sobre el área costera). Extensas plantaciones de exóticas y balnearios se concentran en la zona de Claromecó, lo cual potenciaría los procesos erosivos localmente (Cortizo e Isla 2007). El paisaje contiguo, AC, presenta cuatro parches forestados conspicuos, asociados a los balnearios, siendo el correspondiente a Monte Hermoso el de mayor extensión. El porcentaje de urbanización es bajo (3.52%, Tabla 2), apenas incipiente en la zona del Partido de Coronel Dorrego. En el paisaje ACO la modificación antropogénica también es baja (4,58%, con sólo 2.12% de urbanización, Tabla 2), encontrándose en aumento por expansión urbana (observación personal). Si bien la costa en este paisaje es naturalmente erosiva, en la zona céntrica del balneario Pehuen-có los procesos erosivos se ven acentuados por la actividad humana (Marcomini *et al.* 2005). Este paisaje incluye una sola forestación, asociada al balneario Pehuen-có. Por último, el paisaje AO presenta un área militar que

abarca casi toda su extensión, por lo cual se encuentra cerrada al paso y por ello no se cuenta en este caso con una confirmación a campo de la información obtenida. La fisonomía de la vegetación allí es aparentemente de pastizal pampeano, de alta homogeneidad en el este y mayor complejidad estructural al oeste, sin alteraciones por actividad humana significativas en esta escala de trabajo.

Tabla 2. Área urbanizada, forestada y legalmente protegida por reservas naturales en cada paisaje de las RCO y RCA. Los valores de área se presentan en kilómetros cuadrados. Sombreado en gris se presentan los valores porcentuales relativos al área de costa de cada paisaje, excepto la columna final en donde los porcentajes son relativos al área nativa de cada paisaje. Los datos de extensión de las reservas naturales fueron cedidos por la Administración de Parques Nacionales (2008) y el Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires (2008, 2010); en el caso de la superficie protegida en AC y ACO se estimó el valor con las imágenes satelitales ya que las reservas incluyen solamente el área de playa de estos paisajes.

Tabela 2. Área urbanizada, florestal e legalmente protegida por reservas naturais em cada paisagem das RCO e RCA. Os valores apresentados encontram-se em quilômetros quadrados. Sombreado a cinzento apresentam-se os valores percentuais relativos à área de costa de cada paisagem, excepto na coluna final onde as percentagens são relativas à área original de cada paisagem. Os dados da extensão das reservas naturais foram cedidos pela Administração de Parques Naturais (2008) e pelo Serviço de Parques Guardados da Província de Buenos Aires (2008; 2010); no caso da superfície protegida na AC e ACO estimou-se o valor com as imagens de satélite visto que as reservas incluem apenas a área de praia destas paisagens.

Table 2. Urban, forested and protected areas at each RCO and RCA landscape. The surface values are in kilometers. The percent relative to each landscape coastal area is shaded on grey, except in the last column where the percent is relative to the native area of each landscape. The Administración de Parques Nacionales (2008) and the Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires (2008, 2010) brought the data on the extension of the natural reserves; for AC and ACO landscapes, the protected surface was estimated with satellite imagery (the reserves includes only the beach of these landscapes).

Región	Paisaje	Poblados	Área terrestre costera	Área urbana y rural	Área forestada	Área Nativa	Área Protegida	% área nativa protegida
RCO	ON	San Clemente, Mar de Ajó, Las Toninas, Mar del Tuyú, Santa Teresita.	164,11	57,38	5,05	101,67	5,22	5,13
		100,00	34,97	3,08	61,96	3,18		
	OS	Pinamar, Catende, Cañiló, Valeria del Mar, Villa Gesell, Mar Azul.	365,32	68,21	23,79	273,32	85,82	31,40
		100,00	18,67	6,51	74,82	23,49		
extensión (Km ²)			529,42	125,59	28,83	374,99	91,04	24,28
porcentaje			100,00	23,72	5,45	70,83	17,20	
RCA	AE	Necochee, Quequén, Arenas Verdes.	103,82	9,64	23,94	70,03	0,00	0,00
	ACE	100,00	9,31	23,11	67,59	0,00	2,57	
		353,18	19,74	15,02	318,42	8,17		
	AC	100,00	5,59	4,25	90,16	2,31	1,40	
		566,29	19,95	1,67	544,67	7,60		
	ACO	100,00	3,52	0,30	96,18	1,34	1,65	
190,00		4,02	4,67	181,31	3,00			
AO	100,00	2,12	2,46	95,42	1,58	0,00		
	215,42	17,88	1,11	196,43	0,00			
extensión (Km ²)			1428,51	71,24	46,42	1310,85	18,77	1,43
porcentaje			100,00	4,99	3,25	91,76	1,31	

