



INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
FACULTAD DE HISTORIA, GEOGRAFÍA
Y CIENCIA POLÍTICA

El Boletín Electrónico de Geografía (BeGEO) es una publicación que intenta crear un espacio de difusión de los estudios realizados por los estudiantes del Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

BeGEO reúne artículos originales de alta calidad que son elaborados por los estudiantes de pregrado en las distintas actividades curriculares impartidas por docentes del Instituto de Geografía.

ISSN 0719-5028

www.geografia.uc.cl

BeGEO

Boletín electrónico de Geografía

BeGEO, 2018, N°6

Efecto de la expansión urbana sobre el estado de conservación de las dunas costeras de la bahía de Cartagena, Región de Valparaíso¹

Daniel Ignacio Ugalde Naegel²

Resumen

Se analizó el estado de conservación actual de las dunas costeras de la Bahía de Cartagena, región de Valparaíso (33°S), a partir del reconocimiento de las tipologías dunares para el periodo 1963-2017. Se utilizó un set de fotografías aéreas para la fotointerpretación de los tipos de dunas y trabajo de campo, la información fue automatizada en plataforma SIG. Los principales tipos de dunas al año 2017 correspondieron a antedunas borderas con un 39% de cobertura dunar total; a dunas parabólicas con 37% del total y a paleodunas con 24% del total. Se determinó que la superficie del campo dunar se redujo en un 91% durante el periodo 1963-2017, afectando principalmente a las paleodunas que perdieron 167 hectáreas, la duna parabólica se redujo a 21 hectáreas y las antedunas borderas a 6 hectáreas. Lo anterior se explica debido al intenso crecimiento urbano en la zona, el cual aumentó en 8 veces en el mismo periodo, siendo la ocupación minera, las tomas y las residencias secundarias las actividades que han causado mayor degradación dunar. Se establecieron fuertes incompatibilidades entre los Instrumentos Planificación Territorial del área y el nivel de fragilidad de estos ambientes, siendo urgente re-orientar el uso de esta zona costera para el desarrollo sustentable.

Palabras clave: tipos de dunas, antropización, costa, manejo costero.

Abstract

The present state of conservation of the coastal dunes of the Bay of Cartagena, Valparaíso region (33°S) was analyzed, starting from the recognition of the dune typologies for the period 1963-2017. A set of aerial photographs was used for the photointerpretation of the dune types and field work. The information was automated in GIS platform. The main types of dunes to the year 2017 corresponded to bordering ante-dunes with a 39% of total dunar coverage; parabolic dunes with 37% of the total and paleo-dunes with 24% of the total. It was determined that the surface of the dune field was reduced by 91% during the period 1963-2017, affecting mainly the paleodunes which lost 167 hectares. The parabolic dune was reduced to 21 hectares while the bordering ante-dune was reduced to 6 hectares. Therefore, this effect is explained by the intense urban growth in the area, which increased by 8 times in the same period, being mining occupations, illegal settlements and secondary residences the activities that have caused greater dune degradation. Strong incompatibilities were established between the Territorial Planning Instruments of the area and the level of fragility of these environments; hence, it is urgent to re-orient the use of this coastal zone for sustainable development.

¹ Artículo recibido el 30 de noviembre de 2018, aceptado el 10 de diciembre de 2018 y corregido el 28 de diciembre de 2018.

² Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile). E-mail: diugalde@uc.cl

Key words: types of dunes, anthropization, coast, coastal management.

El crecimiento urbano a nivel mundial ha traído consigo el incremento en el uso y ocupación del espacio, en donde el paisaje natural ha sido transformado por la acción del hombre. Estas presiones antrópicas han afectado, de forma directa e indirecta, el funcionamiento y la dinámica de estos ambientes, lo cual se traduce en la pérdida de sus valores como servicios ecosistémicos prístinos y en variaciones espacio-temporales en su medio geográfico (Bird, 2008).

Dentro de las zonas litorales, las dunas cumplen una serie de funciones naturales como: constituir barreras naturales de protección contra el ataque del oleaje, tormentas, marejadas y tsunamis, regulando la cantidad de arenas y el perfil de las playas, cumpliendo un rol fundamental en la estabilidad de las mismas, funciones ecológicas al albergar flora y fauna nativa, funciones territoriales, siendo unidades territoriales significativas como espacios libres entre conurbaciones y desarrollos industriales; constituyéndose como ventanas de paisaje, además de funciones culturales debido a que ciertos campos dunarios se destacan como fuente de información científica y también histórico-cultural; en efecto, en algunas dunas se localizan vestigios de los habitantes precolombinos de las costas chilenas, como ocurre en las dunas de Longotoma (Castro, 2015).

