



Universidad Autónoma de Baja California

Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Facultad de Ciencias Marinas
Facultad de Ciencias

Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo

Tesis que para obtener el grado de
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Título

Los servicios ecosistémicos que proveen las dunas costeras de la Península de Baja
California como un instrumento para la toma de decisiones

Presenta
Natalia Alejandra Rodríguez Revelo

Ensenada, Baja California, Enero de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

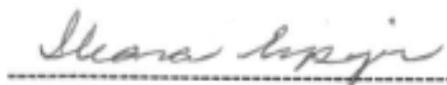
**Título: Los servicios ecosistémicos que proveen las dunas costeras de la Península de
Baja California como un instrumento para la toma de decisiones**
DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Tesis que para obtener el grado de
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Presenta

Natalia Alejandra Rodríguez Revelo

Aprobado por:



Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal
(Directora)



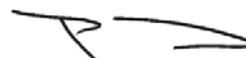
Dra. María Concepción Arredondo García
(sinodal)



Dra. Lina Ojeda Revah
(sinodal)



Dra. María Alejandra Sánchez Vázquez
(sinodal)



Dra. Patricia Moreno-Casasola Barceló
(sinodal)

Agradecimientos

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por brindarme una beca de manutención.

Le doy las gracias a la Dra. Ileana Espejel por haber dirigido, orientado y apoyado esta investigación.

A la Dra. Concepción Arredondo y la Dra. María Alejandra Sánchez Vázquez por su apoyo en todo este proceso de la tesis.

A la Dra. Lina Ojeda, por sus valiosos y pertinentes comentarios en todo momento.

La Dra. Patricia Moreno-Casasola por haber aceptado ser parte de este trabajo.

Al Dr. Pedro Peña-Garcillán por sus comentarios y orientación en esta investigación.

A mi familia, por apoyarme, alentarme e impulsarme durante estos años. A mis adorados hijos.

Compañeros y amigos que estuvieron ahí en cada momento de la tesis.

ÍNDICE

RESUMEN	6
I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	8
1.1. Servicios Ecosistémicos (SE).	8
1.2. Dunas costeras.....	11
2. OBJETIVO GENERAL	16
Objetivos específicos.....	16
3. METODOLOGÍA GENERAL	17
4. RESULTADOS	20
CAPÍTULO I. Descripción de las playas y dunas costeras de la Península de Baja California.....	20
Introducción.....	20
1. Las dunas costeras	20
2. La flora de las playas y dunas costeras.....	25
3. El estado de conservación de las playas y dunas.....	28
4. Desarrollos turísticos y urbanos en zonas de playas y dunas costeras	29
5. Desarrollos industriales emergentes	31
6. Referencias	33
CAPÍTULO II. Environmental Services of Beaches and Coastal Sand Dunes as a Tool for their Conservation.	38
1. Introduction.....	39
2. Methodology	45
3. Results	45
4. Discussion	62
5. Conclusions.....	63
6. References	64
CAPÍTULO III. El servicio ecosistémico de hábitat de las playas y dunas costeras de la Península de Baja California, México.	79
Resumen	79
1. Introducción	80
2. Antecedentes.....	81
3. Método	82
4. Resultados	85
5. Discusión.....	92
6. Conclusiones	94
7. Referencias	94
CAPÍTULO IV. El servicio ecosistémico de moderación de disturbios de las dunas costeras de la Península de Baja California.....	98
Resumen	98
1. Introducción	98
2. Antecedentes	99
2.1. Dunas costeras	99

2.2 Protección costera	100
2.3 Población en la costa	100
3. Metodología	101
4. Resultados.....	101
5. Discusión	105
6.Conclusiones	106
7. Referencias.....	106
CAPÍTULO V. Valoración monetaria del SE de provisión de minerales de las dunas costeras de la Península de Baja California.....	109
Resumen.....	109
1. Introducción	109
2. Antecedentes.....	111
3. Marco metodológico.	116
4. Resultados y discusión.....	119
5. Conclusiones.....	127
6. Referencias	128
6. DISCUSIÓN GENERAL	135
6.1. Valoración no monetaria del SE de Información (conocimiento y cultura)	138
6.2. Valoración no monetaria del SE de hábitat de refugio y banco de germoplasma de la flora	140
6.3. Valoración no monetaria del SE de regulación: protección costera.	141
6.4. Valoración monetaria del SE de provisión de materia prima (arena).	142
7. CONCLUSIONES	144

RESUMEN

Las dunas de la Península de Baja California cubren 249 533 ha, 95% son trasgresivas, 4% frontales y 1% parabólicas. Baja California Sur ocupa el primer lugar con dunas del país con 27.4% y Baja California el noveno lugar con 3.5%. Sin embargo, en la región mediterránea de Baja California se encuentran dos de los sitios con mayor diversidad florística de la península. En el mundo se reporta que las dunas ofrecen 25 servicios ecosistémicos (SE) de los cuales 22 están presentes en la península y corresponden a seis de provisión, nueve de regulación, uno de hábitat y cinco de información (cultura y conocimiento). Se eligió un SE de cada una de las funciones según la importancia que le otorgan expertos. La función de regulación a través del SE de protección, el de hábitat con el SE de refugio y banco de germoplasma y el SE de información (conocimiento y cultura) con el de desarrollo cognitivo y educación fueron valorados de forma no monetaria, y la función de provisión con el SE de materias primas (minerales) fue valorado de manera monetaria. La literatura seleccionada sobre SE de dunas costeras en el mundo fue de 200 publicaciones y de 135 para México y 111 de la península. De las de la península 14 mencionan SE de la función de provisión, 23 de regulación, 30 de hábitat y 44 para información (conocimiento y cultura). El SE más estudiado en las dunas costeras de México ha sido el referente a la provisión de materias primas, específicamente los minerales. El SE de regulación más reconocido es el de protección contra tormentas y prevención de la erosión. La función de los ecosistemas para generar conocimiento y cultura está muy documentado. El SE desarrollo cognitivo se ejemplificó con la bibliografía que reconoce su importancia. Se encontraron 747 especies de plantas de playas y dunas costeras en herbarios nacionales e internacionales, por lo tanto, la función de hábitat representa 37% de la flora de dunas del país. Se reportan 49 especies que crecen exclusivamente en dunas costeras de la península, de las cuales solo 13 se encuentran en playas y dunas costeras. Se recomiendan 15 sitios para protección por su mayor grado de diversidad. Es importante investigar más sobre el uso de las plantas de dunas ya que el valor biocultural ayuda a los tomadores de decisión a sensibilizar sobre la importancia de conservarlas. Aunque 0.3% de la población vive en una franja de un kilómetro de la costa,

las zonas turísticas y urbanas han destruido las dunas, quedan desprotegidas y sus playas se erosionan. Si los tomadores de decisiones tomaran en consideración los SE, es posible que se deje de construir el riesgo costero como ha sucedido en los corredores turísticos de Tijuana-Ensenada y de Los Cabos-San José del Cabo. El SE de provisión de arena de algunas dunas se estimó y valoró monetariamente por volumen. Se encontró que no se pagan justamente, ya que se pagan 631 USD que se calcula por hectárea, en lugar de 745 503 USD por tonelada por hectárea si se pagara por volumen. Aunque la minería es una actividad prioritaria para el gobierno mexicano, requiere de una revisión de sus leyes y formas de pago, para que no solo las empresas extranjeras usufructen de un recurso altamente valioso. Finalmente, el valor monetario de los SE es muy alto y el reto sería encontrar las formas de que la valoración no monetaria de los otros tres SE fueran equivalentes. El listado presentado por primera vez para la península, motiva a la investigación más profunda en valoración directa de los SE que proveen las playas y dunas costeras.

Palabras Clave: Dunas costeras, Servicios, Manejo, Función, Ecosistemas

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

De entre todos los ecosistemas y tipos de vegetación, las playas y dunas costeras son de los más relegados en todo el mundo, en términos de la conservación del hábitat, el manejo como ecosistemas y en la aplicación del conocimiento sobre la complejidad de los procesos físicos (Arun et al., 1999; Pua Bar, 2009); las lagunas costeras con grandes superficies arboladas de manglares y otros humedales muy productivos, son los ecosistemas que han merecido mayor atención a nivel mundial (Barbier, 1991, 1993, 1997a, 1997b) y le ha robado la atención a las playas y dunas costeras dejándolas con un papel marginal (Everard et al., 2010). Sin embargo, las dunas costeras son importantes desde el punto de vista ecológico por el hecho de existir como ecosistemas, pero también por los servicios ecosistémicos (SE) que le prestan a la sociedad (Pilkey et al., 1998; Psuty, 2004 y Moreno-Casasola, 2006). Son sitios dinámicos, que se mueven con el viento y cada grano de arena forma montículos que posteriormente se convierten en barreras de protección contra tormentas y huracanes, protegiendo todo aquello que lo rodea, es el hábitat de especies de flora con múltiples plantas y animales endémicos y, las dunas también son filtradoras de agua de lluvia.

Una forma de valorar a los ecosistemas y apoyar la toma de decisiones para el uso o la protección de los mismos son los SE. Estos se han utilizado como un instrumento para conocer las singularidades de los ecosistemas, para identificar los beneficios que proveen los ecosistemas y para determinar el grado de importancia de los ecosistemas comparativamente. El valor puede ser monetario y no monetario.

1.1. Servicios Ecosistémicos (SE).

Los SE son los beneficios directos e indirectos que generalmente no son ofertados en el mercado, pero de los cuales la sociedad obtiene bienes a partir de los ecosistemas que los generan. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) y De Groot et al., (2010), han elaborado un sistema de clasificación de los SE basado en las cuatro funciones básicas de los ecosistemas: 1) hábitat: son los necesarios para la producción de los demás SE (el ciclo de nutrientes, la fotosíntesis), 2) provisión: son los productos que obtenemos de los ecosistemas (alimento, leña, fibras), 3) regulación: son los beneficios que se obtienen a partir de la regulación de procesos que se producen gracias al buen funcionamiento del

ecosistema (como la polinización, regulación de enfermedades, y regulación climática) y 4) Información y cultura: son los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas (recreativo, turístico, estético, espiritual, cognitivo). Otros autores mencionan el SE de soporte (campos de cultivo o donde se desarrolla la biodiversidad, pero éste también ha sido incluido por otros autores, dentro de los de hábitat o provisión).

Hay muchos ejemplos de identificación de SE de humedales, en especial en manglares del mundo (Vo et al., 2012; Schwerdtner et al., 2014; Moreno-Casasola, 2016; Barbier, 2016; Rogers et al., 2016), pero solo hay una publicación sobre este tema aplicado a las dunas costeras que aborda la escala mundial. Es el trabajo de Everard et al. (2010) quienes enlistan los SE de las dunas costeras y proponen una metodología de “checklist” con calificaciones de nivel de importancia para comparar su resultado en las dunas del mundo con sistemas de dunas locales.

Conocer cuántos SE tiene un ecosistema es útil para otorgar un valor no monetario a los ecosistemas, para percibir la complejidad e importancia de los mismos y comúnmente se utilizan para tomar decisiones de manejo de ecosistemas (Balvanera et al., 2007). Hoy en día es importante y urgente buscar formas no monetarias para valorarlas porque la demanda de arena para su explotación es enorme, así como el uso en de las playas para el turismo (Castillo-Canalejonio et al., 2012). Las empresas energéticas utilizan por año 25.5 millones de toneladas de arena sílica para la fracturación hidráulica o fracking de hidrocarburos, que llega a valer \$1 250 millones de dólares al año y un promedio de volumen de agua de 10 000 litros hasta más de 36 millones de litros por pozo (Sider et al., 2013).

El valor de las dunas costeras no es menor ya que proveen 25 SE (Everard et al., 2010) (Cuadro 1) de los 30 reportados para ecosistemas naturales y semi-naturales en el mundo (de Groot, 2006). Por lo tanto, la intención de esta tesis, es describir al ecosistema de dunas costeras en una escala regional, la de la península de Baja California, y analizarlo desde el enfoque de los SE que proveen (Figura 1) con el fin de proporcionar elementos para que se tomen mejores decisiones en el manejo de este ecosistema.

Para ello, se visualiza al ecosistema de dunas costeras como un sistema heterogéneo y complejo de playas y dunas altamente dinámicas por ser el ecotono entre dos sistemas contrastantes, el mar y la tierra. La tesis se aborda desde cuatro miradas relacionadas directamente a las funciones básicas de los ecosistemas: 1) la regulación, 2) la provisión, 3)

el hábitat y 4) la información y cultura (Figura 1). Para cada función se eligió como ejemplo, un servicio ecosistémico, seleccionado según la importancia dada por Everard et al. (2010) y por experiencia propia y de expertos en dunas nacionales.



Figura 1. Esquema de funciones ecosistémicas y un ejemplo de servicios ecosistémicos de las dunas costeras de la Península de Baja California que se analizan en esta tesis.

Cuadro 1. Listado del valor e importancia de los servicios ecosistémicos de dunas costeras en el mundo según Everard et al. (2010). Los valores reflejan el grado de importancia que brinda cada SE: 0=no importante, 1=importancia baja, 2=importancia media y 3=importancia alta.

Funciones ecosistémicas	Valor importancia (0-3) según (Everard et al., 2010)
Funciones de Provisión	
1	Oferta de agua 3
2	Recursos medicinales 3
3	Materias primas 2
4	Uso militar 2
5	Alimentos 1
6	Recursos genéticos 1
7	Recursos ornamentales 0
Funciones de Regulación	
8	Moderación de disturbios 3
9	Regulación de agua 3
10	Mantenimiento de la 3

11	Regulación climática	2
12	Control biológico	2
13	Regulación de la calidad	1
14	Regulación del flujo de	1
15	Tratamiento de desechos	1
16	Prevención de la erosión	1
17	Polinización	1
18	Regulación de la erosión	0
	Funciones de hábitat	
19	Refugio	3
20	Protección del banco de germoplasma	1
	Funciones Culturales	
21	Información estética	2
22	Recreación	2
23	Experiencia espiritual	2
24	Inspiración para la cultura y	1
25	Desarrollo cognitivo	1

Los ecosistemas producen bienes que son aprovechados directamente por la sociedad por lo que resulta posible cuantificar su valor económico monetario. Sin embargo, muchos de los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas son importantes no sólo por su papel en el consumo directo sino también por sus aportaciones al bienestar de la sociedad en general por el uso indirecto (Manson et al., 2006).

Aparte de los bienes y servicios de uso indirecto, existen también los servicios de no uso; en los cuales la sociedad otorga un valor de existencia a un recurso natural a través de sus leyes y normas. Estos servicios de no uso incluyen el placer que nos da el conocimiento de que existen especies únicas (indirecto) (Manson et al., 2006). También están incluidos en este mismo rubro, los valores de demanda opcional; éstos son los recursos naturales y de herencia, por los que estamos dispuestos a pagar un costo económico arriba del precio actual, con el fin de preservarlos en la actualidad para poder aprovecharlos en el futuro (Lara-Domínguez et al., 1998).

1.2.Dunas costeras.

Las dunas son acumulaciones de arena que miden desde unos centímetros (dunas embrionarias) hasta algunos metros de altura y se extienden varios kilómetros tierra adentro. Se forman fundamentalmente por la acción eólica, es decir, del viento, que levanta, acarrea y deposita los granos de arena (Ranwell, 1972).

La fuente inicial de la arena es depositada en las playas gracias a las corrientes de agua del océano, lagos o ríos. Cuando la arena de la playa queda expuesta al aire durante tiempo suficiente, se seca y entonces es susceptible a ser movida por el viento. Así da inicio la formación de las dunas costeras (Jiménez-Orocio et al., 2014a). Existen diversas formas de dunas, de acuerdo a sus características topográficas y la manera en que se movilizan, se han clasificado en cinco grandes grupos (Hesp, 2000): 1) dunas embrionarias o frontales, 2) hondonadas, 3) dunas parabólicas, 4) barjanes y 5) dunas transgresivas (Figura 2) (Cuadro 2).

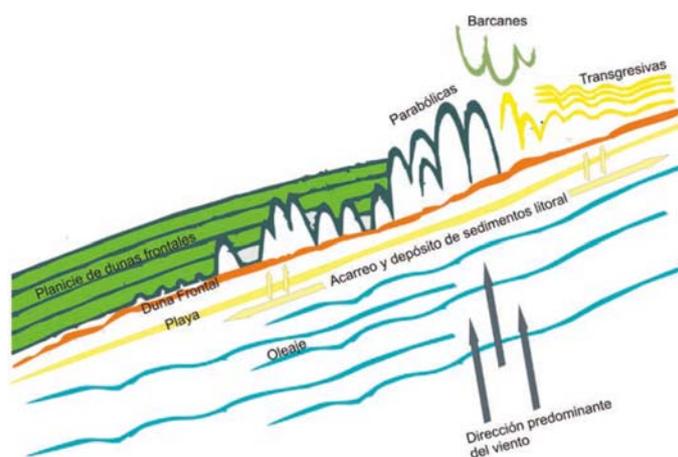


Figura 2. Esquema de las diferentes formas de dunas (Tomado de Jiménez-Orocio et al., 2014, modificado de Bird, 2010).

Cuadro 2. Tipos y características principales de dunas costeras.

Tipo de duna	Características
Dunas embrionarias o frontales	Montículos de arena relativamente pequeños y aislados, que generalmente se encuentran más cercanos al mar, ubicándose con una orientación paralela a la costa
Planicie de dunas frontales	Múltiples cordones de dunas, usualmente con una orientación paralela a la línea de costa, las cuales se han formado sucesivamente como dunas frontales detrás de una playa arenosa progradante.
Hondonadas	Son el resultado de procesos erosivos, y se encuentran en las partes más bajas de los sistemas de dunas. Pueden tener una gran variedad de formas, pero la mayoría se clasifican como hondonadas en forma de plato (formando un semi-círculo) o bien hondonadas alargadas (Hesp, 2000), (también llamados corredores de viento).
Dunas parabólicas	Son dunas en forma de “U” invertida y, como su nombre lo indica, semejan una parábola. Se caracterizan por tener dos brazos y una cima, que es la parte más alta y donde se unen los brazos. La cima está orientada hacia la dirección donde viajan los vientos dominantes. Además, se puede reconocer una pendiente interna y una externa. La primera está en dirección de donde viene el viento (barlovento) y la segunda en la dirección hacia donde sopla (sotavento).
Barjanes	Tienen forma de media luna, y se parecen a las dunas parabólicas. Los brazos de las dunas barjanes apuntan hacia donde avanzan los vientos predominantes, lo que es

	contrario a lo que ocurre en las dunas parabólicas. Es decir, en los barjanes los brazos avanzan más rápido que la cima.
Dunas transgresivas	Son un conjunto de dunas que están avanzando (o que han avanzado) tierra adentro o a lo largo de la costa y que tienen una cubierta de vegetación muy escasa o nula. Avanzan sobre todo tipo de terrenos, desde aquellos totalmente cubiertos por vegetación hasta aquellos parcialmente desnudos. También pueden avanzar sobre zonas con pendientes muy pronunciadas

Fuente: Jiménez-Orocio et al. 2014 b.

Las dunas costeras son importantes desde el punto de vista ecológico por el hecho de existir como ecosistemas, pero también por los SE que le prestan a la sociedad (Pilkey et al., 1998; Psuty, 2004 y Moreno-Casasola, 2006). Destacan los SE de:

- 1) Amortiguación de perturbaciones naturales y la protección de las tierras interiores de la erosión provocada por las tormentas y el aumento del nivel del mar (Martínez et al., 2014);
- 2) provisión de a diferentes especies de animales, como invertebrados, anfibios, reptiles y aves playeras (Martínez 2009; Moreno-Casasola 2010; Espejel et al. 2015; Flores Balbuena 2013; Martínez et al. 2014);
- 3) De sustrato para las actividades turístico-urbano y de provisión de recursos naturales para el sector minero y de la construcción (Carter, 1991; Van der Maarel, 1993; Moreno-Casasola 2006; Martínez 2009; Psuty 2004). Las actividades recreativas (sandsurf, motociclismo, caminatas, asolearse, relajarse y contemplar el mar, entre otras) generan una derrama económica a nivel mundial (Jiménez-Orocio et al., 2014a). Según CAMIMEX (2006) la incursión y el desarrollo de la minería es una verdadera palanca de desarrollo económico para la sociedad (ciudades, carreteras, redes de ferrocarriles, redes de comunicación, red de agua potable, electrificación y captación de tecnología por lo que su aprovechamiento acarrea beneficios para las comunidades como lo son el trabajo, la vivienda, educación, salud, servicios);
- 4) autores, como Hesp (2000) agrega que las dunas costeras están frecuentemente asociadas a playas y en conjunto brindan SE de regulación, atrapan y almacenan arena actuando como un buffer entre la dinámica del mar, de la tierra y de la atmósfera. Esto a su vez beneficia a la ubicación de asentamientos humanos, ya que la arena que se va juntando poco a poco, forma montículos que crean barreras que sirven como muros naturales protectores, al momento de cualquier huracán o tormenta que llegue a tocar a la costa;

5) Así mismo, poseen un papel importante en el balance sedimentario, ya que liberan arena para completar ciclos de erosión y sedimentación, son los sitios de almacenamiento sedimentario más importantes del mundo (Hesp, 2000), es decir, los lugares donde hay mayor acumulación de sedimentos -granos de arena de distintos tamaños- los cuales han sido transportados por corrientes marinas y vientos;

6) Regulan y permiten la disponibilidad de agua, al actuar como un filtro y purificadoras de agua de lluvia y así como los sitios para la recarga de mantos freáticos;

7) La función estética y recreativa, asociadas a la belleza escénica de las dunas costeras es uno de los SE más apreciados por los turistas (Daily, 1997; Martínez, 2009) y según (Mendoza-González 2009 y Mendoza-González et al. 2012), la belleza escénica y las actividades recreativas son SE altamente valorados por la sociedad.