4.5. Geodiversidad y Estado de Conservación

Las dos regiones analizadas están representadas en diferente medida en el sistema de áreas protegidas, con un 17,2% de la superficie total (24,28% de la superficie nativa) de la RCO protegida por las reservas municipales “Punta Rasa” y “Faro Querandi” y la reserva provincial “Mar Chiquita” (Fig. 2; Tabla 2) versus un 1,31% (1,43% de la superficie nativa) protegido en la RCA por las reservas provinciales “Arroyo Zabala”, “Arroyo Los Gauchos” y “Pehuen-có 1, 2 y 3” (Fig 3; Tabla 2).

El valor de riqueza de geoformas (C) resultó entre 10 y 19 (paisajes ON y AC respectivamente). El cálculo de índice de geodiversidad (G) para cada paisaje arrojó resultados muy variables, entre 0,33 para ON y 0,96 para AC (Tabla 3). Estos valores se corresponden con la extensión del área urbanizada, la cual es máxima en ON (34%), y con el área nativa, la cual es máxima en AC (544 km², Tabla 2).

A partir de estos datos se calculó el índice de Geodiversidad protegida, resultando ser extremadamente bajo (Gp = 0.014) para el paisaje de mayor geodiversidad (AC). Es decir, en paisaje de mayor geodiversidad, la misma posee baja protección. Sin embargo éste no fue el valor mínimo, ya que dos de los paisajes presentaron Gp= 0. De estos dos paisajes, AE y AO, cabe destacar que AO posee campos de dunas fijas complejos (Tabla 1) que tienen alto potencial de conservación (véase Consideraciones para la gestión). De todas maneras el Gp máximo resultó ser de apenas 0,215 (paisaje OS). Considerando que el valor máximo posible de Gp es 1 (cuando el área protegida es igual al área de costa y a su vez C es igual al Cmax), este valor es muy bajo. En la tabla 3 se presentan los resultados detallados.

Tabla 3. Análisis de la geodiversidad y su protección legal. Se indica el tipo de geoformas identificado y la abundancia en el paisaje (0 = ninguna; 1 = escasas; 2 = bien representadas; 3 = dominantes). Abajo se detallan los índices de geodiversidad y de protección de geodiversidad para cada paisaje.

Tabela 3. Análise da geodiversidade e sua proteção legal. Indica-se o tipo de geoformas identificado e a abundância na paisagem (0 = nenhuma; 1 = escasas; 2 = bem representadas; 3 = dominantes). Em baixo detalham-se os índices de geodiversidade e da proteção para cada paisagem.

Table 3. Geodiversity analysis and its legal protection. The geomorph types identified and the abundance on the landscape (0 = none; 1 = scarce; 2 = well represented; 3 = dominating) are indicated. The geodiversity, and geodiversity protection indexes for each landscape are indicated downer).

	Región	RCO		RCA						
		Paisaje	ON	OS	AE	ACE	AC	ACO	AO	
Tipos de Geoformas	Eólicas	fijas	0	0	0	0	2	2	3	
		parabólicas	0	0	0	1	1	1	0	
		dunas transversales	0	2	0	0	3	1	0	
		barjanas y crestas	1	3	1	3	3	1	1	
		mantos y montículos	2	1	3	1	1	1	0	
	E	voladuras	3	1	3	1	0	1	1	
	Fluviales	A	planicie aluvial	0	0	0	1	1	1	0
		E	rio arroyo	0	0	0	2	1	1	1
	Marinas	A	cordones barras	3	3	0	0	1	0	1
		E	acantilados	1	1	3	1	1	2	1
planicie ebreación			0	2	3	2	1	2	2	
G			10	13	16	16	19	18	12	
D			0,33	0,51	0,53	0,76	0,96	0,80	0,58	
Dp			0,027	0,215	0,000	0,022	0,014	0,014	0,000	