Aunque existen dunas de muchos tamaños y formas, todas se generan de la misma manera. Cada duna es un montículo de arena que se mueve y acumula como resultado de la acción del viento. Pye & Tsoar (1990) han realizado estudios detallados sobre el complicado proceso que da lugar a la formación de las dunas, y la siguiente descripción se basa en sus resultados. Se sabe que los factores críticos para la formación de dunas son: 1) el aporte de sedimentos; 2) el tamaño de los sedimentos; 3) la velocidad del viento y 4) la presencia de obstáculos.

Una vez que existe el aporte de sedimentos, la formación de una duna empieza cuando la velocidad del viento es tal que puede levantar los granos de arena (viento eficaz). Según el estudio clásico de Bagnold (1954) la velocidad mínima para que haya movimiento de arena secas de grano medio es de 4.5 m/seg o 16 km/h. Casi toda la arena se transporta a una distancia muy cercana a la superficie del suelo arrastrándose y rodando, fenómeno conocido como traslación. Cuando el viento sopla, los granos individuales de arena se mueven en una serie de brincos como resultado de un fenómeno conocido como saltación. Durante la saltación, una vez que los granos de arena están en el aire (suspensión), describen una curva, volviendo a caer en el suelo, pero con un impacto tal que rebotan y son lanzados al aire nuevamente. El impacto de este rebote provoca que otros granos de arena también sean lanzados al aire (reptación), de manera que, en realidad, más arena se puede poner en movimiento que la que el aire es capaz de levantar desde la superficie.

En esta etapa de la formación de las dunas, otro factor importante que afecta el movimiento de la arena es la presencia de obstáculos que modificaran a su vez, la velocidad del viento. Así pues, una duna empieza a formarse cuando el viento se encuentra con un obstáculo (Hugget, 2011). Hay muchas especies que tienen esta capacidad, y forman ramas, tallos y

rizomas para mantenerse sobre la superficie de la arena, evitando así ser cubiertas por ésta. Los ejemplos más conocidos de estas plantas son *Ambrosia Chamissonis*, *Nolana Paradoxa*, *Carpobrotus Chilensis*, *Ammophila Arenaria* (Kohler y Weisser, 1966; Kohler, 1970).

La teoría de evolución denominada *continuum* dunar (Araya-Vergara, 1987) postula el desarrollo de tres principales generaciones dunares: dunas antiguas, medias y modernas, dependiendo de su evolución individual o compartida, donde la transformación de ellas hacia formas más complejas es denominada secundarización. El primer grado de evolución “dunas primarias” pueden generarse a partir de la interferencia de la vegetación (anterior o anteduna bordera), o bien cuando ésta es poco importante o inexistente similar a un ambiente de desierto (barján) (Hesp, 1999), generándose dunas secundarias a medida que las redistribuciones de masa las transforman en unidades más complejas (Veloso, 2005).

En muchos sitios del litoral Central, entre ellos Cartagena, es posible comprobar en la actualidad una serie de conflictos que expresan una situación de concurrencia entre los diferentes modos de utilización del espacio costero, afectando en gran medida la conservación de las dunas. El concepto "actual" involucra a aquellos procesos morfogénicos desarrollados en tiempos históricos, por lo tanto, las áreas recientemente intervenidas (por ejemplo, campos dunarios) son consideradas de acuerdo a la dinámica que presentaban antes de las modificaciones antrópicas que hoy presentan.