Las actividades humanas que se hacen en las dunas costeras, a pesar de los beneficios económicos que generan, también causan efectos nocivos sobre la calidad del ambiente y hasta pueden ser devastadores (Martínez, 2009), ya que modifican ambientes frágiles y de gran diversidad biológica (Espejel et al., 2009). Por ejemplo, en Europa entre 1900 y 2004, a causa del desarrollo urbano y turístico se perdió el 25 por ciento de las dunas costeras y, la mitad (55%) hace 10 años (2004) estaban en peligro de desaparecer por su mala calidad (Heslenfeld et al., 2004). Estas pérdidas significan que han dejado desprotegida la costa europea y por lo tanto han aumentado las grandes inversiones en la reparación de daños.

En México, si bien la mitad de la superficie de dunas costeras está bien conservada (Seingier et al., 2009), la tercera parte de ellas ha sido transformada, principalmente para usos urbano y agropecuario (Jiménez-Orocio et al. 2014b) y el resto están fragmentadas y/o invadidas por especies introducidas. En las costas mexicanas existen varios sitios donde las dunas están amenazadas por los desarrollos inmobiliarios turísticos y habitacionales y por el crecimiento de puertos y marinas; sitios como Altata y Cruz de Elota en Sinaloa, Puerto Peñasco en Sonora, Boca del Río y Costa Esmeralda en Veracruz y el municipio de Cancún en Quintana Roo (Seingier et al. 2009; Jiménez-Orocio et al. 2014).

La península de Baja California tiene sistemas de playas y dunas costeras con uno de los mejores estados de conservación. Esto se debe a que los centros de población más grandes

se encuentran concentrados en los extremos de la Península y la aridez predominante no favorece el desarrollo.

Sin embargo, hay un interés tácito del gobierno nacional para incrementar el desarrollo costero de las costas peninsulares (Marín 2015), con modelos que repiten los errores cometidos en los países desarrollados y que han demostrado que son un fracaso ambiental (Massé, 2015) con un costo económico fundamentado en los impuestos de los ciudadanos. Este tipo de desarrollos, léase minero y de centros turísticos tradicionales, amenazan la existencia de los ecosistemas de la península, en especial a los costeros, ya que por una parte es donde se puede desalar agua de mar y contravenir la aridez propia del clima peninsular y por la otra, las costas como atractivo principal al turista internacional asociado al mar y la playa.

En términos de las funciones de información científica, si bien en general se tiene investigación de la diversidad geológica, florística y faunística de varios de los ecosistemas peninsulares, no se encontraron inventarios sobre los servicios que estos ecosistemas costeros generan, por lo cual es de gran importancia identificar los SE que proveen para utilizarlos en la toma de decisiones que requiere un manejo integrado de la zona costera. Se eligió estudiar el ecosistema de dunas costeras porque hay evidencias de que estas estructuras geomorfológicas proveen diversos servicios de regulación entre ellos, la amortiguación a eventos tales como tormentas y la elevación del nivel del mar, ya que se consideran protectoras naturales de la población y de la infraestructura costera (Magaña et al., 2000). De igual forma, algunas de ellas brindan la función de hábitat a núcleos de biodiversidad importantes, algunas poseen endemismo y riqueza natural (Rodríguez-Revelo, 2012; Espejel et al., 2015). También entre las funciones de información y cultura, han sido escenario de varias investigaciones (Jimenez-Orocio et al., 2015) y de múltiples eventos culturales, han sido utilizados por grupos antiguos de indígenas, de cuya actividad quedan restos arqueológicos conocidos como “concheros” (Gutiérrez, 2009); como cursos de educación ambiental (de la Vega, 2011), filmaciones (Reyes, 2003); conciertos y, recientemente, el SE de provisión cobra importancia económica con la extracción de arena (Rodríguez-Revelo, 2012).

Por lo tanto, la importancia de esta tesis es generar un inventario de los SE que proveen las dunas costeras de la Península de Baja California, describirlos y documentarlos para cada

una de las cuatro funciones básicas: provisión, regulación, hábitat y conocimiento y cultura y ejemplificar un SE de cada función. Para la función de provisión se tomó el servicio de materias primas enfocándose en los minerales, para la función de regulación el servicio de protección a la población costera, la función de hábitat a través del servicio de refugio y banco de germoplasma y para la función de conocimiento y cultura, los servicios de desarrollo cognitivo y educación (donde se incorpora la información encontrada en motores de búsqueda bibliográfica y hemerotecas).

2. OBJETIVO GENERAL

Destacar los servicios ecosistémicos de las dunas costeras con valores no monetarios que trascienden en la valoración económica, para su uso en la toma de decisiones.

Objetivos específicos

1. Describir el ecosistema de dunas costeras de la Península de Baja California desde el punto de vista holístico.
2. Identificar y valorar los servicios ecosistémicos de las cuatro funciones ecosistémicas:
 - 1) Información (conocimiento y cultura), expuesta con el SE de desarrollo cognitivo, en específico con las investigaciones sobre dunas costeras de la península publicadas en revistas disponibles en motores de búsqueda.
 - 2) Hábitat, expresada con el SE de recurso genético en específico la flora que crece sobre las dunas costeras de la península.
 - 3) Regulación, ilustrada con el SE de protección a las poblaciones humanas de la costa peninsular.
 - 4) Provisión, explicada con el SE de materias primas en específico con los minerales en todas las dunas costeras de la península.

3. METODOLOGÍA GENERAL

El marco metodológico de esta tesis está centrado en los conceptos que dieron origen a la valoración del capital natural que son los ecosistemas, conformados por un funcionamiento, una estructura y una integridad particular. La idea del modelo es que las funciones de los ecosistemas prestan SE para el bienestar de las poblaciones humanas. Dichos SE tienen un potencial de ser o no valorados monetariamente (Figura 3). Solo los SE de la función de provisión tienen valores monetarios directos porque tienen un precio en el mercado, los demás han sido valorados monetariamente, pero de forma indirecta, es decir con equivalencias y analogías como es la valoración contingente, costo-viaje, entre otras. Hay otros valores que no tienen precio y por lo tanto es incongruente valorarlos monetariamente, por ejemplo, el valor estético, histórico, espiritual de un ecosistema (Figura 3).

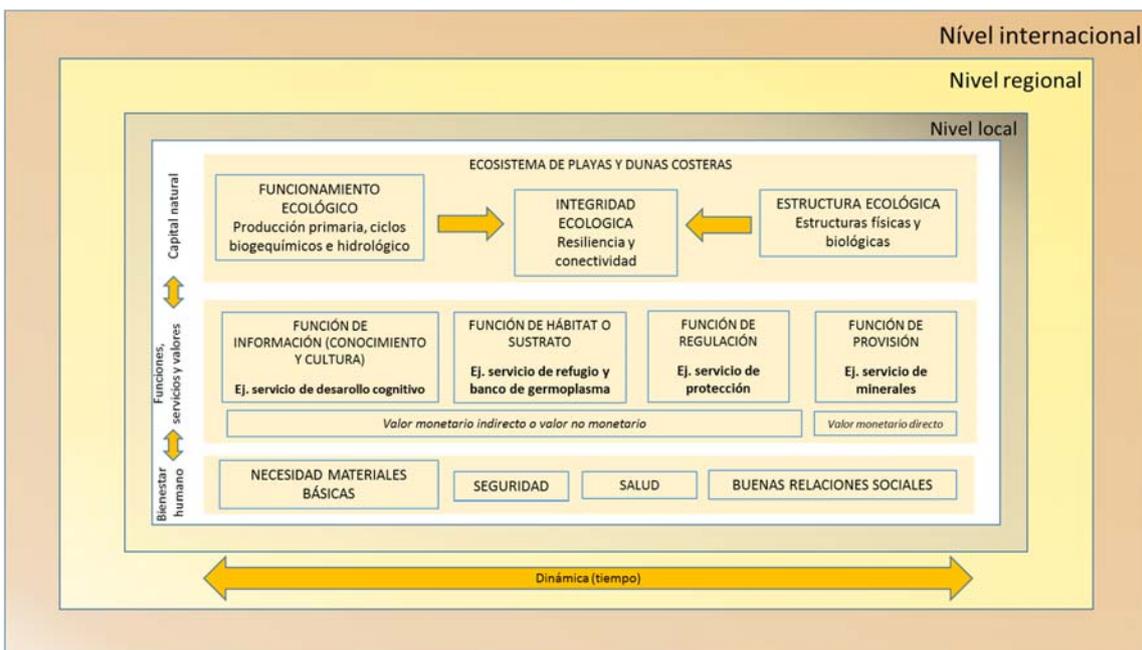


Figura I-3. Esquema metodológico del enfoque de estudio. Modificado de Gómez-Baggethun y de Groot (2007). Función de Información (conocimiento y cultura): SE información estética, recreación, experiencia espiritual, inspiración para la cultura y el arte, desarrollo cognitivo. Función de hábitat: SE de refugio y banco de germoplasma. Funciones de regulación: SE moderación de disturbios, regulación de agua (almacenada), mantenimiento de la fertilidad del suelo, regulación climática, control biológico, regulación de la calidad del aire, Regulación del flujo de agua, tratamiento de desechos, prevención de la erosión, polinización, regulación de la erosión. Función de provisión: SE oferta de agua, recursos medicinales, materias primas, uso militar, alimentos, recursos genéticos y recursos ornamentales.

Para el objetivo 1, se utilizaron diferentes técnicas de análisis. La base de todo el estudio se tomó de los mapas de dunas costeras de México publicada en varios capítulos del libro de Martínez et al. (2014). Con esta información base, se construyó un Sistema de Información Geográfica con 14 capas (o shapes). Las tres primeras capas se usaron para describir el ecosistema de dunas costeras de la Península de Baja California y analizar su estado de conservación. El resto se usó para determinar y valorar los SE que las dunas identificadas proveen.

1.- Los datos del tipo de dunas y superficie de acuerdo al capítulo de Jiménez-Orocio et al. (2014a) fueron utilizados para identificar las dunas de la Península de Baja California.

2.- Uso de suelo y vegetación de acuerdo al capítulo de Jiménez et al. (2014b). Se utilizó para determinar el tipo de actividades que se lleva a cabo en las dunas costeras en la Península de Baja California.

3.-Estado de conservación de las dunas tomado del capítulo de Jimenez-Orocio et al., (2014c) calificada en cinco categorías (muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo). Esta información se utilizó para determinar el grado de conservación que tienen las dunas costeras en la Península de Baja California.

Para el objetivo 2, específicamente para la función de información (conocimiento y cultura): se determinó el valor no monetario de las dunas costeras. Se identificaron bibliográficamente los SE que proveen las dunas costeras a nivel internacional y regional. Para ello se utilizó el método de Everard et al. (2010), el cuál se basa en la literatura disponible y en la consulta a expertos, donde a cada SE le es asignada una puntuación de importancia, basada en la prestación de cada SE en las dunas costeras. Para este análisis se le dio el valor de importancia mundial que ellos encontraron y se adicionó el valor documentado para la Península de Baja California, resultado de esta investigación. Los valores no monetarios reflejan el grado de importancia que brinda cada SE de dunas costeras de la península de Baja California: 0= no importante, 1= importancia baja, 2= importancia media y 3= importancia alta.

Para la función de hábitat: se utilizaron los resultados de un proyecto de Conabio (Espejel et al., 2015). Además, se realizaron salidas al campo para estudios sinecológicos con muestreos “tipo relevè” y perfiles de vegetación de dunas costeras en El Descanso, Punta Banda, El Socorro, Santa Rosalía y Laguna Manuela en Baja California. Se consultaron los

estudios similares en Baja California Sur del informe de Conabio que fueron realizados por el Dr. José Luis León de la Luz.

Para la función de regulación-protección: los datos de población del censo 2010 (INEGI, 2010) y censo económico de 2014 (INEGI, 2014), para determinar la población humana “protegida” por las dunas costeras.

Para la función de provisión: se utilizaron nueve capas de información del Servicio Geológico Mexicano del portal Geo InfoMex (marco geodésico de referencia ITRF92 y escala 1:5,000), a) datos geográficos básicos, b) denuncios mineros, c) yacimientos minerales, d) proyectos de desarrollos mineros actuales y proyectados, e) minas por elemento, f) geología, g) empresas mineras, h) asignaciones mineras e i) aptitud minera (SGM, 2016). Se realizó una visita a una mina de extracción de arena y mediante la técnica de observación directa se recabaron datos del tipo de mineral que extraían, procesamiento de separación de los minerales, manejo de vegetación y tipo de restauración que aplican. Se realizaron análisis granulométricos y mineralógicos (láminas delgadas, conteo modal) para determinar el tipo de arena de las dunas de la Península de Baja California de 11 sitios, seis en Baja California (Punta Banda, Eréndira, El Pabellón, El Rosario, Santa Rosalía y Laguna Manuela) y cinco en Baja California Sur (Todos Santos, Los Cabos, Cabo Pulmo, Las Barras y Los Frailes). Se tomó como base el estudio de la duna El Socorro (Rodríguez-Revelo et al., 2014).

Para determinar el valor monetario de la función de provisión se obtuvieron datos del costo monetario (en pesos mexicanos) de los minerales del Sistema Integral de Economía Minera (SINEM), se transformaron estos costos de pesos mexicanos a dólares americanos, con la finalidad de hacer comparables los precios.

4. RESULTADOS

CAPITULO I. Descripción de las playas y dunas costeras de la Península de Baja California.

Este capítulo se desprende de dos capítulos de un libro de divulgación sobre las playas y dunas de México:

Rodríguez-Revelo et al. (2014). Baja California. En: Martínez et al., (eds.). Diagnóstico de playas y dunas de México. Conafor.

Rodríguez-Revelo et al. (2014). Baja California Sur. En: Martínez et al., (eds.). Diagnóstico de playas y dunas de México. Conafor.

Introducción

1. Las dunas costeras

La superficie de las dunas costeras de la Península de Baja California suma un total de 249,533 ha, y está compuesta de tres diferentes tipos: frontales, parabólicas y transgresivas (Cuadro I.1).

Cuadro I.1. Superficie de las dunas costeras de la Península de Baja California, según su grado de movilidad y estado de conservación.

Tipo de duna	Movilidad	Estado de Conservación (ha)					Total
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Frontal	Estabilizada	949	784	109	26	658	2,526
	Semi-móvil	3,520	1,774	90	126	14	5,524
	Móvil	1,641	48				1,689
Subtotal		6,110	2,606	199	152	672	9,739
Parabólica	Estabilizada	59					59
	Semi-móvil	274	1,790				2,064
	Subtotal	333	1,790				2,123
Transgresivas	Estabilizada	3,097	1,270	82		124	4,573
	Semi-móvil	8,803	1,285		256		10,344
	Móvil	185,523	36,672		559		222,754

Subtotal	197,423	39,227	82	815	124	237,671
Gran total	203,866	43,623	281	967	796	249,533

Las dunas que cubren una mayor superficie son las transgresivas (95%), seguidas por las dunas frontales y las dunas parabólicas que son las más escasas (4% y 1% respectivamente). La cubierta vegetal es un indicador del grado de estabilización de la duna (Cuadro I.1). La mayoría de las dunas frontales y todas las dunas parabólicas están parcialmente cubiertas de vegetación, es decir se encuentran semiestabilizadas. A nivel nacional, Baja California ocupa el noveno lugar en extensión total de dunas costeras (3.5%), el tercer lugar de dunas parabólicas y el quinto de dunas transgresivas. Baja California Sur ocupa el primer lugar en extensión de dunas (27.4%), el sexto lugar en extensión de dunas parabólicas y el primer lugar de extensión de dunas transgresivas.

En el estado de Baja California las dunas frontales están ubicadas principalmente en los municipios de Ensenada y Mexicali, siendo las semimóviles las más abundantes. Las dunas parabólicas se encuentran en el municipio de Ensenada (todas semimóviles) y las dunas transgresivas se localizan en Ensenada, Mexicali y Playas de Rosarito, siendo la mayoría móviles. Para el estado de Baja California Sur las dunas frontales se localizan en los municipios de Comondú, La Paz, Loreto, Los Cabos y Mulegé; las dunas parabólicas en los municipios de Comondú y La Paz, las dunas transgresivas en Comondú, La Paz, Loreto, Los Cabos y Mulegé y las dunas barjanes en el municipio de Mulegé y Comondú.

Para la caracterización de las dunas costeras en la Península de Baja California se considera la división en dos litorales, la vertiente del Océano Pacífico y la del Golfo de California (Figura I.1). El litoral del Pacífico peninsular abarca desde Playas de Tijuana hasta el centro de población de Los Cabos. El norte se caracteriza por tener acantilados, terrazas fluviales y costeras y dunas costeras, dando lugar a una transición entre dos tipos de vegetación, el matorral costero suculento y el chaparral (*Artemisia californica*, *Salvia apiana*, *Salvia munzii*, *Eriogonum fasciculatum*, *Hazardia squarrosa* var. *grindelioides*, *Opuntia littoralis*; *Rhus integrifolia*, *Malosma laurina* y *Simmondsia chinensis*) (González-Abraham et al., 2010). Hay dunas bien conservadas en la ciudad de Ensenada, un ejemplo son las dunas privadas del Hotel Pacifica, que ha seguido las recomendaciones para su manejo y se

encuentran en buen estado y las del campo militar El Ciprés, donde hay poco accesos y por lo tanto se han conservado.

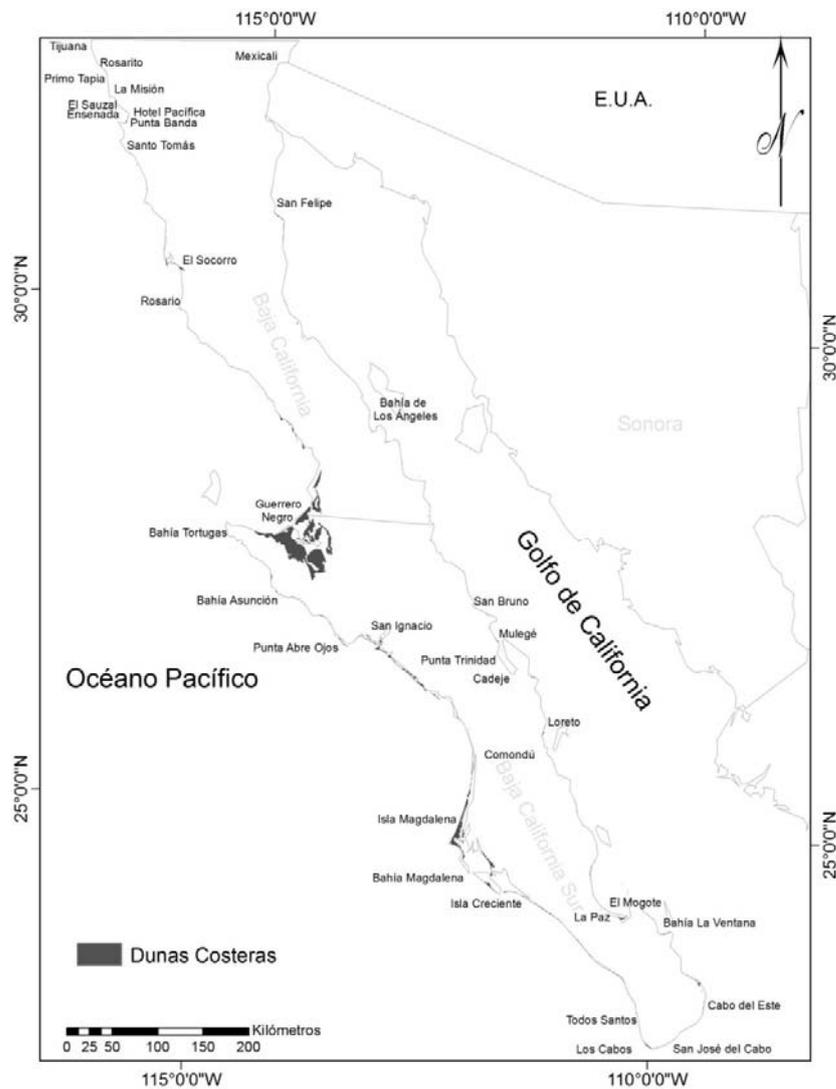


Figura I.1. Mapa de dunas costeras de la Península de Baja California.