5. Consideraciones para la Gestión

Si bien existen estudios de la costa bonaerense que aborden la escala de ecosistema, y otros la escala regional (por ejemplo, Dadon & Matteucci 2006), no se contaba hasta el momento con una regionalización adecuada para conectar ambas escalas. Ello se tradujo en la necesidad de definir regiones, paisajes y ecosistemas locales (parches) y que respondan a las funciones del paisaje, es decir a los procesos ecológicos y la dinámica evolutiva de la costa. Si bien los resultados presentados son mejorables, ellos constituyen la síntesis de siete años de trabajo que contribuyen a la elaboración de una línea de base para el conocimiento de la costa pampeana, ya que la aproximación geomorfológica a la delimitación de los paisajes sirve de base para el estudio de los sistemas ecológicos de las dunas costeras bonaerenses. Más aun, este trabajo constituye la primera publicación relativa a la geodiversidad de la costa de Buenos

Aires. Se espera que a partir de este estudio se desarrolle una línea de trabajo sobre este tópico.

En cuanto a la dinámica de la costa, el análisis presentado en este trabajo reafirma que en la RCO, el paisaje ON está naturalmente en acreción pero presenta erosión marina causada principalmente por acción antrópica ya que se han removido extensas superficies de dunas y se ha construido los balnearios lindando con la playa. El servicio ecosistémico que brinda el cordón de dunas frontales (es decir, las dunas que lindan con la playa), es colmar la capacidad de carga del oleaje cuando una tormenta marina arremete contra éste. Al estar ausente, el oleaje aumenta su capacidad erosiva en el resto de la costa, llevándose consigo el material de la playa distal, talpreciado por el turismo. El paisaje OS en cambio posee una geomorfología que conserva en mucha mayor medida características propias de la dinámica natural del sistema. La RCA presenta mayor complejidad estructural geomorfológica que la RCO. En los paisajes AC, ACO y AO se observan campos de dunas inactivas, de gran extensión y complejidad estructural. Los paisajes son diversos en cuanto a la dinámica del borde costero, conteniendo sectores de erosión natural, sectores de erosión inducida, sectores muy amplios en donde el proceso erosivo no es evidente y otros sectores donde la formación de barras y la amplitud de las playas hace pensar en una costa de acreción o estacionaria; estos últimos sectores se encuentran en el paisaje con mayor magnitud y calidad de campos de dunas (paisaje AC, Partido de Coronel Dorrego).

Con respecto al estado de conservación de los paisajes, es notable que el porcentaje de área modificada por acción antrópica parezca disminuir hacia el sudoeste, mostrando un patrón opuesto al de la geodiversidad, que aumenta hacia el sudoeste. Ello hace esperable que la protección legal de la superficie costera aumente hacia el sudoeste, pero no es así. El porcentaje bajo protección legal es desproporcionadamente bajo en la RCA y alto con respecto a ésta en la RCO. Pero en este punto es preciso considerar el grado de efectividad de las reservas de la RCO para realizar una evaluación de su estado de conservación: si bien los recursos económicos y humanos destinados al manejo de estas reservas naturales es muy limitado, esta escasa protección ha permitido la permanencia de la mayor parte de los rasgos nativos del paisaje. Esta situación es inestable, ya que la invasión de especies exóticas está avanzando sobre las reservas y la presión de expansión urbana es altísima. Además, el tránsito vehicular va deteriorando el paisaje poco a poco. Por todo ello, es altamente recomendable, sino urgente, que se destine una buena cantidad de recursos para el mantenimiento de las reservas de la RCO, y se considere la posibilidad de sumar a éstas algunas áreas de la zona OS a conservar con fines educativos, de baja extensión, pero que aún conservan cierta parte de la flora y fauna de la región y se encuentran muy cercanas a gran cantidad de institutos educativos.

Claramente la RCA, que posee la mayor parte de la geodiversidad, se encuentra desprotegida legalmente en su gran mayoría. Monserrat & Celsi (2009) propusieron la ampliación de la Reserva Provincial de Monte Hermoso- Pehuen-có hacia el continente. La propuesta de protección legal sobre este sector de dunas fue impulsada por el Proyecto Costas Bonaerenses (Fundación de Historia Natural Félix de Azara) y elevada a las autoridades locales (Monserrat *et al.* 2005), aun sin respuesta. Asimismo desde esa fundación se propuso la creación de una reserva en la zona costera de Coronel Dorrego. Su denominación completa corresponde a Reserva Natural Mixta de Objetivos Definidos Mixtos "Arroyo Los Gauchos" (Celsi *et al.* 2007). Solo se declaró reserva al momento una porción de 7 km² del sector originalmente propuesto como reserva, que contaba con cerca de 600 km². Los cinco paisajes de la RCA poseen características