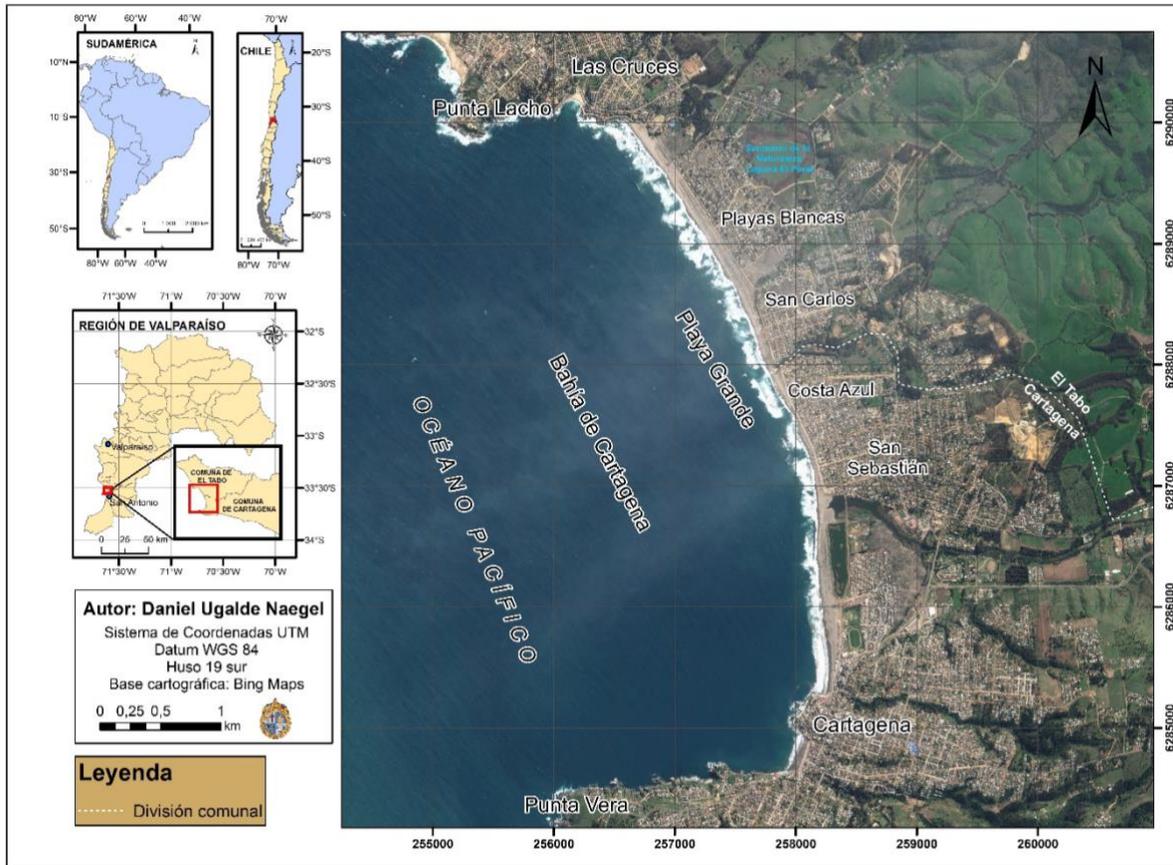
En los últimos 54 años los campos dunarios presentes en la Bahía de Cartagena, han sufrido los efectos de la antropización lo cual ha dañado su valor morfológico y patrimonial. En este contexto, el objeto de este estudio es proporcionar antecedentes que contribuyan a un mejor conocimiento de la situación actual de estos importantes ambientes costeros, incorporando el criterio geomorfológico para ser considerado como un insumo más en la toma de decisiones territoriales con implicancias ambientales.

A partir de estos antecedentes, en este artículo se analizarán los efectos del crecimiento urbano sobre las dunas litorales presentes en la Bahía de Cartagena (Chile Central) durante el periodo 1963-2017, con el propósito de orientar su manejo y uso sustentable.

Área de estudio

El área de estudio abarca el litoral de la Bahía de Cartagena, en la V Región de Valparaíso, Chile Central (33°30'-33°33' S); desde el cabo norte con la playa Las Cruces (Punta Lacho) hasta el cabo sur correspondiente a Cartagena (Punta Vera) (Figura N° 1). En general, el litoral está constituido predominantemente por sectores arenosos, surcados por numerosas quebradas y esteros como La Cigüeña, Cartagena, que se encuentra rodeados por puntas y ambientes rocosos que delimitan la bahía. La bahía tiene una orientación NNW-SSE, perpendicular al oleaje predominante, por lo que queda expuesta directamente a éste; pero algo protegida en su parte sur por la Punta Vera.

Figura N° 1
Bahía de Cartagena, Región de Valparaíso



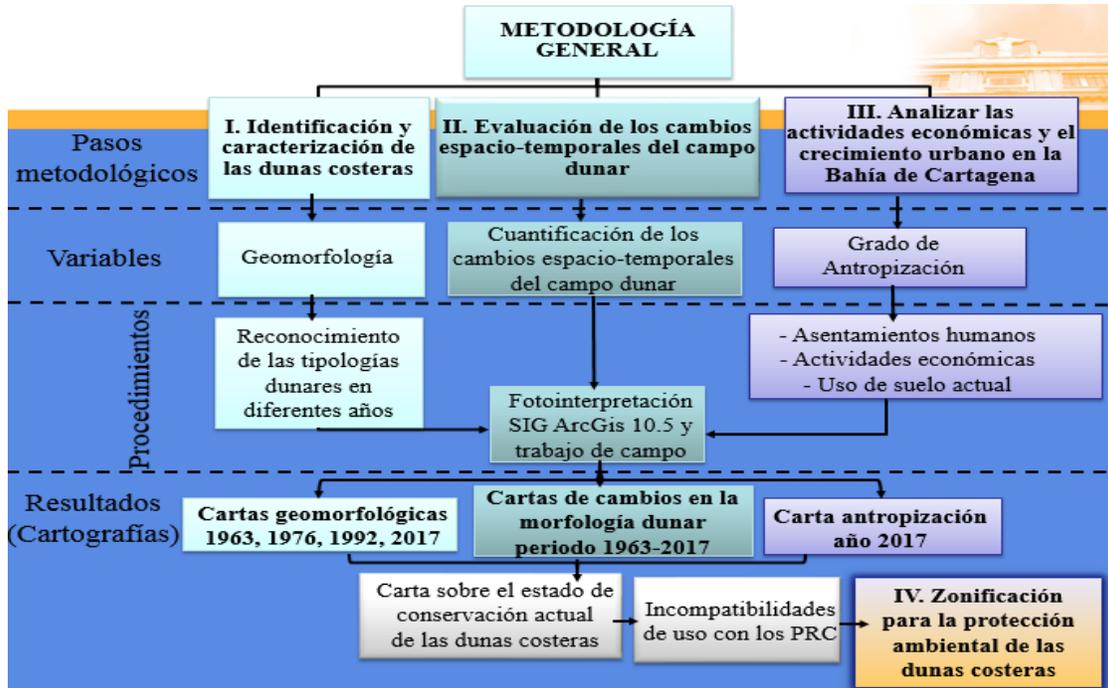
Fuente: Elaboración propia.