Las dunas que siguen hacia el sur, de Santo Tomás a El Rosario, se mezclan con el matorral costero en pequeños sistemas de dunas transgresivas, casi siempre fijas, donde domina *Abronia maritima*, *Helianthus niveus*, *Isocoma menziesii* entre muchas otras (Rodríguez-Revelo et al., 2014a; Rodríguez-Revelo, 2012).

Gran parte del litoral en el estado de Baja California es parte del Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios, el área protegida más grande del estado de Baja California; ocupa el 34% del territorio y su litoral por ambas vertientes marinas tiene extensas playas pero pocas dunas de gran tamaño. En este sitio están las dunas frontales más altas y bien conservadas del país, ubicadas alrededor de laguna Manuela al sur en colindancia con la reserva de la Biósfera del Vizcaíno y la laguna de Guerrero Negro (SIMEC, 2013).

Las dunas costeras en Guerrero Negro constituyen el sistema de dunas costeras más grande del país (Figura 2). Uno de los sitios característicos de esta zona es la isla de barrera arenosa, del mismo nombre, de más de 60 km de perímetro - 25 km de largo y 8 km en su parte más ancha, separada por un sistema de humedales de la costa continental (Inman et al., 1966). La estructura geomorfológica de la isla de barrera se deriva de los vientos del NW, fuertes y continuos, que mantienen en constante movimiento los granos de arena; la dinámica sedimentaria forma dunas que alcanzan los 60 km tierra adentro (Fryberger et al., 1990).

Entre Bahía Tortugas y Punta Abreojos las dunas costeras son más discretas; estrechos cordones de dunas frontales y transgresivas móviles y semimóviles. En Punta Abreojos una barra arenosa de alrededor de 15 km protege a un estrecho sistema de manglares enanos. Este tipo de barras e islas de barreras se encuentran hasta los sistemas lagunares de San Ignacio y El Dátil.

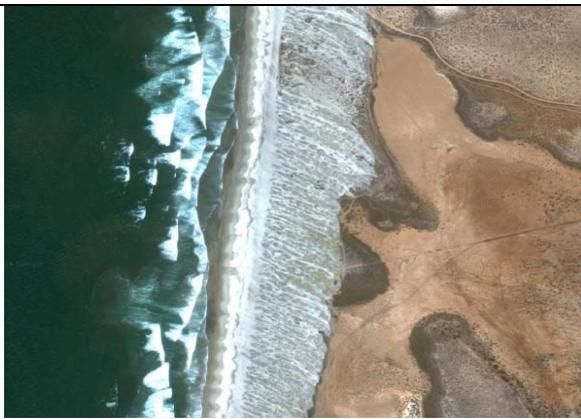
El último gran sistema de dunas costeras de la costa del Océano Pacífico de la Península de Baja California, se localiza en Bahía Magdalena. Está conformado por extensas islas de barrera (Punta Ánimas, Isla Magdalena e Isla Creciente) separadas del continente por un sistema de humedales y manglares, formadas por dunas transgresivas móviles (con vegetación estricta de dunas en algunas zonas). Isla Magdalena es el sistema de dunas más representativo de este sitio; es relativamente angosto (2 km) en su extremo noreste, frente al poblado Adolfo López Mateos, y se extiende hasta alcanzar los 10 km, frente al puerto de San Carlos.



Playas de Tijuana



Ensenada: Pacífica y Zona Militar



San Ramón- Laguna Mormona, San Quintín



Sur de San Quintín: Dunas El Socorro.



Laguna Guerrero Negro



Laguna Manuela



Figura 2. Imágenes de algunos sitios de dunas costeras en la Península de Baja California. Fuente: Imágenes obtenidas de Google Earth. Map Data 2017. Google, INEGI Imagery, 2017.

2. La flora de las playas y dunas costeras.

La flora de la región del Océano Pacífico ha sido estudiada desde la década de 1970 hasta la fecha (Johnson, 1977; Wiggins, 1980; Delgadillo, 1992; Peinado et al., 1990, 1994, 2007, 2009, 2011; Vanderplank, 2011; Rebman, 2011; Rodríguez-Revelo, 2012; Espejel et al., 2013; Riley et al., 2015).

La flora presenta un gradiente de perturbación-conservación que comienza con una zona altamente urbanizada en la frontera con California, Tijuana (Espejel et al., 2001). Los dos o tres cordones de dunas frontales generalmente están cubiertas por especies como *Cakile* spp en la playa, *Abronia maritima* y *Helianthus niveus* en las crestas y laderas de las dunas.

Destacan por sobre todas las playas y dunas, las de la Bahía de San Quintín con una flora muy rica debido a que se encuentran en el ecotono entre la zona mediterránea y la desértica. San Quintín es una zona de alta diversidad florística donde las dunas juegan un papel de suma importancia por su endemismo o casi endemismo (Vanderplank, 2011). El sistema de dunas más importante en esta zona es El Socorro, el cual fue estudiado con profundidad y de manera integrada por Rodríguez-Revelo (2012), donde encontró que las especies importantes son *Haplopappus berberidis*, *Hazardia squarrosus*, *Helianthus niveus*, *Mammillaria dioica*, *Opuntia cholla*, *Atriplex leucophylla*, *Croton californicus*, *Euphorbia micromera*, *Euphorbia misera*, *Frankenia palmeri*, *Frankenia salina*, *Astragalus*

anemophilus, *Acmispon distichus*, *Abronia maritima*, *Camissonia cheiranthifolia*, *Camissonia crassifolia*, *Nemacaulis denudata* y *Lycium brevipes*, todas ellas especies nativas que se comparten con el estado de California, en Estados Unidos (Figura 3).

Al sur de la Península de Baja California en la región del Océano Pacífico, la zona de las crestas de las dunas son las que albergan a un mayor número de especies. En la vertiente del Pacífico dominan *Sporobolus virginicus* y *Jatropha cinerea*, especies con mayor importancia relativa a nivel regional.

En el Golfo de California dominan las especies de plantas como *Chamaesyce leucophylla* y *Jouvea pilosa*. Otras especies de playa son *Sesuvium verrucosum*, *Marina maritima*, *Cylindropuntia bigelovii*, *Maytenus phyllantoides*, *Portulaca pilosa*, *Chamaesyce leucophylla* (León de la Luz y Domínguez, 2012). Existen cordones de dunas frontales estrechos asociados a las playas formadas en las bahías de la costa rocosa. En Punta Trinidad (Mulegé), la formación de dunas frontales está asociada al aporte de sedimento del río La Trinidad; de esta manera las dunas forman una barrera entre los márgenes del litoral marino y la formación de aluviones del sitio. En algunos segmentos las dunas son cortadas por canales estrechísimos que conectan los incipientes cuerpos de aguas, remanentes de la desembocadura del río, con las aguas oceánicas. Estas formaciones se observan también en San Bruno, Mulegé y Punta San Antonio (Loreto), solamente que aquí las dunas se internan más tierra adentro formando campos de dunas transgresivas aislados.

En las inmediaciones de la ciudad de La Paz, desde la localidad de Cadaje hasta El Mogote, se extiende un sistema de dunas bien definido. Las dunas se extienden sobre 30 km de la costa donde los primeros 20 km están conformados por un extenso cordón de dunas frontales semiestabilizados para terminar en un amplio campo de dunas (2.5 km de ancho) frontales y transgresivas. Las dos terceras partes de este sistema de dunas se encuentran bien conservados, relativamente fragmentados por la presencia de caminos vecinales, mientras que en el extremo este, frente a La Paz, la construcción de desarrollos habitacionales y turísticos, exclusivos, han desplazado al matorral costero.

En la costa sureste del municipio de La Paz hasta Bahía La Ventana, las dunas costeras son muy escasas y solo se presentan como estrechos cordones de dunas frontales. Por último, en el extremo sur de la costa del Golfo de California, sobre el litoral del municipio de Los

Cabos, el principal sistema de dunas se encuentra en la localidad de Cabo Pulmo. Ésta es una saliente arenosa con dunas frontales y transgresivas formada por la acumulación de sedimentos aportados por los ríos adyacentes. Los desarrollos turísticos son las principales amenazas sobre las dunas costeras, ya que son levantados sobre suelos arenosos; la construcción de campos de golf es muy común en esta región costera.

La costa del Golfo de California es muy singular por la presencia del desierto al lado del mar. La flora de dunas costeras es pobre, dominada por *Ephedra trifurca* pero se combina con especies del desierto central como *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Ambrosia dumosa* entre otras y en los deltas de los ríos temporales con árboles de *Olneya tesota* y especies de mezquite (*Prosopis pubescens* y *P. glandulosa* var. *torreyana*) entre muchas otras.

En Cabo del Este predomina *Proboscidea altheifolia*, *Lotus bryantii*, *Paullinia sonoriensis*, *Marina maritima*, *Cyrtocarpa edulis*, *Chamaesyce leucophylla* y *Encelia halimifolia*. Entre las especies de crestas de dunas están *Opuntia pycnantha*, *Porophyllum gracile*, *Diospyros intricata*, *Oenothera drummondi*, *Cercidium microphyllum*, *Maytenus phyllantoides* y *Prosopis articulata* (León de la Luz y Domínguez, 2012).



Figura 3. Flora de las dunas costeras de la Península de Baja California. Izquierda: *Abronia marítima*, derecha: *Astragalus anemophilus*. Fotos: Natalia Rodríguez.

3. El estado de conservación de las playas y dunas

El estado de conservación en ambos litorales (Océano Pacífico y Golfo de California) fue clasificado por Jiménez-Orocio et al. (2014c) en cinco categorías (Cuadro I.2). El 80.9% de las dunas costeras al norte de la Península de Baja California presentan buen y muy buen estado de conservación, siendo las dunas transgresivas las menos destruidas. Sólo el 3.1% de las dunas (frontales y transgresivas) están en un estado de conservación malo o muy malo, mientras que ninguna duna parabólica está en mal estado de conservación. No hay dunas con estado de conservación regular.

En las figuras 1 a 6 se resume la calidad de las dunas de ambos estados peninsulares (Figura I.4).

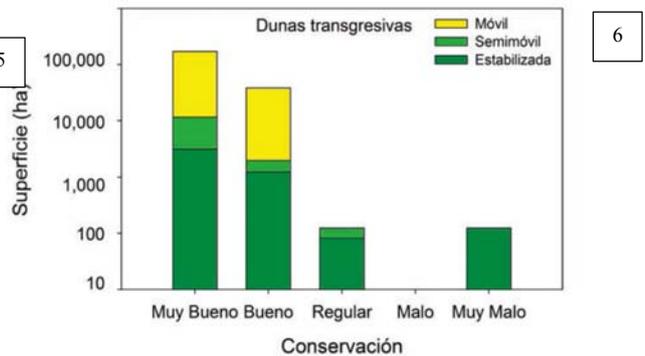
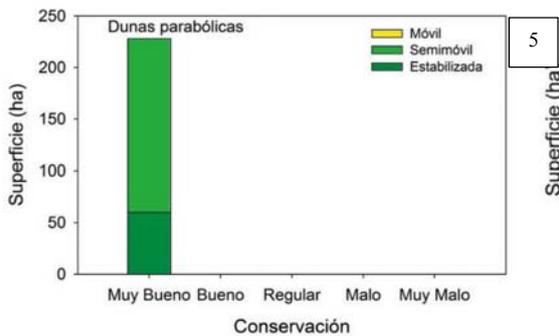
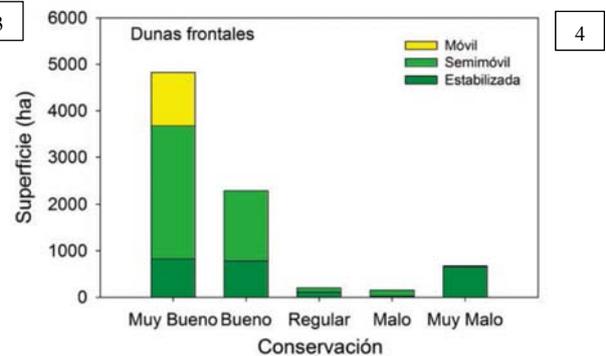
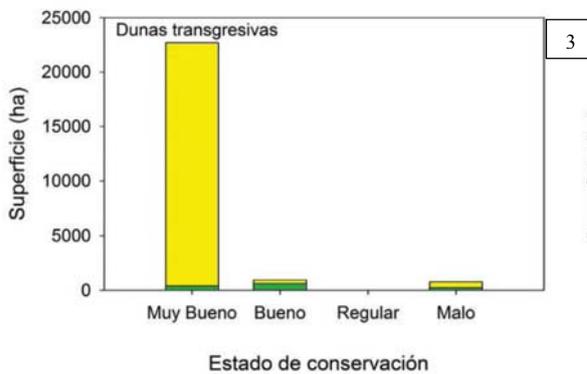
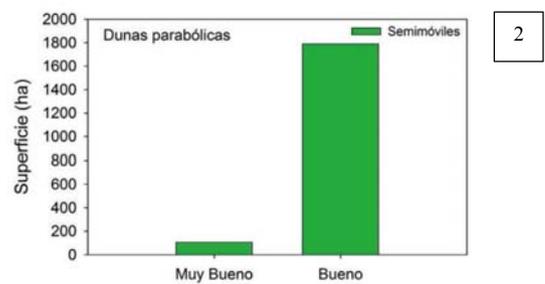
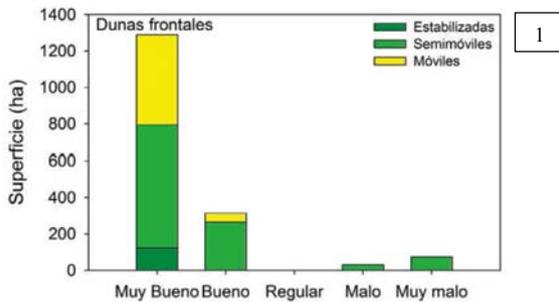


Figura I.4. Grado de conservación de las dunas costeras de la Península de Baja California. Superficie que ocupan las dunas a) frontales, b) parabólicas y c) transgresivas presentes en los estados de Baja California (1-2-3) y Baja California Sur (4-5-6).

Cuadro I.2. Valoración de los estados de conservación y su caracterización general de las dunas costeras de México. Tomado de Jiménez-Orocio et al. (2014c).

Estado de Conservación	Características generales identificadas
Muy Bueno	Natural, sin disturbios aparentes
Bueno	Fragmentado por carreteras, brechas y accesos
Regular	Presencia de actividades agropecuarias
Malo	Actividades agropecuarias acompañadas por asentamientos humanos dispersos
Muy Malo	Totalmente antropizada, con asentamientos urbanos en más del 75% de la superficie

Las dunas al extremo sur de la Península de Baja California que están dentro o cerca de las ciudades o poblados (2.58%) tienen un estado de conservación de regular a muy malo; asociado a la existencia de infraestructura hotelera y marinas, pistas para motos y casas que se han construido sobre las dunas. El futuro de estos ecosistemas parece estar amenazado por los planes de expansión de los centros turísticos con frente de mar.

El 100% de las dunas parabólicas (no hay móviles) están en muy buen estado de conservación, y lo mismo sucede con las dunas transgresivas porque el 93.57% de ellas están en buen y muy buen grado de conservación. Por sus características, las dunas semimóviles y móviles son las mejor conservadas.

4. Desarrollos turísticos y urbanos en zonas de playas y dunas costeras

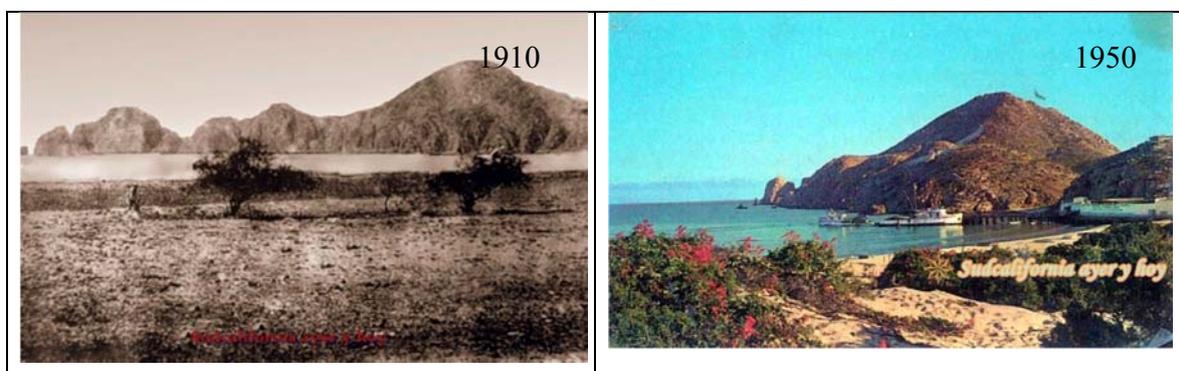
El desarrollo habitacional y turístico de la zona costera crece de Tijuana hacia el sur en lo que se ha denominado corredor turístico Tijuana-Rosarito-Ensenada. En el corredor se ha favorecido la construcción de casas y condominios como segundo hogar para jubilados estadounidenses. Las playas de Rosarito, La Misión y Punta Banda son largas, altamente modificadas, donde es muy escasa la vegetación nativa. Las dunas más grandes son las de Primo Tapia, pero también son las más modificadas ya que han sido y son utilizadas como

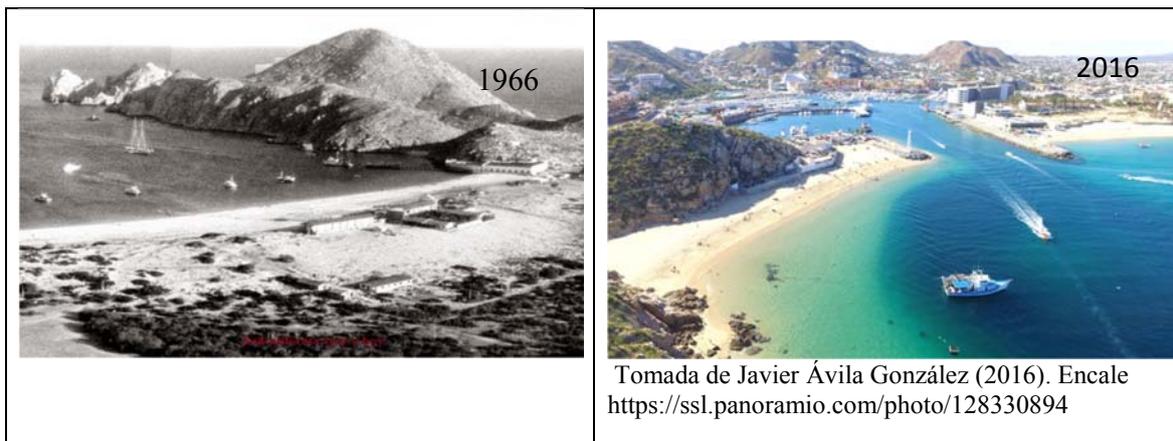
pistas de motos y vehículos de todo terreno. Lo mismo sucede en San Felipe y en los poblados al sur. Aún dentro de las áreas protegidas el paso de vehículos recreativos es una actividad importante (Rodríguez-Revelo et al., 2014).

La población urbana de las costas de Baja California suma 300,000 habitantes y se centralizan en Ensenada, San Felipe y Primo Tapia. La población rural de las costas de Baja California es mucho menor, y no llega a los 500 habitantes.

El estado de Baja California Sur es uno de los menos poblados del país y su población se concentra en la costa. La población urbana de las costas de Baja California Sur suma un total de 92,200 habitantes (86% de la población es urbana) (INEGI, 2015), concentrados en Todos Santos, Loreto, Cabo San Lucas y Mulegé. La población rural es mucho menor, teniendo el 14% de habitantes (INEGI, 2015). Uno de los sitios con mayor endemismo de flora (Moreno-Casasola et al., 2014) es la zona de Los Cabos donde se han desarrollado y se proyectan más complejos mega-turísticos (Figura I.5). Hay estudios sobre el potencial turístico de zonas únicas dentro del estado (García Morales, 2012) y proyectos polémicos como el de Cabo Cortez donde se haría una marina sobre una de las dunas más importantes del sur del estado donde se han encontrado nuevas especies de dunas como es *Bidens cabopulmesis* (León de la Luz y Medel Narváez, 2013). Además hay que sumar los proyectos en Todos Santos donde hay largos cordones de dunas frontales hasta ahora bien conservados pero con proyectos inmobiliarios en construcción (Mahieux, 2016).

El ecoturismo es una actividad importante en las áreas protegidas (CONANP, 2013b). La observación de ballenas ha generado un tipo de turismo diferente, educado en materia ambiental y a favor de la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas (IFAW, 2015). Las playas del estado ofrecen un espacio de recreación para cientos de surfistas, nacionales e internacionales durante todo el año (Pijoan, 2008).





La evolución de cambio en los ecosistemas de dunas y playas costeras en Los Cabos, B.C.S. entre 1910 y 2012.
 Fuente: La Paz Antigua, 2012. <http://lapazantigua-sudcalifornia.blogspot.mx/2012/03/cabo-san-lucas.html>



La playa La Empacadora fue cerrada a los bañistas por la contaminación de basura que dejó a su paso la tormenta tropical Ileana. Fuente: Mondragón, R.A. 2012.