únicas, dignas de atención, y el valor de geodiversidad estimado resulta insuficiente para describir la diversidad de ambientes y la singularidad de algunos de los paisajes. La reserva Arroyo Zabala, en el paisaje ACE, no posee suficientes recursos para su adecuado manejo, y protege un sector característico de la RCA. La reserva Arroyo los Gauchos, en el paisaje AC, se encuentra justo al lado del único poblado de la zona, seguida de cerca de 50 km de costa sin intervención antrópica. Ese amplio sector posee una altísima complejidad geomorfológica y se encuentra escasamente estudiado. La reserva Monte Hermoso – Pehuen-có abarca únicamente el sector de playa y la estrecha franja marina en donde afloran los sedimentos de alto valor paleontológico. Este afloramiento podría continuarse hacia el continente, en donde la diversidad de paisajes es amplia y única, incluso existe una población relictual de una especie de arbusto (Neosparton ephedroides, Manchiola 2010) que no se encuentra en ninguna otra localidad costera. Ese sector de tan alto valor ecológico y presumible valor paleontológico, se encuentra sin protección legal. Por último, el paisaje AO carece de reservas naturales, presentando un $G_p = 0$, pero posee un alto potencial de conservación ya que gran parte de su superficie es de dominio militar, con lo cual posee escasa modificación y acceso restringido al área. En este caso, podría proponerse un comanejo entre los distintos organismos estatales (por ejemplo, Administración de Parques Nacionales y Fuerzas Armadas) para su conservación.

Es preciso promover desde todos los ámbitos un adecuado manejo de los recursos geomorfológicos, paleontológicos y ecológicos de la RCA. Con la implementación de pautas efectivas que garanticen la permanencia de dichos recursos sería posible alentar un desarrollo sustentable de la región. Afortunadamente Argentina cuenta actualmente con la poderosísima herramienta de manejo que es la amplia diversidad de categorías de reserva natural que posee la Provincia de Buenos Aires, así como tantas otras herramientas para el uso sustentable de los recursos naturales que posee la Nación. Es imprescindible que estas herramientas se utilicen en el corto plazo y se les destine los recursos económicos y humanos necesarios para su efectividad. De no protegerse adecuadamente los paisajes de la RCA, es cuestión de tiempo que la diversidad descrita en este trabajo se pierda, llevándose consigo información y valores ecológicos inestimables.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Federico Kacolis por la ayuda con los viajes de campo. A Pablo Krieger por la asistencia en el viaje a San Cayetano. A Paula Lipko por la revisión del borrador del manuscrito preliminar. Al cuerpo de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires. Al Dr. Giorgio Anfuso y al revisor anónimo por sus excelentes contribuciones al artículo. CONICET brindó las becas doctorales y posdoctorales para A.L.Monserrat. Agradecemos a la Fundación Azara que a través del Proyecto Costas Bonaerenses facilitó las imágenes satelitales, provistas por la CONAE, y un GPS para el trabajo en campo.

References

- Administración de Parques Nacionales, 2008. *Documento on line consultado en 2008:*
www.parquesnacionales.gov.ar/docAP/APxPcia.xls
- Arramayo, S. A., Schillizzi, R. A., 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.
- Arramayo, S. A., Manera de Bianco, T., 2009. Late Quaternary palaeoichnological sites from the southern Atlantic coast of Buenos