Esta playa con fondo de bahía se encuentra ubicada en una planicie marina abrasivo-acumulativa baja modelada en rocas del batolito costero, posee una longitud de aproximadamente 5,5 km y un ancho promedio de 700 m. La presencia de arenas oscuras indica la existencia de una fuerte deriva litoral que acarrea sedimentos volcánicos provenientes del río Maipo ubicado a 7 km al sur de Cartagena (Del Canto y Paskoff, 1983).

Metodología

La metodología utilizada comprendió cuatro etapas (Figura N° 2). La primera etapa, realizada en gabinete, se orientó a identificar y caracterizar los sitios cubiertos por las paleodunas costeras bajo una óptica geomorfológica a través de fotografías aéreas antiguas del área de estudio e imágenes satelitales del 2017 (Cuadro N° 1).

Figura N° 2
Metodología general



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 1
Fotografías aéreas utilizadas

Nombre del Vuelo	Fecha de toma	Escala	N° fotografía
SANTONI	1963	1:14.800	20856 y 20857
SAF	ago. 1976	1:20.000	113222 y 113223
FONDEF	dic. 1992	1:20.000	3114 y 3116

Fuente: Elaboración propia.

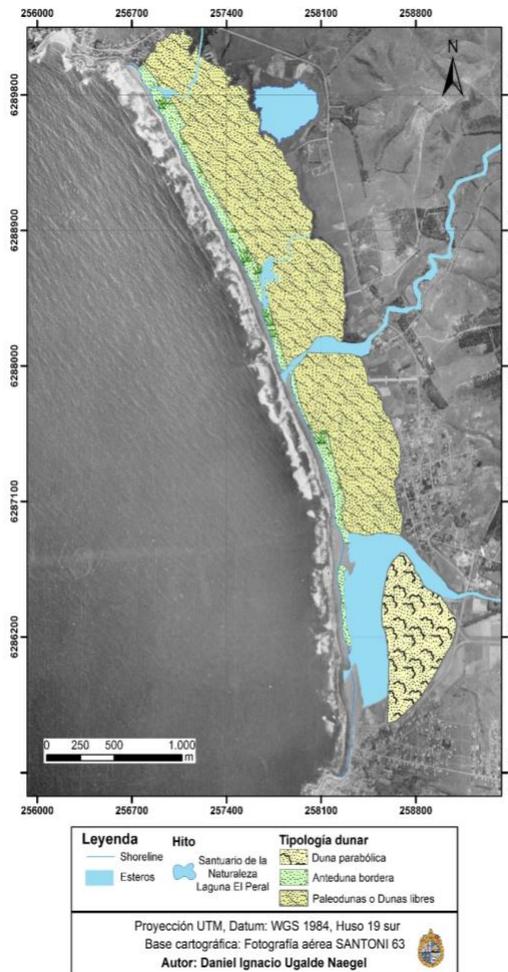
La segunda etapa consistió en evaluar los cambios espacio-temporales del campo dunar en el periodo correspondiente a 1963-2017, cuantificando avances/retrocesos del campo dunar, cambios en las morfologías dunares, masa y volumen del campo dunar. La tercera etapa consistió en analizar el grado de antropización de las actividades económicas y el crecimiento urbano sobre las dunas costeras de la Bahía de Cartagena, a través de una matriz integrada con las variables utilizando la escala de Likert (Likert, 1932). Con la suma de estos 3 resultados, se elaboró una cartografía sobre el estado de conservación actual de las dunas costeras de la Bahía de Cartagena, lo que permitió en la cuarta etapa generar una

propuesta de zonificación para la protección ambiental de las dunas costeras en función de su estado de conservación.

Identificación y caracterización de las tipologías dunares

A partir de la georreferenciación de las fotografías aéreas se determinaron 3 tipos de dunas con características notoriamente diferentes, la primera denominada anteduna bordera, corresponde a dunas monticulares vegetadas separadas por corredores de deflación y que forman cordones paralelos a la línea litoral (shoreline). Las segundas, corresponden a paleodunas o dunas antiguas, que cubren mayoritariamente la planicie litoral, las cuales se establecieron y consolidaron hace miles de años gracias a las variaciones climáticas ocurridas durante el Cuaternario. El tercer tipo de duna, corresponde a una gran duna parabólica que se caracteriza por presentar cuernos elongados por el viento adquiriendo forma en “U”, apuntando sus brazos a barlovento (Figura N° 3).