Figura I.5. Representación de los cambios que han sufrido las playas y dunas costeras en la costa de Baja California Sur.

5. Desarrollos industriales emergentes

No hay industrias costeras en el estado, excepto en la ciudad de Rosarito donde hay una termoeléctrica y al sur de la Misión donde se ha construido un polo energético de gas natural y gas butano, pero no sobre dunas sino sobre suelos rocosos con matorral costero. En la ciudad de Ensenada se encuentra el puerto más norteño del país, que como todos, creció modificando la porción arenosa de la bahía y ganándole tierra al mar. Las playas y dunas remanentes de Ensenada ocupan ahora la porción sur del puerto y están siendo

erosionadas por la falta de sedimentos que quedan atrapados en la dársena portuaria. Hay otro puerto pesquero conocido como El Sauzal, al norte de la ciudad de Ensenada. Se encuentran varias marinas que se han construido dentro de la ciudad y en la costa entre las ciudades de Rosarito y Ensenada. Asimismo, en el Golfo de California hay marinas y los muelles de los poblados pesqueros.

Casi no hay carreteras costeras, solo en ambas costas del norte, ya que la carretera principal va por el centro de la península. Hay múltiples terracerías y brechas sobre las dunas, especialmente en las de El Descanso y El Socorro en el Pacífico y San Felipe y Bahía de los Ángeles en el Golfo de California.

En la región sur de la Península de Baja California esta la salinera de Guerrero Negro y las pesqueras que son centros de empaque y procesamiento moderno, especialmente en las comunidades de Abreojos, Bahía Asunción y Bahía Tortugas en el Pacífico. Los campamentos pesqueros generalmente se ubican en pequeñas playitas protegidas, sin embargo, los largos cordones de dunas frontales están fragmentados por las terracerías que los comunican.

Los puertos de Bahía Magdalena, La Paz y Loreto, aunque no son los más grandes a nivel regional, han modificado las playas y dunas favoreciendo la ampliación de centros de población a su alrededor. Un proyecto que propició la creación de marinas y la ampliación de los puertos se conoció como Escalera Náutica. La idea prevalece, ya que cada complejo turístico nuevo, construye una marina y seleccionan lagunas y dunas para hacerlo. La longitud de las obras portuarias de protección suma un total de 13.8 km. De éstas, 1 km son rompeolas, 4.1 km son escolleras, 1.2 km son espigones y 7.5 son obras de protección marginal (SCT, 2009).

Un uso que competirá con el desarrollo turístico en las playas y dunas costeras es la minería, ya que en Baja California Sur tiene una antigua tradición minera desde la época de la Colonia. Esta actividad ocupa una posición muy importante de la economía estatal, ya que representa uno de los más altos índices en la participación del Producto Interno Bruto estatal (Cariño-Olvera y Monteforte, 2008). Se considera un estado potencialmente rico en sus recursos minerales tanto metálicos (aunque no están en las costas), como no metálicos (en las dunas hay feldespatos y cuarzos), y representa grandes posibilidades de descubrir nuevos depósitos en virtud de que ha sido poco explorado (SMICSRM, 2014).

6. Referencias

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Arun, A.B., Beena, K.R., Raviraja, N.S., Sridhar, K.R. 1999. Coastal sand dunes: neglected ecosystem. *Current science* 77: 19–21.
- Balvanera, P. Cotler, H. 2007. Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica*. INE-SEMARNAT. México
- Barbier, E.B. 1991. An approach to Economic Valuation of Tropical Wetlands: With Examples From Guatemala and Nicaragua, in N.P. Girvan y Simmons (editores), *Caribbean Ecology and Economics*: 207-231.
- Barbier, E.B. 1993. Sustainable Use of Wetlands. *Valuing Tropical Wetland Benefits: economic methodologies and applications*. *The Geographical Journal* 159 (1): 22-32
- Barbier, E.B., Acreman M. y Knowler D. 1997. *Economic Valuation of Wetlands: A Guide for Policy Makers and Planners*, Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.
- Barbier, E.B. y Strand, I. 1997. Valuing mangrove-fishery linkages: a case study of Campeche, Mexico. Unpublished paper presented at the Annual conference of the European Association of Environmental and Resource Economics, Tilburg University. Países Bajos.
- Barbier, EB. 2016. The protective service of mangrove ecosystem: A review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 109:676-681.
- Bird, E. C. (ed.). 2010. *Encyclopedia of the World's Coastal Landforms* (Vol. 1). Springer.
- Boyd, J., Banzhaf, S. (2007) What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*. 63:616-626.
- CAMIMEX (Cámara Minera de México). 2006. *La industria minera de México*. 18pp.
- Cariño Olvera, M., Monteforte, M. 2008. *Del saqueo a la Conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, México D.F.
- Carter, R. W.G. 1991. *Coastal Environments*. Academic Press. Gran Bretaña. 617pp.
- CONABIO (Comisión Nacional para la conservación y uso de la Biodiversidad) 2013. *Listado Regiones Terrestres Prioritarias*.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) 2013a. *Listado de Parques Nacionales*. <http://www.conanp.gob.mx/regionales/> Fecha de consulta 22 de noviembre de 2016.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) 2013b. *CONANP destaca el ecoturismo en Áreas Naturales Protegidas*. Comunicados de prensa. http://www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id_subcontenido=359
- Consejo de Recursos Minerales. 2003. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2002*. 479 pp
- Costanza, R., Darge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., Van Den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260

- Daily, G. C. 1997. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press. Washington, D. C., USA.
- de Groot, R. 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and urban planning*, 75:175-186.
- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat L., Hein, L., and Willemen, L. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7, 260–272.
- Espejel, I y Bermúdez, R. 2009. Propuesta metodológica para la regionalización de los mares mexicanos. En: Córdova, A., Rosete, F., Enríquez G. y Hernández, B. (eds.), *Ordenamiento ecológico marino. Visión integrada de la regionalización*. SEMARNAT. p 145- 224.
- Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Peña-Garcillán, P. (2015) *Flora de las playas y dunas costeras de México. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto HJ007*, México
- Everard, M., Jones, L., Watts, B. 2010. Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*. 20: 476-487
- Fleischer, L., Contreras, U.J. 1986. Censos de ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) en Bahía Magdalena, B.C.S. México. *Ciencia Pesquera*. Instituto Nacional de Pesquería, Secretaría de Pesca, México, (5):51-62.
- Fleischer, L., Michel, G. A. Contreras, T.J. 1995. Censos de ballena gris (*Eschrichtius robustus*) en la zona norte de Bahía Magdalena, B.C.S., México (1983-1987). Programa Nacional de Investigación y Coservación de Mamíferos Marinos, Centro Regional de Investigación Pesquera, Asesoría y Servicios Analíticos, S.A, La Paz, B.C.S., 2pp.
- Flores Balbuena, P. 2013. Dominancia de pastos en las dunas costeras: Causas y consecuencias. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Fryberger, S. G., Krystinik, L. F., y Schenk, C. J. 1990. Tidally flooded Backbarrier dunefield, Guerrero Negro area, Baja California, Mexico. *Sedimentology* 37(1): 2343.
- Gómez, G. U. A. 2004. Uso de la laguna San Ignacio por la ballena gris *Eschrichtius robustus*, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Tesis de maestría. La Paz, Baja California Sur, 97pp.
- González–Abraham, Ch., Garcillán Pedro P., Ezcurra, E y el Grupo de Trabajo de Ecorregiones. 2010. Ecorregiones de la península de Baja California: Una síntesis, *Bol. Soc. Bot. Méx*, 87:19pp.
- Heslenfeld, P., Jungerius, P.D., Klijn, J.A. 2004. European coastal dunes: Ecological values, threats, opportunities and policy development. In: Martínez, M.L. and Psuty, N.P. (eds.), *Coastal Dunes, Ecology and Conservation*. Ecological Studies, Vol. 171. Berlin: Springer-Verlag, pp. 335–351.
- Hesp, P. A. 2000. Coastal sand dunes: form and function. En: Martínez, M. L. 2009. *Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento*. Fondo de Cultura Económica. P 189
- IFAW (International Fund for Animal Welfare) 2015. La observación de las ballenas. <http://www.ifaw.org/espanol/nuestro-trabajo/whales/la-observaci%C3%B3n-de-las-ballenas>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2010. <http://www.censo2010.org.mx/>

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2014. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2015. Encuesta intercensal. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=33725&s=est>
- Inman, D. L., Ewing, G. C., Corliss, J. B. 1966. Coastal sand dunes of Guerrero Negro, Baja California, Mexico. *Geological Society of America Bulletin* 77(8): 787802.
- Jiménez-Orocio, O., Espejel, I., Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Infante-Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. 2014a. Uso de las dunas y situación actual. En: Diagnóstico general de las dunas costeras de México, Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.) CONAFOR, 83-103.
- Jiménez-Orocio, O., Hesp, P., Martínez, M.L., Espejel, I. y Moreno-Casasola P. 2014b. Tipos de dunas. En: Diagnóstico general de las dunas costeras de México, Martínez, M L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.) CONAFOR, 27-40.
- Jiménez-Orocio, O., Espejel, I. Patricia Moreno-Casasola, P. y Rodríguez-Revelo, N. 2014c. Necesidades de Conservación. En: Diagnóstico general de las dunas costeras de México, Martínez, M L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.) CONAFOR, 95-103.
- Lara-Domínguez, A.L., Yáñez-Aranciba, A. y Seijo J. C. 1998. Valuación económica de los servicios ambientales. En: R.M. del Pont Lalli (ed.) Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México. CONABIO, México, 23-44.
- León de la luz, J.L. 2015. Proyecto: Vegetación de la zona de Bahía Magdalena. Programa de planeación ambiental y conservación. CIBNOR
- Mahieux, V. 2016. Tres Santos: La gran estafa del turismo ecológico. NEXOS, Cultura y Vida Cotidiana. <http://cultura.nexos.com.mx/?p=10130>
- Manson, R. y Moreno-Casasola, P. 2006. Servicios ambientales que proporciona la zona costera. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, R. y Travieso-Bello, A. C. 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno de Estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Marín, G.G. 2015. Sin tierras no hay paraíso. Turismo, organizaciones agrarias y apropiación territorial en México. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, PP 310.
- Martínez, M. L., Moreno-Casasola, P. 1993. Survival of seedling cohorts of a tropical legume on a sand dune system along the Gulf of Mexico: influence of germination date. *Canadian Journal of Botany* 71(11): 1427-1433.
- Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. Vol.226 P 189.
- Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D., Rodríguez-Revelo, N. 2014. Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. 350 pp.

- Massé, M., Guzmán, C. 2015. El estado y los megaproyectos turísticos. El caso de Cabo Plumo, Baja California Sur, México. *Teoría y Praxis*, 18:101-129.
- MEA. 2005. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press.
- Mendoza-González, G. 2009. Análisis del cambio de uso de suelo y sus implicaciones en la prestación de servicios ecosistémicos en la costa de Veracruz. Tesis de maestría, Instituto de Ecología A.C.
- Mendoza-González, G., Martínez, M.L., Lithgow, D, Pérez-Maqueo, O. & Simonin, P. 2012. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecological Economics* 82: 23-32.
- Mondragón, R.A 2012. La playa La Empacadora fue cerrada a losbañistas por la contaminación de basura que dejó a su paso la tormenta tropical Ileana. Diario el informador de Baja California Sur. Acceso 13 de Enero de 2017. <http://informadorbcs.com/local/zofemat-y-la-marina-recogen-mas-de-25-toneladas-de-basura-en-las-playas-de-csl/>
- Moreno-Casasola, P. 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? En: Moreno-Casasola P., Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Moreno-Casasola, P. Moreno-Casasola P, Espejel I, Castillo S, Castillo-Campos G, Durán R, Pérez-Navarro JJ, León JL, Olmsted I, Trejo-Torres J. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. En: Halffter, G. (Ed.) Biodiversidad en Iberoamérica. Vol. 2. CYTED- IdeE: 177-258.
- Moreno-Casasola, P. 2010. Veracruz, Mar de arena. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana- Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México.
- Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D., Rodríguez-Revelo, N., Casillas-Figueroa, F., Castillo-Campos, G., Ferrer Cervantes, M., León de la Luz, J.L., López Rosas, H., Sánchez Escalante, J., Pale, J., Domínguez, M., Durán, R. 2014. Especies clave y endemismo. En: Diagnóstico general de las dunas costeras de México, Martínez, M L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.) CONAFOR, 61-70.
- Moreno-Casasola, P. (ed.) 2016. Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques costeros de Veracruz. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, p360.
- Pijoan, V. P. 2008. Importancia del surf en la ciudad de Ensenada, Baja California. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California.
- Pilkey, O. H., Bullock, J., Cowan. B.A. 1998. The North Carolina shore and its barrier islands, Duke University press, EUA.
- Pua Bar, K. 2009. Overview of the sand dune situation in Israel and the rationale and goals of the study day on ‘Sand Dunes in Israel’. In Dunes in Israel: Policy and Management. Ben-Gurion University of the

- Negev: Israel. (<http://www.hope.ac.uk/docman/coast/?mosmsg5> You are trying to access from a non authorized domain. <http://www.google.co.uk>).
- Psuty, N. P. 2004. The coastal foredune: A morphological basis for regional coastal dune development. En: M. L. Martínez y N. Psuty (eds.), Coastal dunes: Ecology and conservation, Springer-Verlag, Heidelberg, capítulo 2, pp386.
- Ranwel, D. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, Londres.
- Reyes, S. 2003. Arderá Troya en Los Cabos. El Universal. <http://archivo.eluniversal.com.mx/espectaculos/46371.html>
- Rodríguez-Revelo, N. 2012. Evaluación integrada de la duna El Socorro para proponer su manejo como recurso natural en el Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California, Baja California, Tesis de maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California
- Rodríguez-Revelo, N., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Martínez, M.L., Infante-Mata, D., Monroy, R. 2014a. Baja California. En Diagnóstico de las dunas costeras de México. Martínez, María L., Moreno-Casasola, Patricia, Espejel, Ileana, Jiménez-Orocio, Oscar, Infante Mata, Dulce y Rodríguez-Revelo, Natalia (eds.) CONAFOR, 146-157.
- Rodríguez-Revelo, N., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Martínez, M.L., Infante-Mata, D., Monroy, R. 2014b. Baja California Sur. En: Diagnóstico de las dunas costeras de México, Martínez, María L., Moreno-Casasola, Patricia, Espejel, Ileana, Jiménez-Orocio, Oscar, Infante Mata, Dulce y Rodríguez-Revelo, Natalia (eds.). CONAFOR, 158-169.
- Rogers, K., Boon, P., Branigan, S., Duke, N., Field, C., Fitzsimons, J., Kirkman H, Mackenzie, J, Saintilan, N. 2016. The state of legislation and policy protecting Australia's mangrove and salt marsh and their ecosystem services. *Marine Policy*, 72:139-155.
- Rubio, F.B.E. 2014. Éxito diferencial de las actividades de turismo de naturaleza de observación de la ballena gris en dos comunidades costeras de Bahía Magdalena: causas y lecciones. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento académico de biología marina, Tesis de maestría. La Paz, Baja California Sur, 238pp.
- Schwerdtner, MK, Krause, G, Ring, I, Glaser M. 2014. The Gordian knot of mangrove conservation: Disentangling the role of scale, services and benefits. *Global environmental change*, 28:120-128.
- SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). 2009. Anuario estadístico del estado de Baja California Sur 2009. SCT Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
- Seingier, G., Espejel, I. y Ferman, A. J. L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental*, 1(1):54-69.
- SGM (Servicio Geológico México). 2016. Portal Geo InfoMex. Servicio Geológico Mexicano-Dirección General de Recursos Mineros. <http://mapasims.sgm.gob.mx/GeoInfoMexDb/>. Visitado el 28 de noviembre de 2016.

- Sider, A., Jones, K. 2013. Gracias al 'fracking' la arena es el nuevo oro. El auge energético en EE. UU., impulsa la demanda de este ingrediente clave en el proceso. The Wall Street Journal. <http://lat.wsj.com/articles/SB10001424052702304355104579236811232905066>
- SIMEC (Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación). 2013. Ficha del área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios. https://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=12
- SMICSRM (Centre for Social Responsibility in mining) 2014. Análisis del Desarrollo Minero en Baja California Sur y de sus Potenciales efectos sobre el Desarrollo Humano y Sustentable. Pp 105.
- Van der Maarel, E. 1993. Dry Coastal Ecosystems: polar Regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania, Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Vanderplank, S. 2011. The flora of the greater San Quintín 2005-2010. *Aliso* 29:65-106
- De la Vega, T. 2011. Propuesta de interpretación ambiental para el ecosistema de dunas costeras: El caso de Punta Banda, Ensenada, Baja California. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California.
- Vo, QT, Kuenzer, C., Vo, Q.M., Moder, F., Oppelt, N. 2012. Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological Indicators*, 23:431-446.
- Wunder, S. 2006. Pago por servicios ambientales: Principios básico esenciales. CIFOR Ocasional paper no. 42

CAPÍTULO II. Environmental Services of Beaches and Coastal Sand Dunes as a Tool for their Conservation.

Natalia Rodríguez-Revelo, Ileana Espejel, Concepción Arredondo García, Lina Ojeda-Revah, and María Alejandra Sánchez Vázquez.

Capítulo del libro en prensa: Botero, Cervantes y Finkl (Eds.): Beach management tools. Springer.

Abstract

Ecosystem services (ES) are direct and indirect benefits of ecosystems that are not generally offered by markets and from which society obtains goods and services. ES are grouped according to four ecosystemic functions: regulation, provisioning, habitat and cultural. Our study aimed at identifying ES provided by beaches and coastal dunes in the Baja California Peninsula. ES were identified in a literature search in the international and

local scientific bibliography databases. We used key words like: ES in Baja California, ES in beaches and ES in coastal dunes. We analyzed 350 selected papers. Explicit and implicit mentions to ES or to their elements were extracted from the reviewed documents; the assigned value represents the degree of importance of each ES: 0 (unimportant), 1 (low importance), 2 (medium importance) and 3 (high importance). The ES cultural function was the best documented, being mentioned in 40 publications. The habitat function was the most reported for the Pacific Ocean coast mainly refuge for flora and fauna. The functions of regulation of air quality and climate are equally analyzed in ten publications. The ES of erosion regulation, pollination, and water flow are only documented in the Gulf of California coastline. We concluded it is highly relevant to know the ES provided by beaches and coastal dunes in order to design and implement adequate management practices that conserve the ecosystem in order for it to continue providing ES to humans.

Keywords: Baja California Peninsula, Mexico; Habitat, Provision, Regulation, Culture/knowledge

1. Introduction

Beaches and dunes are part of a coastal ecosystem that is highly threatened by past inappropriate management including building (Bird, 1996; Moreno-Casasola, 2006; Martínez, 2009; Heslenfeld et al., 2004), destruction for mineral extraction (Carter, 1991; Van der Maarel, 1993; Van Arde, 2004; Moreno-Casasola, 2006; Oliva, 2010; Rodríguez et al., 2014), and substitution of the natural vegetation (FAO, 2005; López et al., 2014; Jiménez-Orocio et al., 2014).

One of the reasons of mismanagement of coastal ecosystems is the lack of regulation acknowledging their value and defining norms for their utilization (Moreno-Casasola, 2006). Such lack of regulation is due to unawareness of coastal ecological processes and of the different uses offered by beaches and dunes to inhabitants of the littoral zone (Everard et al., 2010). It is known that well-informed people make better decisions and ecosystems are better protected (Daily et al., 2009), and that conserved ecosystems, in turn, protect the surrounding human population, coastal ecosystems are protecting ecosystems (Leyva,

2009; Leyva et al., 2009). One way of informing the general public about the value of ecosystems is by using the concept of environmental services (ES) (Goldman and Tallis, 2009).

ES are defined as direct or indirect benefits obtained by society from ecosystems, which are in general not offered by the market. Examples of ES are drinking water obtained from the hydrological cycle, a climate suitable for economic activities, and economic benefits generated by biodiversity (Wunder, 2006). Estimations have been made of the economic value of some ES of coastal ecosystems (Costanza et al., 1997; Schuyt & Brander, 2004; Mendoza, 2009), but use of ES as a management tool in coastal ecosystems begins with their enumeration and classification. The next step is to assess those ES having the highest potential for assigning them with an economic value and for their commercial trade, as in the example of the carbon bonds market (Vázquez, 2011).

The initial listing of SE followed the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) and other authors, such as De Groot et al. (2012), developed a classification system of global ES based on four ecosystem functions: 1) Supporting or habitat function. Needed for providing all ES (e.g., nutrient cycles, photosynthesis). 2) Provisioning function. The products obtained from ecosystems (food, firewood, fibers). 3) Regulating functions. The benefits derived from regulation of ecological processes in a functional ecosystem (pollination, regulation of diseases, climate regulation); and 4) Cultural functions. The intangible benefits obtained from ecosystems (recreational, touristic, esthetical, spiritual, cognitive).