- Aires Province, Argentina: mammal, bird and hominid evidence. *Ichnos*, **16**, 1, 25-32.
- Bértola, G. R., Cortizo, L., 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.
- Brilha, J. (2002) - Geoconservation and protected areas. *Comment. Environmental Conservation*, **29**, 3, 273-276
- Bruschi, V. M., 2007. Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. *Tesis Doctoral*, Universidad de Cantabria, 619.
- Burgos, J., 1968. Los climas de la Provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo. In: Cabrera A.L. (Ed.), Flora de la provincia de Buenos Aires. *Col. Cient. INTA. Buenos Aires*, **4**, 1, 33-99.
- Burgos, J., Vidal, A. L., 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. *Meteoros*, **1**, 1-32.
- Cabrera, A. L., 1941. Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la Provincia de Buenos Aires. *D. A. G. I. Publicaciones técnicas*, **1**, 2, 5-44.
- Cabrera, A. L., 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, **14**, 1-2, 1-42.
- Caló, J., Fernández, E., Marco, A., Aldacour, H., 1998. Análisis preliminar del balance sedimentario de la playa de Pehuen-Co, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Geoacta*, **23**, 1-12.
- Cangioli, S. E., 1992. Rasgos geomorfológicos y geológicos del área de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires. *Trabajo final de licenciatura*, Universidad de Buenos Aires, 91.
- Carcavilla, L., Durán, J. J., López-Martínez, J., 2008. Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria. *Geo-Temas*, **10**, 1299-1303.
- Carcavilla, L., López-Martínez, J., Durán, J.J., 2007. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Instituto Geológico y Minero de España, *Serie Cuadernos del Museo Geominero*, **7**, 360.
- Celsi, C. E., Monserrat, A. L., Carricart, J. P., McLean, H. D., 2007. Propuesta de Incorporación al Sistema de Áreas Naturales Protegidas de la Provincia de Buenos Aires. Reserva Natural Mixta de Objetivos Definidos Mixtos "Arroyo Los Gauchos", Partido de Coronel Dorrego, Provincia de Buenos Aires. *Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, Expte. N° 22230-156/07*.
- Codignotto, J. O., Dragani, W. C., Martín, P. B., Simionato, C. G., Medina, R. A., Alonso, G., 2012. Wind-wave climate change and increasing erosion in the outer Río de la Plata, Argentina. *Continental Shelf Research*, **38**, 110-116.
- Codignotto, J. O., 2004. Erosión Costera In: González, M. A., Bejerman, N. J. (Eds.), *Peligrosidad Geológica en Argentina (Metodología de análisis y mapeo. Estudio de casos)*, Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Buenos Aires, 90-111.
- Codignotto, J. O., Aguirre, M. L., 1993. Coastal Evolution, Changes in Sea Level and Molluscan Fauna in Northeastern Argentina during the Late Quaternary. *Marine Geology*, **110**, 163-175.
- Codignotto, J. O., Kokot R. R., 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.
- Codignotto, J. O., Kokot, R. R., Marcomini, S. C., 1992. Neotectonism and Sea-level changes in the coastal zone of Argentina. *Journal of Coastal Research*, **8**, 1, 125-133.
- Cortizo, L. C., 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.
- Dadon, J. R., Matteucci, S. D., 2006. Caracterización de las grandes regiones costeras argentinas. In: Isla, F. I., Lasta, C. A. (Eds.) *Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires*, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 11-39.
- del Ramo Jiménez, A., Guillén Mondéjar, F., Coy Gómez, E., 2003. La geodiversidad: un componente esencial en las estrategias para la conservación del medio natural. Su relación con la biodiversidad. En: Rabano, I., Manteca I., García C. (Eds.) *Patrimonio Geológico y Minero y Desarrollo Regional*, IGME, Madrid, 97-106.
- Doing, H., 1985. Coastal fore-dune zonation and successions in various parts of the World. *Vegetatio*, **61**, 65-75.
- Durán, J.J., Brusi, D., Palli, L., López-Martínez, J., Palacio, J., Vallejo, E., 1998. Geología Ecológica, Geodiversidad, Geoconservación y Patrimonio Geológico: La Declaración de Girona. In: Durán, J.J., Vallejo, M. (Eds.), *Comunicaciones de la IV Reunión Nacional de Patrimonio Geológico*, Sociedad Geológica de España, Miraflores de la Sierra, 69-72.
- Fernández, E., Caló, J., Marcos, A., Aldacour, H., 2003. Interrelación de los ambientes eólico y marino a través del análisis textural y mineralógico de las arenas de Monte Hermoso, Argentina. *Asociación Argentina de Sedimentología*, **10**, 2, 151-161.