Figura N° 3
Morfología dunaria original



Fuente: Elaboración propia.

A partir de esto, se constató que la mayor superficie del campo dunar, la ocupa las Paleodunas con 178 hectáreas (74%), luego la duna parabólica con 38 hectáreas (16%) y por último las antedunas borderas con 24 hectáreas (10%).

Evaluación de los cambios espacio-temporales del campo dunar de la Bahía de Cartagena para los últimos 54 años

Si analizamos el periodo completo desde 1963 hasta la actualidad, la degradación de los 3 tipos de dunas ha sido devastadora. Siendo la Paleoduna (94% de pérdida), la tipología dunar con mayor degradación de su masa dunar, en segundo lugar, la duna parabólica (54% de pérdida) mientras que las antedunas borderas ocupan el tercer puesto (27% de pérdida). Por otra parte, si se compara a microescala, el subperiodo 1963-1976 fue donde se produjo la mayor desaparición paleodunas con un 74% de pérdida, mientras que en las tipologías duna parabólica y anteduna bordera, el subperiodo 1992-2017 obtuvo la mayor degradación dunar con un 27% y 19% respectivamente.

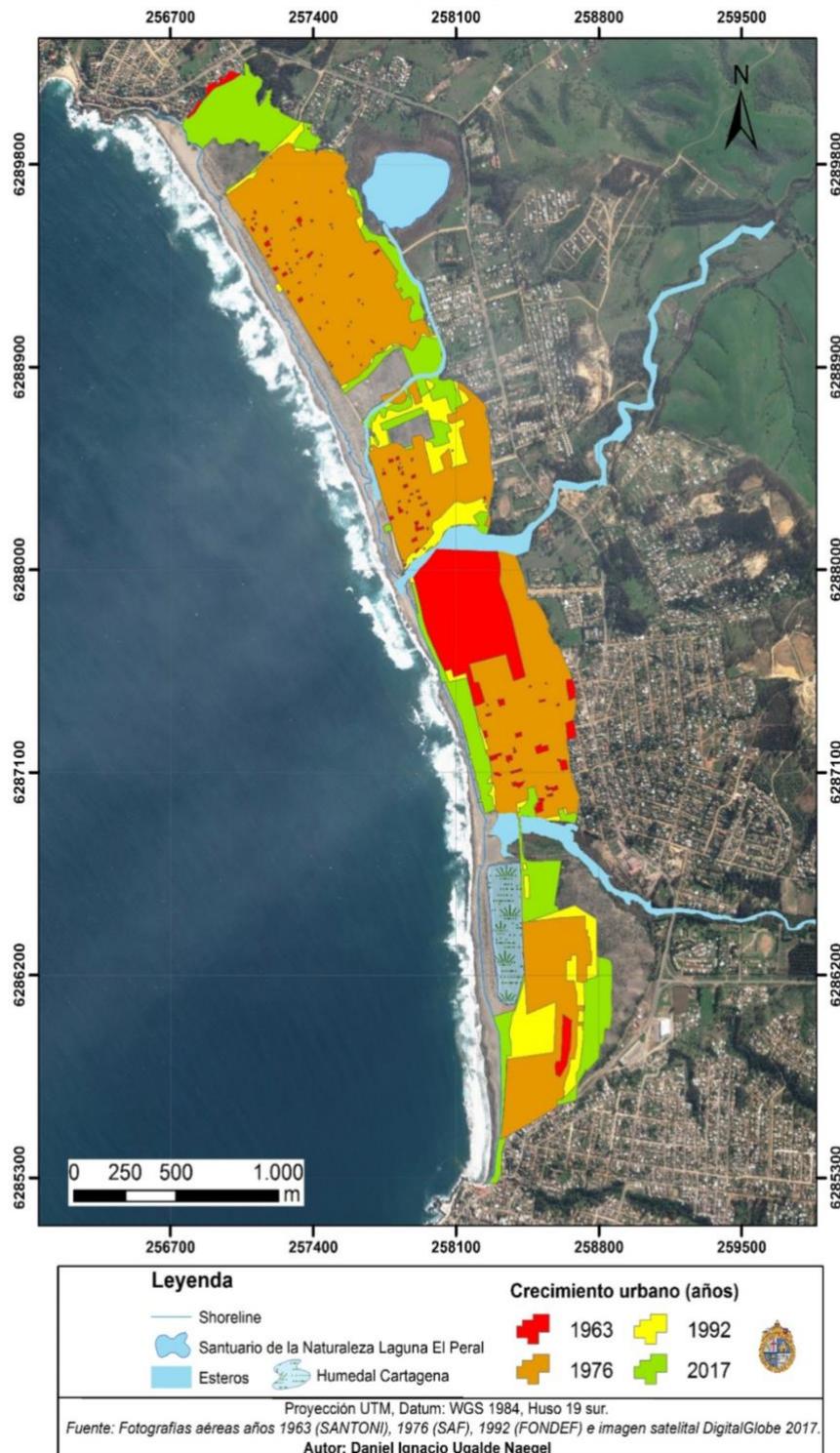
Análisis de los tipos de actividades económicas y el crecimiento urbano en el periodo 1963-2017