Everard et al. (2010) defined the ES from worldwide coastal dunes and proposed a methodology for comparing localized coastal dunes with the total ES globally provided by these ecosystems. By that comparison it is possible to make comparative global assessments of the number of ES in a specific beach and coastal dune ecosystem. ES are established by their mention in a specialized publication, or are defined by expert workshops. According to Everard et al. (2010), coastal dunes worldwide offer 25 ES (Table II.1) from the four ecosystemic functions considered by the MEA (2005).

Table II.1. List of ES coastal dunes in the world according Everard et al. (2010) * value and importance.

Ecosystem functions	Importance value (Everard et al., 2010)
Provisioning	
1	Fresh water 3
2	Medical resources 3
3	Mineral extraction 2
4	Military use 2
5	Food 1
6	Genetic resources 1
7	Ornamental 0
Regulating	
8	Natural hazard 3
9	Water regulation (water storage) 3
10	Soil fertility 3
11	Climate regulation 2
12	Biologic control 2
13	Air quality regulation 1
14	Water flow 1
15	Waste 1
16	Prevention of erosion 1
17	Pollination 1
18	Erosion regulation 0

Habitat		
19	Refuge	3
20	Protection of genebanks	1
Cultural		
21	Aesthetic value	2
22	Recreation	2
23	Spiritual experience	2
24	Inspiration for culture	1
25	Cognitive development	1

1.1. Study area

The Baja California Peninsula in northwest Mexico includes two states, Baja California and Baja California Sur, both flanked by the Pacific Ocean and the Gulf of California (Figure II.1).

The dominantly arid climate in the Peninsula is mediterranean in its northwestern part and becomes more temperate and humid towards the southern extreme (INEGI, 2015). Rivers are absent in the surface and, particularly in Baja California Sur subterranean rivers form oasis vegetation extending to the coastline (León de la Luz et al., 1997). Geology in the peninsula is highly diverse, but coastal sands are mostly made of feldspars and quartz (Rodríguez et al., 2014(a) (b)).

The coastal dunes in the Peninsula are fragmented by settlements going from seven mostly rural small settlements with 3,800 to 280,000 inhabitants (including fishing camps, small farm villages, and small towns with less than 200 inhabitants), several small cities under 500,000 inhabitants, and at the extremes, two large cities, Tijuana in the north along the USA-Mexico border and the San José del Cabo -Los Cabos corridor in the southern tip of the Peninsula. The economy of Tijuana is based on services and foreign investment in

exporting manufacturing industry (maquila), and San José del Cabo and Los Cabos are touristic cities. The capital cities of both states in the peninsula (Mexicali and La Paz) are not located in the coast. The Peninsula has two important ports, Ensenada and La Paz, and a number of touristic marinas. The Spaniards founded several towns during the colonial period, as Loreto and San José del Cabo. Mining is a recent activity, and touristic activities predominate in the Peninsula, more intensely so in Baja California Sur (Rodríguez et al., 2014(a) (b)).

Beaches and coastal dunes in the Peninsula are in general long barrier spits formed of frontal dune ridges, except for the largest parabolic dunes in Mexico present in Guerrero Negro in northern Baja California Sur (Figure II.1). The land cover gradient between the shoreline and continental land begins in low shrub vegetation on crests and slopes of isolated embryonic dunes that become taller as spits are located further inland (Rodríguez et al., 2014 b) (Figure II.2).

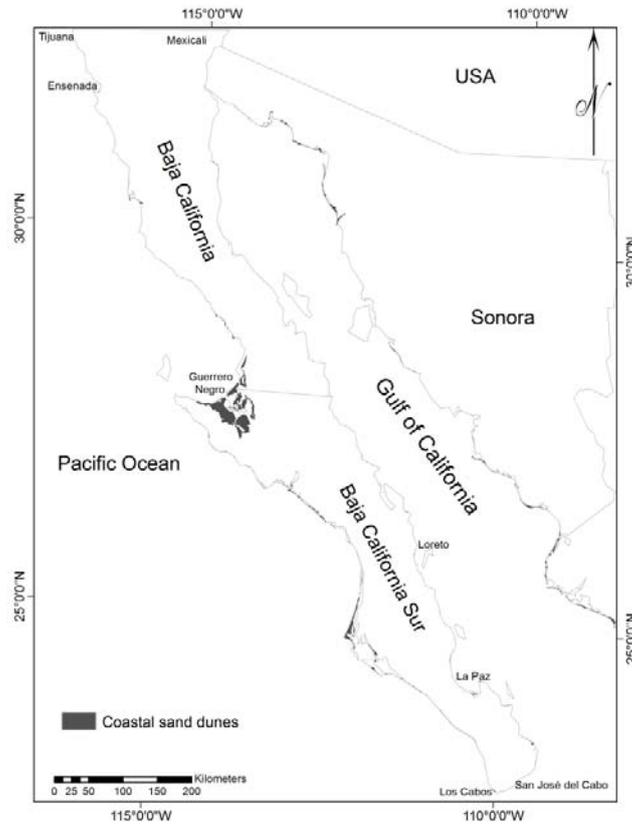


Figura II.1. Location of the study area. Baja California, Mexico.

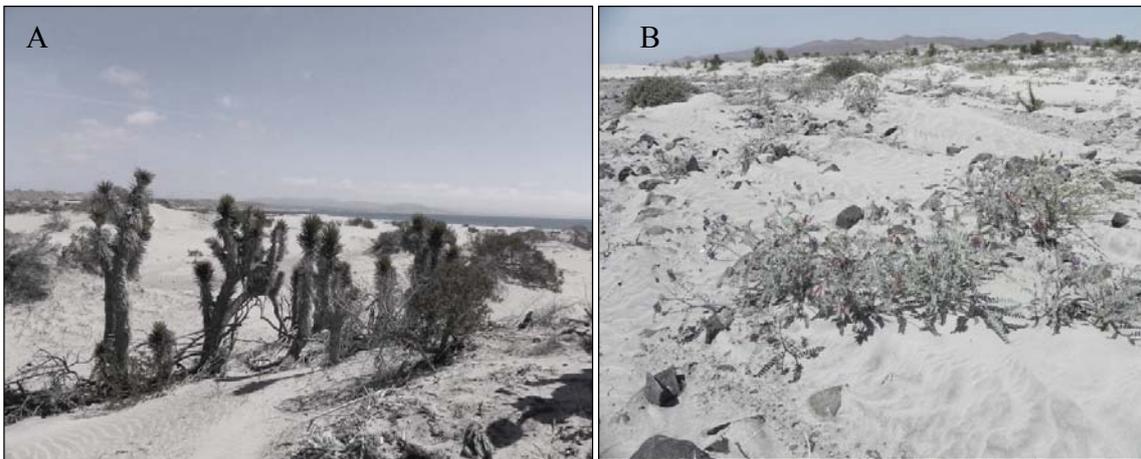


Figure II.2. Two types of vegetation covering coastal sand dunes in the peninsula of Baja California as examples of the coastal landscapes. A) desert shrubs dominated by species like *Yucca valida* and B) typical creeping plants like *Astragalus anemophilus*, both photos were taken at Laguna Manuela, Baja California.

The coasts of the Peninsula are among the less populated and fragmented in Mexico (Seingier et al., 2009; Jiménez-Orocio et al., 2014), however, touristic development and mining projects are in the rise, making necessary to have tools for valuing the ES provided by coastal ecosystems in order to exchange their value in negotiations for land use change.

This chapter attempts to demonstrate the approach of Everard et al. (2010) using lists of ES provided by beaches and coastal dunes of a region –the Baja California Peninsula in this case– in order to value them and compare them globally. The approach here proposed as an instrument for beach and coastal dune management provides information for environment conservation negotiations, aids to uncover missing information, and promotes dedicated research.

2. Methodology

Documentation of ES provided by beaches and coastal dunes in the Baja California Peninsula was obtained by searching literature from the following databases: 1) Ebsco, ISI Web, Scopus; 2) Google Scholar; and 3) catalogues of national libraries (UABC, UABCS, UNAM, UAM-Xochimilco, UNISON, and CICESE). The key words in English and Spanish used for queries were, respectively: ES in Baja California, SE en Baja California; ES in Baja California Sur, SE en Baja California Sur; coastal dunes, dunas costeras; ES in coasts, SE en costas; ES in beach, SE en playa; and ES in coastal dunes, SE en dunas costeras. The abstracts from 1000 papers resulting from the literature searches were reviewed and 350 papers explicitly or implicitly mentioned ES were selected and analyzed in depth. The global importance value assigned by Everard et al. (2010) to each ES was added to the importance value recorded by us for the same ES in our study area, following the authors' methodology. Assigned values represent the degree of importance of each ES of beaches and coastal dunes in the Baja California Peninsula: 0=unimportant, 1=low importance, 2=medium importance; and 3=high importance.

3. Results

We identified 22 of the 25 ES reported worldwide (Table II.2). Provisioning function was documented in 14 papers, seven of raw material (minerals) provisioning, three of water provision, two of genetic resources and foodstuffs, one of ornament provision, and no reference was found of medicinal resources provision.

Regulating function ES were documented in 23 publications, five referring to moderation of climatic perturbations and climate regulation, six to air quality, two to airflow and pollination, and biological control was not mentioned in any of the publications.

Habitat function was reported for two ES: refuge, mentioned in 30 publications; and germplasm bank protection mentioned in four publications.

The cultural function ES were the better documented, being mentioned in 44 publications: cognitive development (scientific and educational value in which natural resources are used for school excursions and scientific research) reported in 22 publications, inspiration for culture mentioned in seven reports, recreation in six, aesthetical information in five, and spiritual experience in four (Figure III.3).

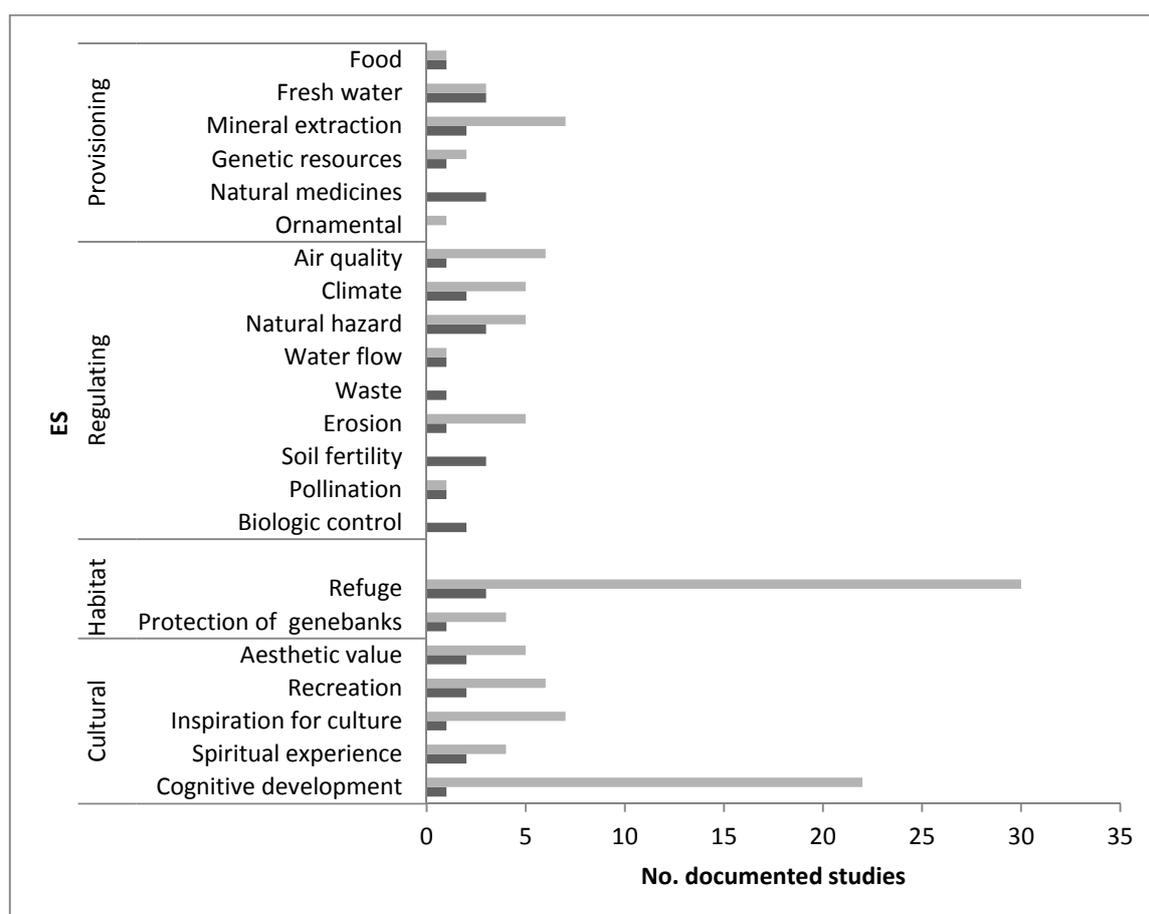


Figura II.3. Importance of the 22 ES documented in the Baja California Peninsula. Dark gray bars represent the value of importance proposed by Everard et al. (2010), the light gray bar represents the number of documented studies of ES in the Peninsula of Baja California.

The habitat function was the most reported for the Pacific Ocean coast of the Baja California Peninsula including mention in 17 publications of the ES refuge for flora and fauna. The second most documented function in this ecoregion was cognitive development mentioned in 17 publications. However, few studies are available for most of the ES provided by beaches and coastal dunes in the Baja California Peninsula (Figure II.4).

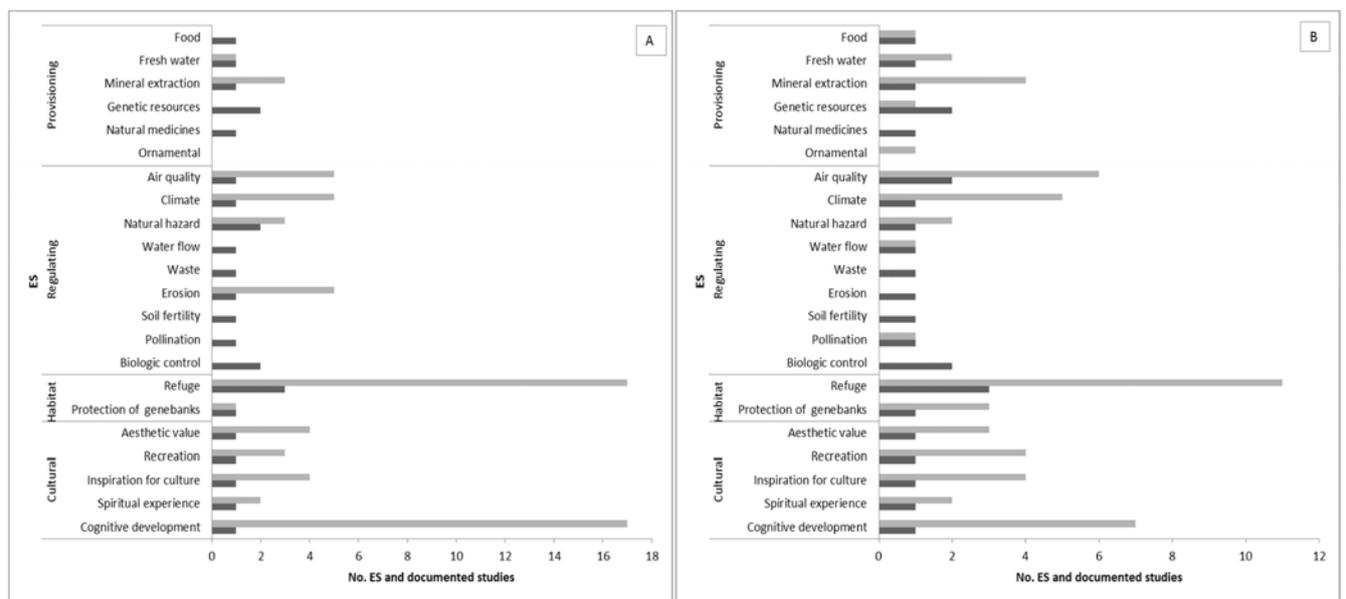


Figura II.4. Number of ES and documented studies on Peninsula of Baja California. A) Pacific Ocean, B) Gulf of California. The dark gray bars represent the number of ES documented in the area, the light gray bar represents the number of documented studies.

In this region, the habitat and refuge functions were also the most documented with 11 reports, and all the services included in the cultural function were documented (Figure II.4).

In both coastal regions of the Peninsula the functions of regulation of air quality and climate are equally studied, with a total of five publications in each region. The ES of

pollination and water flow are only documented in the Gulf of California coastline. The provisioning function ES reported for the Gulf of California region were: genetic resources, food, and ornament, which were unreported for the Pacific Ocean coast of the Peninsula. Information about the ES of medicinal resource provisions and water regulation (storage) is absent for both coasts of the Peninsula, services that Everard and collaborators (2010) score as of high importance. The ES of biological control –considered of medium importance by Everard et al. (2010) – is likewise absent from records for the Baja California Peninsula. Scarce information is available for the following ES in the Baja California Peninsula: Water supply, moderation of perturbations, and maintenance of soil fertility (Figure II.4).

Table II.2. Importance and documented value to ES on coastal sand dunes in the Peninsula of Baja California

Number	Ecosystem functions	Ecosystem process	Goods and services of coastal dunes	Importance value		Baja California Peninsula's documented value	
				Value	Publications	Value	Publications
Provisioning		Provision of Natural Resources		Value	Publications	Value	Publications
1	Food	Conversion of solar energy into comestibles plants and animals	1.1. Plants, animals, fungi, edible	1	Moreno-Casasola and Paradowska (2009); González Marín et al. (2012); Martino and Amos (2015)	0	
			1.2. Agriculture, fodder and fertilizer (e.g. leaves, litter and crustaceans as fishing bait)		Moreno-Casasola y Paradowska (2009); Jiménez et al. (2014)	1	FAO (2015)
2	Fresh water	Filtration, retention and	2.1. Water consumption,	3	Yetter (2004); Price et al. (2013); Everard et al. (2010);	3	

		storage of fresh water (e.g. in aquifers).	quantity and quality (e.g. domestic use, irrigation and industrial)		Mollema et al. (2008); Mottier et al. (2000); Carretero and Kruse (2012); Van Houtte et al. (2005)		Díaz de León (2015); VI ForoMundial de Agua (2012); Cantaro Azul (2012)
3	Mineral extraction	Conversion of solar energy into biomass for human construction and other uses.	3.1. Construction and manufacturing (e.g. woods, skins and sand)	2	González Marín (2013); Moreno-Casasola and Paradowska (2009); Doody (2013); Van der Maarel (1997); Van Aarde et al. (2004); Rodríguez-Revelo et al. (2014); Jonah et al. (2015	2	Jimenez-Orocio et al. (2014); Rodríguez-Revelo et al. (2014)b; Díaz de León (2015); Rodríguez-Revelo (2012); SMICRSM (2014); Gudiño (2007), Svenia (2011)
			3.2. Energy and fuel (e.g. wood, organic matter, minerals)		Moreno-Casasola and Paradowska (2009); Lazos Ruíz (2014)		0
4	Genetic resources	Variety of chemicals	4.1. Drugs and pharmaceuticals	0		1	Calderón et al. (2013)

		for medicinal uses and natural biota.	4.2. Chemical models and tools	1	Seingier et al. (2009)	1	Calderón et al. (2013)
			4.3. Tests with organisms		Seingier et al. (2009)	0	
5	Medical resources	Variety of chemicals for medicinal uses and natural biota.	5.1. Chemicals for medicinal and natural uses of biota (Tannins, medicinal plants) substances.	3	Bhagya and Sridhar (2009); Everard et al. (2010); Kholkhal et al. (2012); Kikowska et al. (2014); Quattrocchi (2012); Rascón-Valenzuela et al. (2015)	0	
6	Ornamental	Variety of biota in natural ecosystems with ornamental	6.1. Resources for fashion, crafts, jewelry, pets, spiritual ceremonies, decoration and	0	Grečnárová (2013); Moreno-Casasola (comunicación personal, Marzo 15, 2016)	1	Calderón et al. (2013)

		potential use.	souvenirs (leather, feathers, orchids, butterflies, fish, shells, sand)				
Regulating							
7	Air quality regulation	Role of ecosystems in biogeochemical cycles (and. Balance of CO2 / O2, ozone, etc.).	7.1. UVb-protection O3 (disease prevention)	1	Guldberg et al. (1975)	0	
			7.2. Good air quality.		Hutchinson et al. (2013); Everard et al. (2010); Turno-Orellano and Isla (2004)	1	Calderón et al. (2013)
			7.3. Influence on the general climate and especially microclimate		Hutchinson et al. (2013); García Giménez (2012)	1	Peinado et al. (1990,1994, 2007, 2009, 2011)
8	Climate regulation	Soil cover and biological	8.1. Maintenance of a favorable	2	Peinado et al. (1994, 2007, 2011)	2	Peinado et al. (1990, 1994, 2007, 2009, 2011)

		influence on climate, through processes (e.g. production DMS)	climate (temperature, precipitation, etc.) for example, development of human life, health and crops				
9	Natural hazard	Influence of ecosystem structure by decreasing environmental disturbances.	9.1. Protection to windstorm (mangroves and dunes) 9.2. Flood prevention (e.g. by wetlands and forests)	3	Barbier et al. (2011); Camacho-Valdez et al. (2013); Seingier et al. (2009); Mendoza et al. (2012); Brenner et al. (2010); Everard et al. (2010); Pérez-Maqueo et al. (2013); Yoskowitz et al. (2010); Hutchinson et al. (2013); Burger (2014); Lozoya et al. (2014)	3	Svenia (2011); Guardado-France, (1997); Leyva (2009); Calderón et al. (2013) Díaz de León (2015)
10	Water flow	Role of soil cover in	10.1. Natural Drainage and	0		1	Acosta-Zamorano et al. (2013)

		regulating runoff and river discharge.	Irrigation				
			10.2. Means of transport	1	Davenport and Davenport (2006)	0	
11	Waste	Role of vegetation and biota in the removal or separation of nutrients and components.	11.1. Pollution Control	1		0	
			11.2. Filtration of particles			0	
12	Prevention of erosion	Role of vegetation and roots and soil biota in sediment retention.	12.1. Maintenance of arable land	1	Moreno-Casasola (2004); Jonah (2014)	1	Ortíz (1996); Rivera (2004); Valdes (1987); Ocampo et al. (2011); González (1981)