- Fontana, S. L., 2004. Present and Past Coastal Dune Environments of South Buenos Aires Province, Argentina. *Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* **940**, 38.
- Forman, R. T. T., 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, **10**, 3, 133-142
- Gray, M., 2005. Geodiversity & Geoconservation: What, Why, and How?. *The George Wright Forum*, **22**, 3, 4-12.
- Greenwood, B., Davidson-Arnott, R. G. D., 1979. Sedimentation and equilibrium in wave-formed bars: a review and case study. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **16**, 312-332.
- Isla, F. I., Cortizo, L. C., Turno Orellano, H. A., 2001. Dinámica y evolución de las barreras medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **2**, 1, 73-83.
- Kokot, R. R., 1997. Littoral drift, evolution and management in Punta Médanos, Argentina. *Journal of Coastal Research*, **13**, 1, 192-197
- Komar, P. D., 1998. *Beach processes and sedimentation*. 2nd Ed. Prentice Hall, New Jersey, 544.
- Manchiola, J. P., 2010. Aspectos ecológicos de Neosparton ephedroides: la "nueva retama de Darwin", un símbolo de Pehuen-có. In: Isla, F. I., Lasta, C. A. (Eds.), *Manual de manejo de barreras medanosas para la provincia de Buenos Aires*, EUDEM, Mar del Plata, 217-225.
- Marcomini, S. C., Uehara, F., López, R. A., 2005. Morfodinámica costera y su aptitud para las explotaciones de áridos para construcción en Pehuen-có. In: Cabaleri, N., Cingolani, C. A., Linares, E., López de Luch, M. G., Ostera, H. A., Panarello, H. O. (Eds.) *Proceedings XVI congreso geológico argentino*, La Plata.
- Monserrat, 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.
- Monserrat, A. L., Celsi, C. E., 2009. Análisis regional de la costa pampeana austral en el marco del sistema de áreas protegidas y caracterización de un área clave como reserva, en el partido de Coronel Dorrego. *Bioscriba*, **2**, 1, 1-23.
- Monserrat, A. L., Celsi, C., Kacolis, F., 2005. Valores del ambiente natural en la franja costera comprendida entre las localidades de Pehuen-có y Monte Hermoso. *Informe inédito para las autoridades de la Provincia de Buenos Aires*, **4**.
- Morello, J. H., 1995. Grandes Ecosistemas de Suramérica. In: Gallopín, G. (Ed.), *El Futuro Ecológico de un Continente, Fondo de Cultura Económica*, México, **1**, 21-100.
- Nieto, L. M., 2001. Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, **112**, 2, 3-12.
- Pfadenhauer, J., 1993. Dry coastal ecosystems of temperate Atlantic South America. In: Van der Maarel, E. (Ed.). *Dry Coastal Ecosystems, Part B. Ecosystems of the World, 2B*, Elsevier, Amsterdam, 495-500.
- Quattrocchio, M. E., Borromei, A.M., Deschamps, C. E., Grill, S. C., Zavala, C. E., 2008. Landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene-Holocene, southern Pampa (Argentina): Evidence from palynology, mammals and sedimentology. *Quaternary International*, **181**, 123-138.
- Quattrocchio, M. E., Deschamps, C. E., Zavala, C. E., Grill, S. C., Borromei, A. M., 2009. Geology of the area of Bahía Blanca, Darwin's view and the present knowledge: a story of 10 million years. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **64**, 1, 137-146.
- Research Systems, Inc., 2002. ENVI Version 3.6. The Environment for Visualizing Images. 4990 Pearl East Circle. Boulder, USA. <http://www.RSInc.com/envi>.
- Serrano, E., Ruiz-Flaño, P., Arroyo, P., 2009. Geodiversity assessment in a rural landscape: Tiermes-Caracena area (Soria, Spain). *Mem Descr. Carta Geológica d'It.*, **87**, 173-180.

- Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires, 2008. Departamento de Áreas Protegidas, Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires, Comunicación personal.
- Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires, 2010. Departamento de Áreas Protegidas, Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, Comunicación personal.
- Solon, J., 2005. Incorporating geographical (biophysical) principles in studies of landscape systems. In: Wiens, J. A., Moss, M. R. (Eds.). *Issues and Perspectives in Landscape Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 11-20.
- Stanley, M., 2000. Geodiversity. *Earth Heritage*, **14**, 15-18.
- Van der Maarel, E., 1993. Geographical and ecological types of dry coastal ecosystems. In: Van der Maarel, E. (Ed.). *Dry coastal ecosystems. Part 2A: Dry Coastal Ecosystems, Polar Regions and Europ*, Elsevier, Amsterdam, 7-14.
- Villanova, I., Prieto, A. R., 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., Parker, G., Cavallotto, J. L., 2001. Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **56**, 1, 51-66