A partir de la Figura N° 4, se determinó que ocurrió una expansión urbana de tipo lineal Norte-Sur causada por el paisaje escénico costero de 3 núcleos urbanos; por el norte el balneario Las Cruces, en el centro el balneario Costa Azul y en el sur el balneario popular de Cartagena. Esto generó una conurbación lineal de la Bahía de Cartagena, la cual fue condicionada por la cercanía al mar y el goce de las amenidades naturales como las dunas, los esteros y lagunas. También hay que sumar los factores geográficos, como la planicie costera que permitió la construcción adecuada de gran parte de las viviendas, siendo las limitantes físicas el mar por el oeste y la cordillera de la costa por el este (1,2 km de extensión promedio de la planicie costera).

Esta área de estudio está ubicada en el denominado “Litoral Central”, concepto ocupado por Castro e Hidalgo (2002) zona comprendida desde Algarrobo a Santo Domingo que en 1954 tenía un 20% de superficie con uso urbano, aumentando a 60% en el 2000. En este periodo de 46 años, el 67% del aumento de la superficie urbanizada ocurrió en dunas, siendo el medio natural con el mayor impacto por crecimiento urbano en la costa central en ese tiempo, con una expansión de más del 80% de la planta urbana de los balnearios de El Tabo, Las Cruces, El Quisco.

La expansión ha ocurrido mayoritariamente el litoral arenoso, compuesto por dunas y playas que son geosistemas más frágiles de un gran valor ecológico y paisajístico, la tendencia observada en este estudio, demuestra el uso preferente del litoral arenoso por la vorágine urbana.

Figura N° 4
Evolución del crecimiento urbano en la playa grande de la bahía de Cartagena, 1963-2017



Fuente: Elaboración propia.

El caso más emblemático de esta urbanización es el Complejo Turístico Ilimay S.A., situado en el sector sur de Las Cruces. Es un condominio de residencia secundaria que posee 3 edificios en primera línea frente al mar, que ocupan la franja litoral de antedunas borderas, con piscinas artificiales en la depresión interdunaria; jardines en antiguos terrenos de paleodunas, junto con interferir el acceso público a la playa (Figura N° 5).

Figura N° 5

Dunas de Las Cruces, ocupadas por el desarrollo inmobiliarios-turísticos en altura



Fuente: Elaboración propia.

La determinación de las tipologías dunares en las categorías antedunas borderas, paleodunas, duna parabólica fue de gran utilidad para obtener el estado de conservación de cada uno de los tipos de dunas. La clasificación de familias o *continuum* dunar propuesto por Araya-Vergara (1987), específicamente la secuencia anterior-parabólica permitió entender la morfogénesis del campo dunar y sus procesos evolutivos.

Adicionalmente al *continuum* dunar, se utilizó la modelación de evolución de campos transgresivos postulada por Hesp (2013) para entender de mejor forma la dinámica del campo dunar. Estos modelos intentan responder cómo se inician, qué controla los cambios que se observan en: tipo de cobertura vegetal, tipo y tasas de crecimiento, cambios en el nivel del mar, suministro de sedimentos, energía del viento y la dirección relativa de la orientación de la línea de costa, energía del oleaje con el estado de la zona de surf y clima. Bajo estos antecedentes, se llegó a la conclusión que la tipología paleoduna en realidad es una duna transgresiva relicta, que se formó por el avance y la coalescencia de formas dunares de tipo blowouts, transversales, parabólicas, que originadas desde la playa grande de Cartagena no fueron retenidas por la vegetación (Hesp, 2013). Este campo de dunas

transgresivas o dunas móviles antes de ser urbanizado avanzaba hacia el interior hasta chocar con las hileras de pinos y eucaliptus (bosques esclerófilos) ubicadas en la zona oriental de la terraza marina. Las dunas migratorias comenzaron a estabilizarse lentamente gracias a la vegetación natural que colonizó la variedad de tipos de dunas (Bird, 2008); convirtiéndose en un complejo campo dunar de dunas libres, con una leve tendencia a avanzar y cubrir a las formaciones más antiguas. Hoy en día, la voracidad humana ha provocado la pérdida de la morfología distintiva del campo dunar y la transformación absoluta del paisaje natural.

Con respecto a la formación de la duna parabólica probablemente se produjo a través del *continuum* dunar, alcanzando la tercera etapa de evolución de la familia anteduna. El constante aporte sedimentario principalmente del estero de Cartagena permitió la transformación de las antedunas borderas en blowouts, las cuales transmutaron a dunas parabólicas, conformando un frente de avance activo y un lóbulo deposicional con los brazos de arrastre en forma de U apuntando a barlovento (Hesp, 2013).