13	Soil fertility	Rocks wear and accumulation of organic matter. Role of the biota in storage and recycling of nutrients (e.g. N, P and S).	13.1. Maintenance of soil productivity	3	Wilson (1987); Read (1989); Sevink (1991); Tackett and Craft (2010); Ranwell (1972); Brown (1958); Vardavakis (1992); Santos et al. (1995); Beena et al. (2001); Siguenza et al. (1996); Corkidi and Rincón (1997)	0	
14	Pollination	Role of the biota in the movement of the flora gametes	14.1. Wild plants pollination and seed dispersal	1	Hutchinson et al. (2013); Everard et al. (2010); Oliveira et al. (1999)	0	
			14.2. Crop pollination crop			1	Quesada et al. (2010)
15	Biologic control	Population control through	15.1. Control of pests and diseases	2	Everard et al. (2010); Hutchinson et al. (2013); Guardado-France (2012)	0	

		trophic relationships and dynamics.	15.2. Reduction of damage to crops	1	Rico Gray and Oliveira (2007)	0	
Habitat							
16	Refuge	Adequate space for plant life and wildlife.	16.1. To maintain genetic and biological diversity (and thus the basis for other functions)	Plantae	Rebman et al. (2012); Riley et al. (2015); Hol et al. (2008); Wiggins (1980)	3	Espejel et al. (2015); Moreno-Casasola et al. (2014a); Moreno-Casasola et al. (2014b), Rodríguez -Revelo et al (2014b), Jiménez (2010); Díaz de León (2015); Mulroy et al. (1979), Vanderplank (2011); Rodríguez- Revelo (2012); Harper et al. (2011); Aschmann (1967); Rebman et al. (2012); Riley et al. (2015); Breceda et al. (2012); Arizpe et al. (2012); Rosales (2006); Sánchez (1996)
				Animal			

					Gray, (1993); Gordon (2000); Conrad et al. (2011); Zarate-Ovando et al. (2006); Everard et al. (2010); Martínez et al. (2014); Deppe and Rotenberry (2008); Howell (1911); Romero (1990)		Martín et al. (2013); Escofet (1988); Jiménez-Pérez (1983); Rodríguez-Revelo et al. (2014a); Vanderplank (2011); Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT (2010); Kramer (1998); Valdez-Villavicencio et al. (2015); Gatica (1998), Arizpe et al. (2012); Reyes et al. (2009); Méndez et al. (2013); Breceda et al. (2012)
				Fungi	Martínez, (2009); Brown (1958); Vardavakis (1992); Santos et al. (1995); Beena et al. (2001); Corkidi and Rincón (1997); de Diego Calonge and Tellería (1980); Juanotena (1998); Guzmán (1986); Montaña et al. (2012)	3	Sigüenza et al. (1996)

				Protista			0	
				Monera		Vardavakis (1992); Santos et al. (1995); Beena et al. (2001)	0	
				Archaea			0	
			16.2. Maintenance of cultivated commercial species		2	Zizumbo and Colunga (1982); Felger and Moser (1985); Moreno-Casasola and Paradowska (2009)	0	
17	Protection of genebanks	Suitable place for breeding species	17.1. Hunting, fishing for subsistence, commercial and sport, picking fruit		1	Pliz and Molina (2002); Sridhar and Bhagya (2007); Ventura and Sagi (2013); Damgaard et al. (2013); Everard et al. (2010); Baeyens and Martínez (2004); Espejel et al. (2015)	1	Lee et al. (2015); Reyes et al. (2009); FAO (2015); Sánchez (1996)
Cultural								

18	Aesthetic value	Attractive landscape	18.1. Enjoy the scenery (scenic roads, houses, etc.)	2	Espejel et al. (2016)	2	De la Vega (2011); Rodríguez-Lizárraga (2012), Martínez et al. (2014); Espejel et al. (2015); Arizpe et al. (2012)
19	Recreation	Variety of landscapes with recreational use potential	19.1. Travel to natural ecosystems for ecotourism and outdoor sports	2	Kutiél and Zhevelev (2002); Thompson and Schlacher (2008); Martínez and Psuty (2004); Kindermann and Gormally (2010), Everard et al. (2010); Martínez (2009), Hesp et al. (2010); Botero, et al. (2014); Chen and Bau (2016); Hall (2001); Kenchington, (1993); Lucrezi and Van del Walt (2016); Needham and Szuster (2011)	2	De la Vega (2011); Svenia (2011); Rosales (2009); Díaz de León (2015), Jiménez-Orocio et al. (2014); Arizpe et al. (2014)
20	Inspiration for	Variety of natural shapes	20.1 Using nature in books, film,	1	Rebman et al. (2012); Riley et al. (2015); Martínez and	1	Espejel (1993); Aschmann (1967); Martínez et al.

	culture	with cultural and artistic value	painting, folk festivals, national symbols, architecture and advertising.		Psuty, (2004); Batey and Peterson (2012); Everard et al. (2010); Anda-Martín et al. (2013); Pro Esteros (2005)		(2014); Conabio, (2012); Marín et al. (1997); Arizpe et al. (2014)
21	Spiritual experience	Variety of natural shapes with spiritual and historical value.	21.1. Using nature for historical and / or religious purposes, such as natural ecosystems cultural and heritage value	2	Hesp (2000); Powers et al. (1989); Gilbertson (1999)	2	Rosas-Gómez (2008); Aschmann (1967); Moore et al. (1996); Arizpe et al. (2014)
22	Cognitive development	Variety in nature with scientific and educational value.	22.1. Use of natural systems for field trips and for scientific research.	1	Vanderplank (2011); Moore et al. (1996); Rodríguez et al. (2014); de Groot et al. (2012); Everard et al. (2010); Baeyens and Martínez (2004); Jones et al. (2010); Jiménez-Orocio et al. (2014);	1	de la Vega (2011), Rodríguez Lizárraga (2012); Díaz de León (2015), Martínez et al. (2014); Conabio, (2012), Sigüenza (1993); Rosales (2006, 2009); Vanderplank (2011); Rodríguez-Revelo (2012); Rodríguez-Revelo et

					Díaz de León (2015)		al. (2014), Valdés (2012); Aschmann (1967); Arizpe et al. (2014); FAO (2015); Calderón et al. (2013); Ibáñez (2010); Castro (2011); Valdes (1987); Ocampo et al. (2011); González (1981); Sánchez (1996)
--	--	--	--	--	---------------------	--	---

4. Discussion

The objective of this chapter was to demonstrate the use of ES lists scored and compared to global valuations following Everard et al. (2010). This approach is proposed as an instrument for beach and coastal dune management because it provides information for negotiations about uses, values, and environmental conservation, and because it aids to uncover missing information, therefore promoting new research for filling knowledge gaps.

The methodology of Everard et al. (2010) for global comparative valuation of ES in local beaches and coastal dunes, allowed us for contextualizing coastal environments in the Baja California Peninsula. In our study region we found 60 publications referring to 38% of the total ES provided by beaches and coastal dunes known worldwide. No references were found about provision of drinking water, which were mentioned by Everard et al. (2010) and by Van Dijk (1989), nor for the cultural function ES of religious use, which was included by Everard et al. (2010), no evidence being available for such use in our study area. Hesp (2000) and Ritter (1998, 2000) make mention of ancient civilizations which developed on coastal environments, such as the Maori people from New Zealand that left in beaches traces of some of their oldest settlements and archaeological remains. In Mexico, the Seri (northern Mexico) (Rentería, 2007) and the Huave (southern Mexico) (Millán, 2003) are peoples with cultures associated with sandy coastlines and the ocean.

One way of filling in local information gaps is expert knowledge, as suggested by Everard et al. (2010). For example, Moore et al. (1996) mention shell heaps (ancient accumulations of shells and other edible animal remains) as evidence of coastal dunes being food-provisioning environments, but our literature search gave no clear evidence of these shell heaps being kitchen middens. Shell heaps and maybe other specific features occurring on sand dunes appear in literature if searched by their specific names and not with the key words used in this research. Everard et al. (2010) mention the possibility of adding historical information, but they mostly stress the relevance of regional research.

The Baja California Peninsula has been the object of important scientific expeditions led by USA scientists from California and Arizona, among which the botanical and zoological expeditions (Rebman et al., 2012) are relevant for mentioning the ES of habitat for flora

and fauna, equivalent to 27% of total ES documented for the Baja California Peninsula. Geological and mineralogical studies are also available for the region (Martín-Barajas et al., 1988; Carranza-Edwards et al., 1998; Daesslé et al., 2009) documenting the ES of raw materials (minerals) provision.

Despite the existing amount of information about the flora of the Baja California Peninsula, no studies mention the ES of medicinal resource provision, except for some mentions of medicinal properties of some plant species. Moser (1970) and Quattrocchi (2012) documented the traditional uses of the pioneer species *Abronia maritime* of which an infusion was used for afterbirth expulsion after delivery. Amoros et al. (1987) mention *Anagallis arvensis* antiviral activity, and Nene et al. (1965) and Al-Abed et al. (1993) also mention this plant's fungicidal properties. The local plant *Anemopsis californica* has been reported to be an anti proliferative agent of breast, prostate, and colon carcinogenic cells (Medina-Holguín et al., 2008; Kaminski et al., 2010; Daniels et al., 2006), and have therapeutic properties in cases of arthritis and infections (VanderJagt, 2002).

5. Conclusions

In the beaches and coastal dunes of Baja California Peninsula we identified 22 of the 25 ES known from these ecosystems worldwide. Wild life refuge and cognitive development were the better-documented ES in our study area, which was due to the terms of our literature search and to the abundance of botanical expeditions made in the area because of the floristic importance of the Californian Floristic Province (Peinado et al., 2007) of which it forms part.

The most documented ES in the Baja California Peninsula belong to the cultural function, followed by those in the habitat function. Regionally, the presence of universities and of two regionally important research centers in the northwest of the peninsula and in the Gulf of California make that in these areas ES were better documented.

One of the main results of the application of the methodology of Everard et al. (2010) is the identification of elements for assigning conservation priorities. In our case, the ES with the highest score is provision of sediments feeding the beaches and coastal dunes, given that

erosion regulation is poorly documented. Erosion occurs naturally not only in the Baja California Peninsula, but has ample effects due to sand extraction from streams providing part of the sediment of beaches and coastal dunes. It is also important to make further studies of raw material provision aimed at assessing the losses suffered by the ecosystem from sand extraction, the available studies only making a characterization of the area. Overall, it is highly relevant to know the ES provided by beaches and coastal dunes in order to design and implement adequate management practices that conserve the ecosystem in order for it to continue providing ES to humans. Interestingly, we did not find any mention regarding the protective status of the sand dunes.

6. References

- Acosta-Zamorano D, Macías-Carranza V, Mendoza-Espinosa L et al (2013) Efecto del agua residual tratada sobre la composición química de Uva Tempranillo (*Vitisvinifera*) en Baja California, México. *Agrociencia* 47(8):767-779
- Al-Abed AS, Qasem JR, Abu-Blan HA (1993) Antifungal effects of some common wild plant species on certain plant pathogenic fungi. *AGRIS* 20(3):149-158
- Amoros M, Fauconnier B, Girre RL (1987) In vitro antiviral activity of a saponin from *Anagallis arvensis*, Primulaceae, against herpes simplex virus and poliovirus. *Antiviral research* 8(1):13-25
- Anda-Martín B, Chavira-Silva J, Del Toro-Kobzeff A et al (2013) Características ambientales de la Lagunita de El Ciprés, Mpio, de Ensenada, Baja California y las amenazas a su consercavión. *GEOS* 33(2):1-19
- Arizpe CO, Riosmena R, Valdez C (2012) Marine and coastal flora and fauna. In: Ganster P, Arizpe CO, Ivanova A (eds) *Los Cabos: Prospective for a natural and tourism paradise*, Institute for regional studies of the Californias, San Diego State University Press, p 61-78
- Aschmann H (1967) *The Central desert of Baja California: Demography and ecology*. Ibero-Americana, University of California Press, California
- Baeyens G, Martínez ML (2004) Animal life on coastal dunes: From exploitation and prosecution to preotect and monitoring. In: Martínez ML, Psuty N (eds.), *Coastal Dunes, Ecology and Conservation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York
- Barbier EB, Hacker SD, Kennedy C et al (2011) The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecol Monogr* 81(2):169-193

- Batey C, Paterson C (2012) Aviking burial at Balnakeil, Sutherland. In: Reynolds A, Webster L (eds) Early medieval art and archaeology un the northern world: Studies in Honour of James Graham-Campbell. Brill, Leiden, Netherlands.
- Beena KR, Arun AB, Raviraja NS et al (2001) Association of arbuscular mycorrhizal fungi with plants of coastal and dunes of west coast of India. *Trop Ecol* 42(2):213-222
- Bhagya B, Sridhar KR (2009) Ethnobiology of coastal sand dune legumes of Southwest coast of India. *IJTK* 8(4):611-620
- Bird EC (1996) Beach management. Jonh Wiley & Sons, Nueva York
- Bonte D, Criel P, Vanhoutte L et al (2004) The importance of hábitat productivity, stabiit and heterogeneity for spider species richness in coastal grey dunes along the North Sea and its implications forconseervation. *Biodivers Conserv* 13:2119-2134
- Botero C, Pereira C, Anfuso A et al (2014) Recreational parameters as an assessment tool for beach. In: Green AN, Cooper JAG (eds) Proceedings 13th International Coastal Symposium (Durban, South Africa), *J Coast Res, Especial Issue* (70):556–562 (ISSN 0749-0208)
- Breceda A, Galina P, González M (2012) Terrestrial flora and fauna. In: Ganster P, Arizpe CO, Ivanova A (eds) Los Cabos: Prospective for a natural and tourism paradise, Institute for regionals studies of the Californias, San Diego State University Press, p 36-60
- Brenner J, Jiménez JA, Sardá R et al (2010) An assessment of the non-market value of the ecosystem services provided by the Catalan coastal zone, Spain. *Ocean Coast Manage* 53: 27–38
- Brown JC (1958) Soil fungi of some British sand dunes in relation to soil type and succession. *J Ecol* 46:641-664
- Burger J (2014) Ecological concerns following SuperstormSandy: stressor level and recreational activity levels affect perceptions of ecosystem. *Urban Ecosyst*. doi: 10.1007/s11252-014-0412-x
- Calderón AL, Reyes BH, Urciaga GJ et al (2013) Servicios ambientalesde arrecifes coralinos: el caso de Cabo Pulmo, B.C.S. http://blogs.eluniversal.com.mx/weblogs_detalle17890.html. Accessed 21 Sep 2015
- Camacho-Valdez V, Ruiz-Luna A, Ghermandi A et al (2013) Valuation of ecosystem services provided by coastal wetlands in northwest Mexico. *Ocean Coast Manage* 78:1-11
- Cántaro azul (2012) ¡No a la minería tóxica! Fundación Cántaro azul. <http://en.cantaroazul.org>. Accesssed 21 Sep 2015

- Carranza-Edwards A, Bocanegra-García G, Rosales-Hoz L et al (1998) Beach sands from Baja California Península, México. *Sediment Geol* 119:263-274
- Carretero SC, Kruse EE (2012) Relationship between precipitation and water-table fluctuation in a coastal dune aquifer: northeastern coast of the Buenos Aires province, Argentina. *Hydrogeol J* 20:1613-1621
- Castro FP (2011) Actualización de un estudio para un plan de manejo de la playa municipal de Ensenada, Baja California, México. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Chen C, Bau Y (2016) Establishing a multi-criteria evaluation structure for tourist beaches in Taiwan: A foundation for sustainable beach tourism. *Ocean Coast Manage* 121:88-96
- Conkidi L, Rincón E (1997) Arbuscular mycorrhizal in a tropical sand dune ecosystem on the Gulf of Mexico. *Mycorrhiza* 7(1):17-23
- Conrad JR, Wyneken J, Garner JA et al (2011) Experimental study of dune vegetation impact and control on leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* nest. *Endanger Species Res* 15:13-27
- Corkidi L, Rincón E (1997) Arbuscular mycorrhizae in a tropical sand dune ecosystem on the Gulf of Mexico. *Mycorrhiza* 7:17-23
- Costanza R, Darge R, de Groot R et al (1997) The value of the worlds ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260
- Daesslé L, Rendón-Márquez G, Camacho-Ibar V et al (2009) Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implications for provenance. *Rev Mex Cien Geol* 26:117-132
- Daily GC, Polasky S, Goldstein J et al (2009) Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Front Ecol Environ* 7(1):21-28
- Damgaard C, Thomsen MP, Borchsenius F et al (2013) The effect of grazing on biodiversity in coastal dunes heathlands. *J Coast Conserv* 17:663-670
- Daniels AL, Van Slambrouck S, Lee RK et al (2006) Effects of extracts from two Native American plants on proliferation of human breast and colon cancer cell lines in vitro. *Oncology* 15(5):1327-1331
- Davenport J, Davenport J L (2006) The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review. *Estuar Coast Shelf Sci* 67(1):280-292
- Deepe JL, Rotenberry (2008) Scale-dependent hábitat use by fall migratory: Vegetation structure, floristic, and geography. *Ecol Monogr* 78(3):461-487

- de Diego Calonge F, Tellería MT (1980) Introducción al conocimiento de los hongos de Doñana (Huelva, España). *Lazaroa* 2:271-326
- de Groot R, Brander L, Van Der Ploeg S et al (2012) Global estimates of the value of ecosystem sand their services in monetary units. *Ecosyst Serv* 1:50-61
- de la Vega T (2011) Propuesta de interpretación ambiental para el ecosistema de dunas costeras: el caso de Punta Banda, Ensenada. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Díaz de León S (2015) Valoración de los servicios ecosistémicos de dunas costeras en el mundo y Ensenada B.C. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Doody P J (2013) Sand Dune Conservation, Management and Restoration. Human Occupation, Use and Abuse. Coastal Research Library
- Escofet GA, Loya SD, Arredondo JI (1988) El estero de Punta Banda (Baja California, México) como hábita de la avifauna. *Cienc Mar* 14(4):73-100
- Espejel I (1993) Junto al mar la vida es más sabrosa. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada
- Espejel I, Jiménez-Orocio O, Peña-Garcillán P (2015) Flora de las playas y dunas costeras de México. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto HJ007, México
- Espejel I, Díaz de León S, Moreno-Casasola P et al (2016) Los servicios ecosistémicos de los bosques costeros. In: Moreno-Casasola P (ed) Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques costeros de Veracruz. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, México, p 37-58
- Everard M, Jones L, Watts B (2010) Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquat Conserv* 20: 476-487
- FAO (2015) Enfoque ecosistémico pesquero. Conceptos fundamentales y sua aplicación en pesquerías de pequeña escala de América Latina, p 94
- Felger RS, Moser MB (1985) People of the Desert and Sea: Ethnobotany of the Seri Indians. University of Arizona Press, Arizona
- Foro Mundial del Agua (2012) Foro del agua de las américas. Grupo temático de agua potable y saneamiento. VI Foro mundial del agua, p 40
- García-Giménez E (2012) Materiales para la arquitectura sostenible: sostenibilidad en el Hostal Empúries (Girona). Dissertation, Universidad Politécnica de Valencia