Así, se pudo determinar que las 3 tipologías en estudio corresponden a la familia o secuencia de antedunas de la teoría del *continuum* dunar y que se encuentran en distintos estadios o niveles, siendo las paleodunas la tipología que alcanzó la última etapa de la secuencia correspondiente a dunas transgresivas.

La aplicación e integración de los procesos de antropización y estado de conservación permitió, establecer parámetros propios a evaluar para cada campo dunar según sus características, determinadas por las manifestaciones de la influencia humana, así como también sus características fisiográficas. De este modo, se determinó que la tipología paleoduna se encuentra un estado de conservación Muy Malo, debido al alto grado de antropización producto de la devastación irreversible de su morfología y dinámica original, sólo resta un 6% de su superficie original, de la cual no consta ninguna protección en los IPT respectivos, encontrándose en un estado crítico al borde de la extinción. Por otra parte, la tipología duna parabólica obtuvo un estado de conservación dunar Malo, ya que si bien se encuentra la mitad de la duna urbanizada (alto grado de antropización), aún se puede conservar parte de la morfología parabólica original, pese al atemorizante avance de las tomas y las extracciones en la ladera de sotavento de la duna. Por último, las antedunas borderas obtuvieron un estado de conservación Medio, ya que tienen un grado de antropización Intermedio, siendo la tipología con menor pérdida de masa dunar hasta el 2017 (27%), el problema que hay detrás, es la incompatibilidad con los PRC, que definen a esta área como zona de protección pero se ha comprobado en campo, que la avaricia y el lucro por ocupar zonas cercanas al mar para la instalación de restaurantes y/o estacionamientos; ha preponderado por sobre el cuidado y conservación de estas geoformas.

De acuerdo con la evaluación realizada en los Planes Reguladores de Cartagena y El Tabo, específicamente en función de la categoría y los usos permitidos-prohibidos sobre las

acumulaciones eólicas, se determinaron zonas prioritarias para la Protección ambiental de las dunas costeras (Figura N° 6).

Figura N° 6
Zonificación para la protección ambiental de las dunas costeras



Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se pudo comparar las incompatibilidades de uso con los PRC respectivos, obteniendo como resultado una Carta de Zonificación para la protección ambiental de las dunas costeras, cuyo fin es justamente cambiar algunos usos de suelo y conservar lo poco que queda de estas geoformas litorales (Cuadro N° 2). Para esto, se determinaron zonas de amortiguación dunar (ZAM), correspondientes a zonas urbanizadas aledañas a las dunas, que puedan evitar posibles daños a las dunas, así como ocurrió en los intentos de tomas en Playas Blancas. Asimismo, se definió una zona de recuperación dunar (ZRD) en un sitio ubicado al sur del estero de Cartagena; que hoy en día es ocupado por el Departamento Ambiental de la Municipalidad homónima, cuyo objetivo es cuidar y preservar el entorno natural, asequible a la recuperación dunar o al menos a la concientización del entorno y por qué no, un eventual acceso a un soñado Santuario de la Naturaleza.

Cuadro N° 2
Correlación zonas PRC y propuesta de zonificación.

Zona PRC	Zona	Categoría
ZE-3 + ZET + E2	Zonas para la Conservación y Protección (Paleodunas)	ZE-4
ZR-1 + E	Zonas para la Conservación y Protección (Antedunas borderas)	ZE-4
Z3 + Z5	Zonas para la Conservación y Protección (Duna Parabólica)	ZE-3
Z3 + E3	Zonas para la Investigación y Educación Ambiental	ZR-1
ZET + E2	Zona de Recuperación Dunar	ZRD
ZET+Z1+Z3+Z4+Z5+E 2	Zona de Amortiguamiento	ZAM

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la zonificación del PRC incide en la mayor o menor vulnerabilidad de un lugar a ser ocupada por una actividad intensiva y que pudiera provocar la degradación ambiental del lugar, esto puede llevar a cierta confusión y error, ya que eventualmente se pueden presentar áreas normadas para ciertos usos o actividades, sin que necesariamente exista la presencia de aquellos usos en la realidad. Para el caso de esta investigación y considerando el contexto urbano de la zona de estudio, se presenta una mala relación entre lo normado y la actividad presente en las distintas zonas, por lo que dicho análisis permitió la elaboración coherente para la propuesta de zonificación final para la protección ambiental de las dunas costeras en la Bahía de Cartagena.