- Gatica CAB (1998) Herpetofauna y vegetación en un gradiente de perturbación en las dunas costeras de San Felipe, B. C., México. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Gilbertson DD, Schwenninger JL, Kemp RA et al (1999) Sand-drift and soil formation along and exposed North Atlantic coastline: 14,000 years of diverse geomorphological, climatic and human impacts. *J Archaeol Sci* 26(4):439-469
- Goldman RL, Tallis H (2009) A critical analysis of ecosystem services as a tool in conservation projects. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1162(1):63-78
- González-Marín RM, Moreno-Casasola P, Orellana R et al (2012) Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico. *IJTK* 11(3):408-413
- González YO E (1993) Transporte eólico en una porción de playa de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Gordon DM (2000) Plants as indicator of leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae) nest habitat in coastal dunes. *Pan-Pac Entomol* 76(4):219-233
- Grečnáróvá Z (2013) Vegetácia pobrežných dún Mexika ako inšpiračný zdroj pri navrhovaní extenzívnych výsadiel. Dissertation. Eslovenia.
- Guardado-France R (1997) Funcionalidad de las obras de protección costera construidas en la Bahía de Todos Santos, B.C. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California.
- Gudiño EN (2007). Análisis de la variabilidad en el ancho de playa y volumen de arena en Playas de Rosarito, Baja California. Playas de Rosarito, Baja California. Dissertation. Universidad Autónoma de Baja California
- Guldberg L, Atsatt P (1975) Frequency of Reflection and Absorption of Ultraviolet Light in Flowering Plants. *Am Midl Nat* 93(1):35-43
- Guzmán G (1986) Distribución de los hongos en la región del Caribe y zonas vecinas. *Caldasia* 15(71-75):103-120
- Hall M (2001). Trends in ocean and coastal tourism: the end of the last frontier. *Ocean Coast Manag* 601-618
- Harper A, Vanderplank S, Doderó M et al (2011) Plants of the Colonet region, Baja California, Mexico, and a vegetation map of Colonet Mesa. *Aliso* 29:25-42
- Heslenfeld P, Jungerius P, Klijn J (2004) European coastal dunes: Ecological values, threats, opportunities and policy development. In: Martínez ML, Psuty N (eds.), *Coastal Dunes, Ecology and Conservation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, p 171:335-351

- Hesp P (2000) Coastal Sand Dunes. Form and Function. CDVN Technical Bolletin no. 4. Massey University, p 16
- Hesp P, Schmutz P, Martínez ML et al (2010) The effect on coastal vegetation of trampling on a parabolic dune. *Aeolian Res* 2(2):105-111
- Hol GWH, Van der Wurf AWG, Skot L et al (2008) Two distinct AFLP types in three populations of marram grass (*Ammophila arenaria*) in Wales. *Plant Genet Resour* 6:201-207
- Howel AB (1911) Some birds of the San Quintin Bay Region, Baja California. *Condor* 13(5):151-153
- Hutchinson L; Montagna P, Yoskowitz D et al (2013) Stakeholder Perceptions of Coastal Habitat Ecosystem Services. *Estuaries Coast* 38:67-80
- Ibáñez PR, Ivanova BA, Amador BL (2010) Turismo, comunidad y sustentabilidad en Cabo Pulmo, Baja California Sur. In: Chávez R, Andrade E, Espinoza R, Navarro M (eds) *Turismo comunitario en México: Distintas visiones ante problemas comunes*, Universidad de Guadalajara, p 35-50
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2015). <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/default.aspx?tema=me&e=02> Accessed 10 Nov 2015
- Jiménez EV (2010) Cambios en la vegetación de dunas costeras de la playa municipal de Ensenada entre los años 1979, 1980, 1993 y 1998. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Jiménez-Orocio O, Espejel I, Martínez ML et al (2014) Uso de las dunas y situación actual. In: Martínez ML, Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O, Infante Mata D, Rodríguez-Revelo N (eds.) *Diagnóstico general de las dunas costeras de México*, CONAFOR, México, p 83-103
- Jiménez-Pérez LC (1983) Características de la comunidad zooplanctónica de playa San Ramón, Baja California. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Jonah FE (2014) Coastal Erosion in Ghana: the Case of Elmina-Cape Coast-moree Area. Dissertation, Kwame Nkrumah University of Science and Technology
- Jonah F E, Agbo NW, Agbeti W et al (2015) The ecological effects of beach sand mining in Ghana using ghost crabs (*Ocypode* species) as biological indicators. *Ocean Coast Manag* 112:18-24
- Jones L, Angus S, Cooper A et al (2010) Coastal margin habitats. UK National Ecosystem Assessment
- Juanotena IC (1998) Aproximación al estudio de la flora de las dunas costeras del litoral sudoeste francés. *Lurralde* (21):45-75

- Kenchington R (1993) Tourism in coastal and marine environments -a recreational perspective. *Ocean Coast Manag* 19:1-16
- Kaminski CN, Ferrey SL, Lowrey T et al (2010) In vitro anticancer activity of *Anemopsis californica*. *Oncology* 1(4):711-715
- Kholkhal W, Ilias F, Chahrazed B et al (2012) *Eryngium maritimum*: A Rich Medicinal Plant of Polyphenols and Flavonoids Compounds with Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Activities. *J Biol Sci* 4(4): 437-443
- Kikowska M, Thiem B, Siliwinska E et al (2014) The Effect of Nutritional Factors and Plant Growth Regulators on Micropropagation and Production of Phenolic Acids and Saponins from Plantlets and Adventitious Root Cultures of *Eryngium maritimum* L. *Plant Growth Regul* 33:809–819
- Kindermann G, Gormally MJ (2010) Vehicle damage caused by recreational use of coastal dune systems in a Special Area of Conservation (SAC) on the west of Ireland. *Coast Conserv* 14:173-188
- Koutrakis E, Sapounidis A, Marzetti S et al (2007) ICZM: Setting up of operational strategic studies for beach maintenance and reconstruction. *BEACHMED-e*, Kavala, p 64
- Kramer G (1983) Some Winter birds of Bahía de San Quintin, Baja California. *American birds* 270-272
- Kutiel P, Eden E, Zhevelev Y (2002) Effect of experimental trampling and off-road motorcycle traffic on soil and vegetation of stabilization coastal dunes, Israel. *Environ Conserv* 27(1):14-23
- Lazos RAE (2014) La participación rural en la conservación de la naturaleza. Dissertation, Universidad de Alicante
- Lee Y-Ch, Ahern J, Yeh Ch-T (2015) Ecosystem services in peri-urban landscape: The effects of agricultural landscape change on ecosystem services in Taiwan's western coastal plain. *Landsc Urban Plan* 139:137-148
- León de la Luz J L, Domínguez R, Domínguez M et al (1997) The San José del Cabo oases: its floristic composition today. *SIDA Contrib Bot* 17(3):599-614
- Leyva C (2009) Estrategia para la gestión urbana de espacios de vegetación nativa con fines multifuncionales: caso de estudio Centro de Población de Ensenada, B.C. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Leyva C, Espejel I, Pombo A et al (2009) Area natural protectora, un concepto para la gestión de espacios con vegetación nativa en ciudades árido-costeras: El caso de la ciudad de Ensenada, B.C. In: Leyva C (ed) Estrategia para la gestión urbana de espacios de vegetación nativa con fines multifuncionales: caso de estudio Centro de Población de Ensenada, B.C. p 140

- López H, Moreno-Casasola P, Infante D et al (2014) Campeche. Problemática por diagnóstico: Agricultura y Ganadería. En: Martínez ML, Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O, Infante Mata D, Rodríguez-Revelo N (eds.) Diagnóstico general de las dunas costeras de México, CONAFOR, México, 146-157
- Lozoya JP, Sardá R, Jiménez JA (2014) Users' expectations and the need for differential beach management frameworks along the Coasta Brava: urban vs. natural protected beaches. *Land use policy* 38:397-414
- Lucrezi S, Van del Walt MF (2016) Beachgoers' perceptions of sandy beach conditions: demographic and attitudinal influences, and the implications. *Coast Conserv* 20:81-96
- Marín V, Delgado M (1997) Nueva estrategia para un desarrollo sustentable: Manejo ecosistémico de los recursos naturales. *Ambiente y desarrollo* 13(2):70-76
- Martín-Barajas A, Maruri-Zamora A (1988) Evaluación preliminar del depósito de arenas negras. *Geomimet* (154):36-45
- Martínez ML, Psuty N (2004) Coastal dunes. *Ecological studies* 171:279-296
- Martínez ML (2009) Dunas costeras. *Investigación y Ciencia* 26-35
- Martínez ML, Moreno-Casasola P, Espejel I et al (2014) Diagnóstico general de las dunas costeras de México. CONAFOR. p 360
- Martino S, Amos CL (2015) Valuation of the ecosystem services of beach nourishment in decision-making: The case study of Turquinia Lido, Italy. *Ocean Coast Manag* 111:82-91
- Medina-Holguín AL, Holguín FO, Micheletto S (2008) Chemotypic variation of essential oils in the medicinal plant, *Anemopsis californica*. *Phytochem* 69(4):919-927
- Méndez R, Garza A, Reyes B et al (2013) Taller de monitoreo ambiental comunitario. Bahía Magdalena, B.C.S. Tecnológico de Monterrey p 7
- Mendoza GG (2009) Análisis de cambio de uso de suelo y sus implicaciones en la prestación de servicios ecosistémicos en la costa de Veracruz. Dissertation, Instituto de Ecología
- Mendoza-González G, Martínez ML, Lithgow D et al (2012) Land use and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecol Econ* 82: 23-32
- Millán S (2003) Huaves. Pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión nacional para el desarrollo de pueblos indígenas, México.

- Mollema PN, Antonellini M, Minchio A et al (2008) The Influence of Three-dimensional Dune Topography on Salt Water Intrusion in Marina Romea, Italy: A Numerical Modeling Study Using LIDAR Data. Proceedings of the 20th Salt Water Intrusion Meeting, Naples, Florida, USA.
- Montaño NM, Alarcón A, Camargo-Ricalde SL et al (2012) Research on arbuscular mycorrhizae in Mexico: and historical synthesis and future prospects. *Symbiosis* 57(3):111-126
- Moore JD, Janine LG (1996) Proyecto Arqueológico San Quintín-El Rosario. Informe técnico parcial. Temporada 1995-1996. INAH Baja California, México.
- Moreno-Casasola P (2004) A case study of conservation and management of a tropical sand dune system: La Mancha-El Llano. In: Martínez ML, Psuty N (eds.), *Coastal Dunes, Ecology and Conservation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, p 319-334
- Moreno-Casasola P (2006) Las playas y las duna. En: Moreno-Casasola P (ed.) *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver. México, p 205-220
- Moreno-Casasola P, Paradowska K (2009) Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera Bosques* 15(3):21-44
- Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O et al (2014a) Flora y vegetación. In: Martínez ML, Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O, Infante Mata D, Rodríguez-Revelo N (eds.) *Diagnóstico general de las dunas costeras de México*, CONAFOR, México, p 49-60
- Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O et al (2014b) Especies clave y endemismo. In: Martínez ML, Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O, Infante Mata D, Rodríguez-Revelo N (eds.) *Diagnóstico general de las dunas costeras de México*, CONAFOR, México, p 61-70
- Mottier V, Brissaud F, Nieto P et al (2000) Wastewater treatment by infiltration percolation: A case study. *Water Sci Technol* 41(1):77-84
- Mulroy TW, Rundel PW, Bowler PA (1979) The vascular flora of Punta Banda, Baja California Norte, Mexico. *Madroño* 26(2):69-90
- Needham MD, Szuster BW (2011) Situational influences on normative evaluations of coastal tourism and recreational management strategies in Hawaii. *Tourism manage* 32:732-740
- Nene YL, Thapliyal PN (1965) Antifungal properties of *Anagallis arvensis* L. extract. *Naturwissenschaften* 52(4):89-90
- NOM-059-SEMARNAT-2010 (2010) Protección ambiental -Especies nativas de México de flora y fauna silvestres -Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Norma Oficial Mexicana.

- Ocampo OJ, Delgado GO (2011) Comportamiento de las dunas de arena en las barras de San Quintín (Punta Azufre y Punta Mazo) para 1973 y 2006 utilizando técnicas de percepción remota y SIG. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Oliva R (2010) Conflictos mineros. Las arenas de hierro y titanio de las playas guatemaltecas para una minería. <http://www.conflictosmineros.net/noticias/15-guatemala/5979-arenas-de-hierro-y-titanio-de-playas-guatemaltecas-para-una-minera>. Accessed 25Oct 2015
- Oliveira PS, Rico-Gray V, Castillo-Guevara C (1999) Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal sand dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactaceae). *Funct Ecol* 13(5):623-631
- Ortiz MM (1996) Alimentación artificial: una alternativa para la regeneración de playas aplicado en la playa "Monalisa-Coronitas", Ensenada, B. C. México. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Peinado M, Delgadillo J (1990) Introducción al conocimiento fito-topográfico de Baja California (México). *Studia Botánica* 9:25-39
- Peinado M, Alcaraz F, Aguirre JL et al (1994) Vegetation formations and associations of the zonobiomes along the North America Pacific coast. *Vegetatio* 114:123-135
- Peinado M, Aguirre L, Delgadillo J et al (2007) Zonobiomes, zonoecotones and azonal vegetation along the Pacific coast of North America. *Plant Ecol* 191: 221-252
- Peinado M, Macías M, Aguirre L et al (2009) A Phytogeographical Classification of the North American Pacific Coast Based on Climate, Vegetation and a Floristic Analysis of Vascular Plants. *Botany* p 30
- Peinado M, Macías M, Ocaña-Peinado F et al (2011) Bioclimates and vegetation along the Pacific basin of Northwestern Mexico. *Plant Ecol* 212: 263-281
- Pérez-Maqueo O, Martínez ML, Mendoza-González, G et al (2013) The Coasts and Their Costs. In: Martínez ML, Gallego-Fernández JB, Hesp P (eds.) *Restoration of Coastal Dunes*. Springer Series on Environmental Management, p347
- Pliz D, Molina R (2002) Commercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management and monitoring for sustainability. *For Ecol Manag* 155:3-16
- Powers AH, Pdmore J, Gilbertson DD (1989) Studies of late prehistoric and modern opal phytoliths from coastal sand dunes and machair in northwest Britain. *ArchaeolSci* 16(1):27-45
- Price WD, Burchell MR, Hunt WF et al (2013) Long-term study of dune infiltration systems to treat coastal storm water runoff for fecal bacteria. *Ecol Eng* 52:1-11

- Quattrocchi U (2012) CRC Common Names World dictionary for Medicinal and Poisonous plants.
- Quesada AM (2010) Evaluación de los impactos de cambio climático en polinizadores y sus consecuencias potenciales en el sector agrícola en México. Centro de investigaciones en ecosistemas, Universidad Autónoma de México, p 63
- Ranwell DS (1972) Ecology of salt marshes and sand dunes .Chapman and Hall, London
- Rascón-Valenzuela L, Jiménez-Estrada M (2015) Chemical composition and antiproliferative activity of *Acalypha californica*. *Ind Crops Prod* 69:48-54
- Read DJ (1989) Mycorrhizas and nutrient cycling in sand dune ecosystems. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biol Sci* 96:89-110
- Rebman J, Roberts N, Ezcurra E (2012) Baja California. Plant field guide. San Diego Natural History Museum, San Diego
- Rentería VRF (2007) Seris. Pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión nacional para el desarrollo de pueblos indígenas, México
- Reyes BH, Calderón AL, Abuerto O et al (2009) Las disminuciones en el nivel trófico de las capturas pesqueras en México. *Ciencia* 1-9
- Rico-Gray V (1993) Use of plant-derived food resources by ants in the dry tropical lowlands of coastal Veracruz, Mexico. *Biotropica* 25(3):301-315
- Rico-Gray V, Oliveira P S (2007) The ecology and evolution of ant-plant interactions. University of Chicago Press.
- Riley J, Rebman J, Vanderplank S (2015) Plant guide: Maritime succulent scrub región, Northwest Baja California, Mexico.
- Ritter EW (1998) Investigations of Prehistoric Behavioral Ecology and Cultural Change within the Bahía de los Ángeles Region, Baja California. *PCAS Quarterly* 34(3):9-43
- Ritter EW (2000) Observations regarding the Prehistoric Archaeology of Central Baja California. *Memorias de la Primera Reunión Binacional "Balances y Perspectivas de la Baja California Prehispánica e Hispánica"*. CONACULTA-INAH. Mexicali, B. C., 20- 21 octubre 2000
- Rivera LE (2004) Análisis de la variabilidad de perfiles de playa en Playas de Rosarito, Baja California. Comparación entre playas con muro y playas sin muro. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California.

- Rodríguez-Lizárraga LG (2012) El diseño gráfico como mediador de la educación ambiental de las dunas costeras, el caso de Ensenada B.C., México. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Rodríguez Revelo N, Rendón Márquez G, Espejel I et al (2014) Análisis de proveniencia de las arenas del complejo de dunas parabólicas El Socorro, Baja California, México, mediante una caracterización mineralógica y granulométrica. *Bol Soc Geol Mex* 66(2):355-363
- Rodríguez-Revelo N (2012) Evaluación integrada de la duna El Socorro para proponer su manejo como recurso natural en el Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California, Baja California. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Rodríguez-Revelo N, Espejel I, Jiménez-Orocio O et al (2014a) Baja California. In: Martínez ML, Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O, Infante Mata D, Rodríguez-Revelo N (eds.) Diagnóstico general de las dunas costeras de México, CONAFOR, México, p 146-157
- Rodríguez-Revelo N, Espejel I, Jiménez-Orocio O et al (2014b) Baja California Sur. In: Martínez ML, Moreno-Casasola P, Espejel I, Jiménez-Orocio O, Infante Mata D, Rodríguez-Revelo N (eds.) Diagnóstico general de las dunas costeras de México, CONAFOR, México, p 158-169
- Romero WR (1990) Abundancia y estructura del stock de almeja pisma *Tivela stultorum* (Mawe 1823) en la playa San Ramón, San Quintín, Baja California, durante 1978 y 1979. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Rosales OV (2006) Variaciones de la cobertura vegetal del campo de dunas de la playa municipal de Ensenada, B.C., durante el periodo 1979-2002. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Rosales OV (2009) Diagnóstico participativo como base de un proyecto de turismo de naturaleza: Ejido Nueva Odisea, San Quintín Baja California, México. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Sánchez OR (1996) Germinación y establecimiento de *Abronia marítima* en las dunas de Punta Banda, Baja California. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Santos OM, de Oliveira NC, de Novais RF (1995) Vesicular-arbuscular mycorrhizae in sand dune plants. *Ceres* 42: 191-202
- Schlacher TA, Schoeman, DS, Lastra M et al (2006) Neglected ecosystems bear the brunt of change. *Ethol Ecol Evol* 349-351
- Schuyt K, Brander L (2004) The economic value of the worlds wetlands. *Living waters. Conserving the source of life*, Gland, Suiza

- Seingier G, Espejel I, Almada JLF (2009) Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental* 1(1):54-69
- SMICSRM (Center for Social Responsibility in Mining) (2014) Análisis del desarrollo minero en Baja California Sur y de sus potenciales efectos sobre el desarrollo humano y sustentable. Center for Social Responsibility in Mining, Sustainable Minerals Institute, Univesity of Queensland, p 105
- Sevink J (1991) Soil development in the coastal dunes and its relation to climate. *Lands Ecol* 6:49-56
- Sigüenza C, Espejel I, Allen EB (1996) Seasonality of mycorrhizae in coastal sand dunes of Baja California. *Mycorrhiza* 6(2):151-157
- Sridhar KR, Bhagya B (2007) Coastal sand dune vegetation: a potencial source of foof, fodder and pharmaceuticals. *Livestock Research for Rural Development* 19(6): <http://www.lrrd.org/lrrd19/6/srid19084.htm>
- Svenia CS, Enríquez AR (2011) Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de todos Santos, B.C. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Tackett NW, Craft CB (2010) Ecosystem Development on a Coastal Barrier Island Dune Chronosequence. *J Coastal Research* 26(4):736-742
- Thompson LMC, Schlacher TA (2008) Physical damage to coastal dunes and ecological impacts caused by vehicle tracks associated with beach camping on Sandy shores: a case study from Fraser Island, Australia. *Coast Conserv* 12:67-82
- Turno OH, Isla FI (2004) Developing sinks for CO2 through forestation of temperate coastal barriers: an environmental business. *Reg Environ Change* 4:70-76
- Valdes CL (1987) Transporte de sedimentos en las dunas del Ejido Primo Tapia, Baja California, Mexico. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Valdés MES (2012) Identificación de las zonas de riesgo ante el aumento paulatino del nivel medio del mar como posible insumo para el manejo de la acuicultura y el turismo de Bahía San Quintín en Baja California, México. Dissertation, Universidad Autónoma de Baja California
- Van Aarde RJ, Wassenaar TD, Niemand L et al (2004) Coastal dune forest rehabilitation: A case study on Rodent and bird assemblages in northern Kwa-Zulu-Natal, South Africa. In: Martinez ML, Psuty N (eds.), *Coastal Dunes, Ecology and Conservation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, p 103-118
- VanderJagt TJ, Ghattas R, VanderJagt DJ et al (2002) Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. *Life Sci* 70(9):1035-1040

- Van der Maarel E (1997) *Dry Coastal Ecosystems: Polar Regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania*, Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Vanderplank SE (2011) The flora of greater San Quintín, Baja California, México (2005-2010). *Rancho Santa Ana Botanic Garden. Aliso* 29:65-106.
- Van Dijk H (1989) Ecological impact of drinking-water production in Dutch coastal dunes. In F. Van der Meulen F, P. D. Jungerius PD, Visser J (eds), *Perspectives in Coastal Dune Management. Proceedings of the European Symposium Leiden*, SPB Academic, The Hague p 163-182
- Van Houtte E, Verbauwheide J, Driessens R (2005) Sustainable groundwater management of a dune aquifer by re-use of wastewater effluent in Flanders, Belgium. In: Herrier JL, Mees J, Salman A, Seys J, Van Nieuwenhuysse H, Dobbelaere I (eds) *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats*, Koksijde, Belgium, 19-23 Sep 2005
- Vardavakis E (1992) Mycorrhizal endogonaceae and their seasonal variations in a Greek sand dune. *Pedobiologia* 36(6):373-382
- Valdez-Villavicencio J, Peralta-García A, Hollingsworth B (2015) A coastal population of Large-blotched *Ensatina* (Caudata: Plethodontidae: *Ensatina eschscholtzii klauberi*) in Baja California, México. *Check list* 11(3):1649
- Vázquez GA (2011) El mercado de los bonos de carbono. *Derecho ambiental y ecología* p 51.
- Ventura Y, Sagi M (2013) Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. *Environ Exp Bot* 92:144-153
- Wiggins I (1980) *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford
- Wilson P (1987) Soil formation on coastal beach and dune sands at Magilligan Point Nature Reserve, Co. Londonderry. *Irish Geography* (20):43-50
- Wunder S (2006) *Pago por servicios ambientales: Principios básico esenciales*. CIFOR Occasional paper no. 42.
- Yetter JC (2004) *Hydrology and geochemistry of freshwater wetlands on the Gulf coast of Veracruz, Mexico*. Dissertation, University of Waterloo
- Yoskowitz D, Santos C, Allee B et al (2010) *Proceedings of the Gulf of Mexico Ecosystem Services Workshop: Bay St. Louis, Mississippi*. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Texas A&M University-Corpus Christi, June 16-18, 2010

Zarate-Ovando B, Palacios H, Reyes-Bonilla E et al (2006) Waterbirds of the lagoon complex Magdalena Bay-Almejas, Baja California Sur, México. *Waterbirds* 29(3):350-364

Zizumbo D, Colunga P (1982) Aspectos etnobotánicos entr los Huaves de San Mateo del Mar, Oaxaca, México. *Biotica* 7:223-271

CAPÍTULO III. El servicio ecosistémico de hábitat de las playas y dunas costeras de la Península de Baja California, México.