Conclusión

Las dunas costeras de la Bahía de Cartagena presentan importantes cambios en la superficie del campo dunar en el periodo 1963-2017, en especial para cada tipo de duna encontrado. En dicho periodo la tipología dunar con mayor reducción de masa dunar fueron las Paleodunas con un 94% equivalente a 167 ha., permaneciendo sólo 11 hectáreas de las cuales la mayoría continúa siendo degradada. La duna parabólica disminuyó un 54% su masa dunar, correspondiente a 21 hectáreas perdidas, es decir, sólo quedan 17 ha. en la actualidad. La anteduna bordera ha perdido un 27% su masa dunar, correspondiente a 6 hectáreas, es decir, restan 18 ha. a la fecha. En consecuencia, la distribución original según tipología dunar cambió radicalmente en los últimos 54 años, predominando las antedunas borderas con un 39% de cobertura dunar, duna parabólica con 37% y paleodunas con 24% en 2017.

De este modo, se demostró que la principal causa de la transformación y/o pérdida de las dunas costeras en la Bahía de Cartagena se debe a la urbanización, encontrándose en 1963 un 11% de la superficie de las dunas construida (27 hectáreas) principalmente por residencias secundarias, aumentando a un 91% en 2017 (218 hectáreas), es decir, ocurrió un incremento de 8 veces de la superficie urbanizada en el periodo 1963-2017.

El mayor impacto urbano sobre las dunas se produjo a partir de la década de los 80's, por la masiva llegada de asentamientos-turísticos y por la sobreexplotación minera. En efecto, se determinó que ocurrió una expansión urbana de tipo lineal Norte-Sur causada por el paisaje escénico costero de 3 núcleos urbanos; por el norte el balneario Las Cruces, en el centro el balneario Costa Azul y en el sur el balneario popular de Cartagena.

A partir del análisis realizado de las dunas costeras de la Bahía de Cartagena se permite concluir que las Paleodunas se encuentran en estado crítico de transformación o pérdida, al borde de la desaparición. Provocando la desnaturalización y fragmentación de los ecosistemas dunarios, la disminución de su superficie y la alteración de procesos naturales que afectan a la dinámica de las dunas junto con su calidad de hábitat original. Por otra parte, las antedunas aledañas a la playa están sometidas a la acción del oleaje, siendo erosionadas y parcialmente destruidas durante las marejadas invernales cada vez más intensas y frecuentes producto del cambio climático; por este motivo es necesario mantenerlas libres de instalaciones o construcciones humanas que las fijan, impidiendo que se adapten libremente a las condiciones del ataque del oleaje y cumplan su rol natural de protección de las zonas interiores.

En efecto, en la Bahía de Cartagena la principal causa de la transformación y pérdida de dunas se debe a la expansión urbana y al crecimiento exponencial de nuevos asentamientos turísticos, los cuales sustituyen las dunas por las infraestructuras propias de estos desarrollos (restaurantes, condominios, jardines con especies introducidas, piscinas artificiales). Es de esperar que en algunos años más, aumente la degradación de la tipología anteduna bordera por la construcción de utópolis y distópolis cada vez más cercanas a la playa y el mar, causando la artificialización de la costa.

Referencias bibliográficas

Araya-Vergara, J. The evolution of modern coastal dune systems in central Chile. *International Geomorphology 1986 Part II*. Ed. V. Gardiner. John Wiley & Sons Ltd., 1987, p. 1231-1244.

Bagnold, R. *The physics of blown sand and desert dunes*. Chapman & Hall, London, 1954.

Bird, E. *Coastal Geomorphology: An introduction*. J. Wiley & Sons Ltd., 2008.

Castro, C. e Hidalgo, R. Del pueblo balneario a la gran conurbación: la expansión urbana en el litoral central de la V Región de Valparaíso, Provincia de San Antonio, 1954-2000. *Revista Geográfica de Valparaíso*, 2002, N° 32-33, p. 91-103.

Castro, C. *Geografía de las dunas costeras de Chile: Instrumentos y pautas para su manejo integrado*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2015.

Del Canto, S. y Paskoff, R. Características y evolución geomorfológica actual de algunas playas de Chile central, entre Valparaíso y San Antonio (V Región). *Revista de Geografía Norte Grande*, 1983, N° 10, p. 31-45.

Hesp, P. *The Beach Backshore and Beyond*. In: Short, A. (editor). *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. J. Wiley & Sons Ltd, 1999, p. 145-169.

Hesp, P. Conceptual models of the evolution of transgressive dune field systems. *Geomorphology*, 2013, N° 199, p. 138-149.

Huggett, R. *Fundamentals of geomorphology*. Routledge Fundamentals of Physical Geography Series, 2011.

Kohler, A. Geobotanische. Untersuchungen an Kuztendunen Mittelchiles zwischen 27 und 42 Grad súdl. *Breite Bot. Jahrb.*, 1970, N° 30, p. 50-200.

Kohler, A. y Weisser, P. Contribución al problema de los neófitos: *ambrosia chamissonis* (Less) Greene en Chile. *Boletín Universidad de Chile*, 1996, N° 70, p. 62-68.

Pye, K. & Tsoar, H. *Aeolian sand and sand dunes*. Springer Science & Business Media, 2008.

Veloso, B. *Estructura y dinámica del sistema dunar de Longotoma*. Santiago de Chile: Tesis de Grado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, 2005.