Rodríguez-Revelo, N.¹, Espejel, I. ¹, Peña-Garcillán, P.², León de la Luz, J.L. ²

Artículo en preparación para la revista Biodiversity

Resumen

La vegetación de las dunas costeras en México, como en el mundo, tiene una evidente distribución relacionada a la formación geológica, el grado de estabilización de la arena y a la intensidad del viento. Debido a la presencia frecuente de especies de las comunidades limítrofes con el sistema dunar es importante diferenciar entre flora en dunas costeras (especies exclusivas de estos sistemas) y flora de dunas costeras (especies presentes independiente, si son exclusivas o no de dunas). El objetivo del presente trabajo es analizar los registros de plantas en dunas costeras depositadas en herbarios internacionales, nacionales y regionales que fueron recopiladas en el proyecto de CONABIO (HJ007) para identificar los sitios con mayor diversidad florística en las dunas costeras de la península de Baja California, México. El listado florístico se generó con los registros de colecta de tres herbarios de México y cuatro de Estados Unidos de América recabados en la base de datos del proyecto de CONABIO. Se eligieron y georeferenció los ejemplares colectados en playas y dunas costeras en un mapa de dunas de la Península de Baja California. Cada registro se localizó en celdas de 50 km². Para cada celda se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener y riqueza de Margalef para cada celda. Los resultados indican que la flora en dunas costeras de la península de Baja California está formada por 84 familias, 387 géneros y 747 especies de plantas vasculares, de las cuales 138 especies se encuentran en ambos estados (Baja California y Baja California Sur). Las especies constantes en el litoral del Océano Pacífico son *Abronia maritima*, *Camissonia lewisi*, *Abronia umbellata* y *Acmispon distichus*; y en el Golfo de California (localidad de San Felipe) son *Eucnide cordata*, *Frankenia palmeri*, *Distichlis spicata* y *D. palmeri*. En las zonas del estado de Baja California Sur las especies constantes *Euphorbia polycarpa* y *Eriogonum inflatum*, están catalogadas como nativas. El mayor endemismo a nivel nacional se da en la Península de Baja California, abarcando las regiones del Pacífico Norte y del

Golfo de California en el sur de la península. Finalmente, la relevancia de este trabajo radica en la importancia biológica que tiene la vegetación del ecosistema de dunas costeras por la gran riqueza de especies que presenta en determinadas zonas de la Península de Baja California.

Palabras clave: vegetación, especies estrictas, biodiversidad

1. Introducción

Los ecosistemas proporcionan refugio a las plantas y animales, los cuales contribuyen a la conservación de la diversidad biológica, genética y de los procesos evolutivos (de Groot, 2006). Una de las maneras utilizadas para valorar a los ecosistemas y apoyar la toma de decisiones para el uso o la protección de los ecosistemas son los servicios ecosistémicos (SE). Se ha documentado que se toman mejores decisiones en la protección de ecosistemas cuando la gente conoce su entorno (Daily et al., 2009). A su vez, un ecosistema conservado, protege a la gente que vive junto a ellos (Leyva, 2009; Leyva et al., 2009).

Una de las funciones que brindan los ecosistemas es el de hábitat, el cual proporciona dos SE: refugio para especies y conservación de la diversidad genética (banco de germoplasma) (de Groot, 2006). El servicio de hábitat proporciona espacios vitales para las plantas y los animales y conserva los procesos que sustentan los demás SE. Algunos hábitats cuentan con muchas especies, lo que los hace más diversos que otros desde el punto de vista genético y se les denomina “focos de biodiversidad” (FAO, 2016). La diversidad genética es la variedad de genes que existe entre poblaciones de especies, por lo que su conservación y utilización puede proporcionar diferentes opciones para hacer frente a muchos de los cambios en el ecosistema.

Las dunas costeras ofrecen 25 SE pertenecientes a las cuatro funciones ecosistémicas propuestas por Everard et al. (2010). Entre los más estudiados está la función de hábitat, particularmente de refugio, enfocado a la vegetación (Espejel et al., 2015; Moreno-Casasola et al., 2014a; Moreno-Casasola et al., 2014b, Rodríguez-Revelo et al., 2014b, Jiménez, 2010; Díaz de León, 2015; Mulroy et al., 1979, Vanderplank, 2011; Rodríguez-Revelo, 2012; Harper et al., 2011; Aschmann, 1967; Rebman et al., 2012; Riley et al., 2015;

Breceda et al., 2012; Arizpe et al., 2012; Rosales 2006; Sánchez, 1996). Sin embargo, aunque en México existen estudios sobre dunas costeras (Martínez et al., 2014; Espejel et al., 2015; Jiménez-Orocio et al., 2015); no los hay sobre el noroeste del país. Por lo tanto, el objetivo del presente artículo es identificar el SE de hábitat de flora para conocer los sitios con mayor diversidad florística en las dunas costeras de la península de Baja California. México.

2. Antecedentes

La vegetación de las dunas costeras en México, como en el mundo, tiene una distribución zonificada muy evidente que está relacionada al sustrato y a la intensidad del viento. La diversidad florística de la vegetación de dunas costeras es mayor de lo esperado ya que son suelos de arena muy pobres en materia orgánica, con baja capacidad para retener agua y donde dominan vientos fuertes y salinos por la aspersión marina (Van der Maarel, 1982, 1993; Moreno-Casasola et al., 1998; Martínez, 2009; Carter, 1991).

La vegetación de las dunas costeras también depende del tipo de formación geológica y el grado de estabilización de la arena. En las dunas activas donde el sustrato móvil es el factor ecológico más limitante, hay menor posibilidad de que crezcan plantas en la arena expuesta y seca (Moreno-Casasola, 2006). Las dunas fijas están cubiertas por vegetación, con frecuentes especies incursoras de la vegetación circundante y son sistemas relativamente estables (Moreno-Casasola, 2006). Debido a la presencia frecuente de especies de las comunidades limítrofes con el sistema dunar es importante diferenciar entre la flora que ocupa las dunas costeras además de otros sistemas, de aquellas especies que exclusivamente crecen sobre las playas y dunas (Espejel, et al., 2015). En este trabajo se considera toda la flora que ocupan las playas y dunas, sean específicas de un sustrato arenoso o no.

Aunque las dunas costeras y la flora en dunas de México han sido estudiadas recientemente (Martínez et al., 2014; Espejel et al., 2015; Jiménez-Orocio et al., 2015), hay pocos estudios florísticos y de vegetación en las dunas costeras del noroeste de México. Las primeras colectas de plantas corresponden a registros realizados en 1938 (Espejel et al., 2015). Johnson (1975) caracteriza por primera vez las dunas de la península de Baja California. En Baja California Sur, los trabajos de Pérez-Navarro (1995) y Romero et al., (2006),

describen la estructura de la vegetación de dunas costeras de la región de El Cabo y la Bahía de La Paz, en el extremo sur peninsular. Los estudios de Peinado et al. (2007, 2008, 2009, 2011) analizan la vegetación de dunas incluyendo las costas californianas. León de la Luz (2015) analiza la vegetación de la zona de Bahía Magdalena que se ha incorporado en el trabajo de Espejel et al. (2015) quienes coordinan un proyecto multistitucional de flora de playas y dunas a nivel nacional (CONABIO-HJ007) con la intención de sistematizar el material herborizado en los principales herbarios del país, California y Arizona en Estados Unidos de América, nuevas colectas y muestreos ecológicos, así como referencias bibliográficas.

3. Método

3.1. Zona de estudio

La península de Baja California colinda al norte con el estado de California en los Estados Unidos de América, al este con el Golfo de California y al oeste con el Océano Pacífico tiene una extensión territorial de 69,921 km². Lo conforman dos litorales: Océano Pacífico y Golfo de California (Figura III.1).

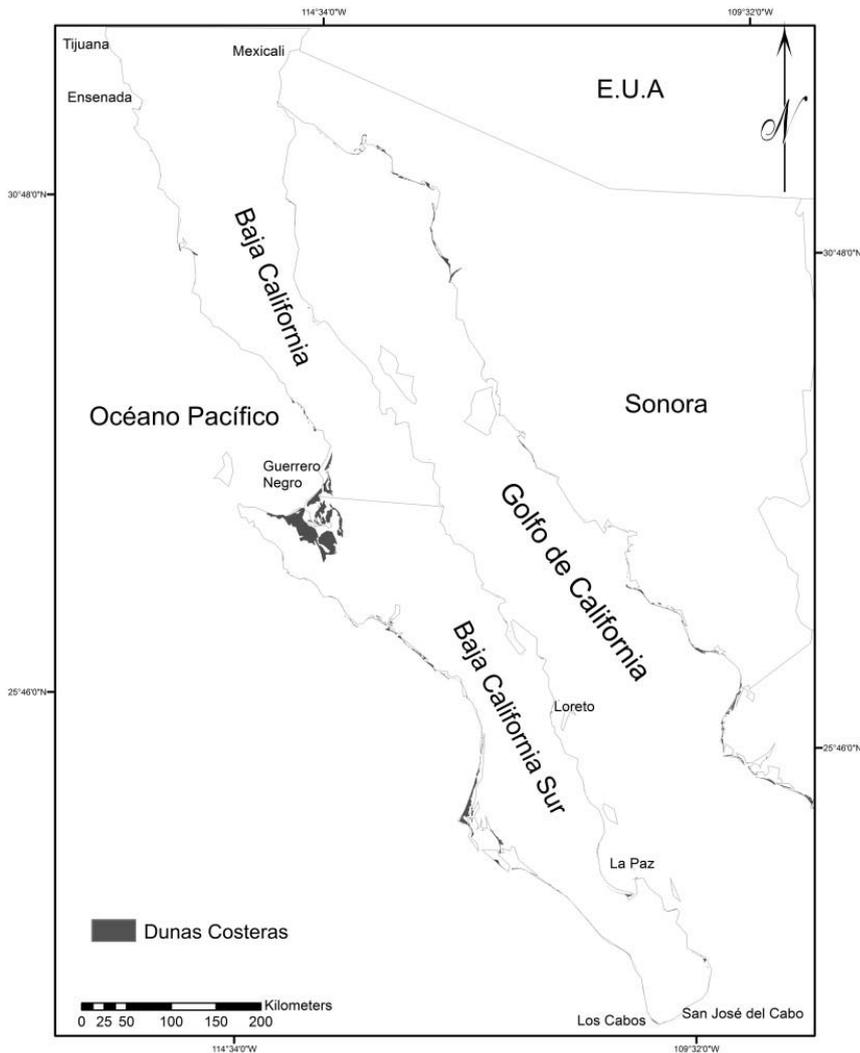


Figura III.1. Zona de estudio Península de Baja California.

3.1.1. Litoral del Océano Pacífico.

La zona abarca desde Playas de Tijuana hasta el centro de población de Los Cabos. El norte se caracteriza por tener acantilados, terrazas fluviales y costeras así como dunas costeras, dando lugar a una transición entre dos tipos de vegetación, el matorral costero (arbustos aromáticos de baja altura que crecen en la zona de clima mediterráneo-semi-áridos) y el

chaparral (*Artemisia californica*, *Salvia apiana*, *Salvia munzii*, *Eriogonum fasciculatum*, *Hazardia squarrosa* var. *grindelioides*, *Opuntia littoralis*; *Rhus integrifolia*, *Malosma laurina* y *Simmondsia chinensis*) (González-Abraham et al., 2010).

La flora tiene un gradiente de perturbación-conservación que comienza con una zona altamente urbanizada en la frontera con California, Tijuana (Espejel et al., 2001). Los dos o tres cordones de dunas frontales generalmente están cubiertas por especies como *Cakile* spp en la playa, *Abronia maritima* y *Helianthus niveus* en las crestas y laderas de las dunas (Rodríguez-Revelo et al., 2014a).

3.1.2. Litoral del Golfo de California peninsular.

La zona ocupa la costa de San Felipe hasta San José del Cabo. Existen cordones de dunas frontales estrechos asociados a las playas formadas en las bahías de la costa rocosa. La costa del Golfo de California es muy singular por la presencia del desierto con el mar. La flora de dunas costeras es pobre, dominada por *Ephedra trifurca* pero se combina con especies del desierto central como *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Ambrosia dumosa* entre otras y en los deltas de los ríos temporales con árboles de *Olneya tesota* y especies de mezquite (*Prosopis pubescens* y *P. glandulosa* var. *torreyana*) entre muchas otras (Rodríguez-Revelo et al., 2014b).

3.2. Análisis de diversidad florística.

El listado florístico se generó con los registros de colecta de herbarios en México (MEXU, BCMEX, HCIB) y de Estados Unidos de América (SD, CAVA, UCR, RSA) recabados en la base de datos del proyecto de Conabio (Espejel et al., 2015) y actualizado con los listados de Vanderplank (2011) y de Espejel et al. (en revisión). Se eligieron los ejemplares de los herbarios que mencionaban su colecta en playas y dunas costeras, en suelos arenosos a 5 msnm y las georeferencias se sobrepusieron al mapa de dunas de México (en este caso de la Península de Baja California) y se eliminaron todas aquellas que no correspondían a un sitio con playa o duna costera. Se diferenciaron las especies que los autores de ese proyecto reconocían como exclusivas de dunas de aquellas colonizadoras u oportunistas, pero que no por eso dejan de “enriquecer” la flora de dunas. Para este artículo se hizo un

recorte de la base de datos para los estados de Baja California y Baja California Sur y se agregaron los registros recientes de Vanderplank (2015) que no fueron incorporados en ese proyecto. Se utilizaron los mapas de distribución de las dunas costeras de México (Jíménez et al., 2014) para sobreponer los registros de colecta georeferenciados y filtrar la base de datos de aquellas especies que no crecen sobre playas y dunas costeras. Cada registro se localizó en una matriz de celdas de 50 km² para facilitar los cálculos estadísticos. Se calculó la riqueza, abundancia y el índice de diversidad de Shannon para cada celda con el software Primer 5 (PRIMER-E Ltd- Plymouth Marine Laboratory).

4. Resultados

La flora de dunas costeras de la península de Baja California está formada por 84 familias, 387 géneros y 747 especies de plantas vasculares (Anexo 1). Se tiene un total de 95 sitios de dunas costeras con colectas registradas, de los cuales 57 pertenecen a la costa colindante con el Océano Pacífico y 38 con el Golfo de California. Se encontraron seis celdas con mayor riqueza de especies, tres en el litoral del Océano Pacífico (norte: con un índice de riqueza 24.03, centro: 19.61, sur: 26.99), tres en el litoral del Golfo de California (norte: 20.2, centro:25.35, sur: 21.16 (Figura III.2).

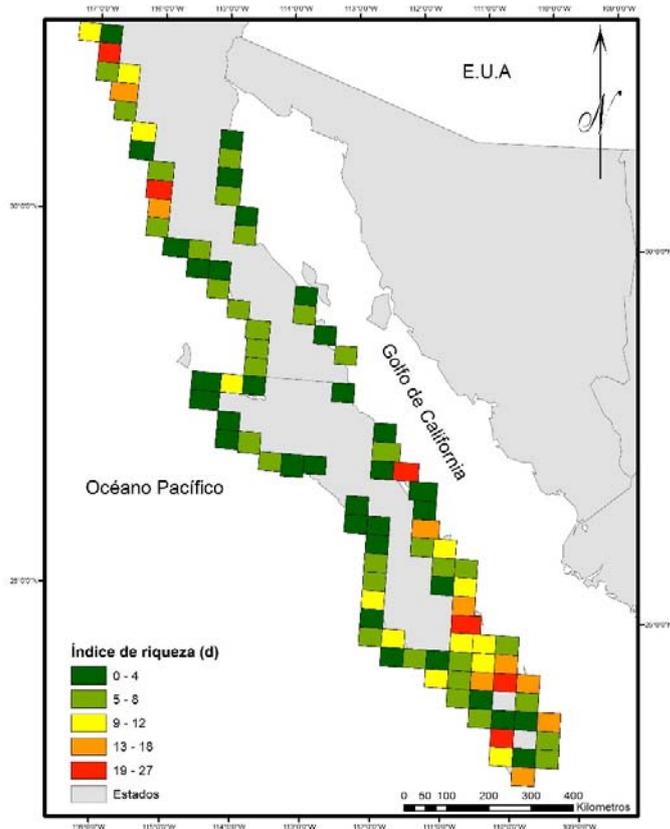


Figura III.2. Índice de riqueza (d) de la flora de dunas costeras de la Península de Baja California. Elaboración propia.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró que la Península de Baja California presenta una alta diversidad en la flora de las dunas costeras. Se tienen cuatro celdas con baja diversidad en la Península, tres en el litoral del Océano Pacífico y una en el Golfo de California. Cerca de la Bahía de San Quintín las celdas donde se encuentra la barra de La Chorera y la duna costera de El Socorro presentan una alta diversidad de 4.4 y las dunas cerca de la ciudad de La Paz una diversidad de 4.8 (Figura III.3).

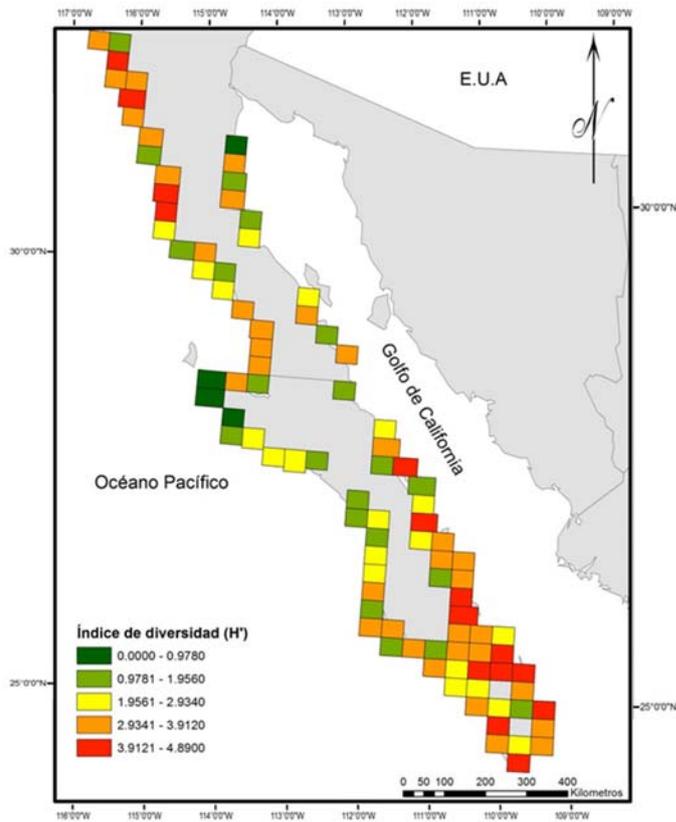


Figura III.3. Índice de diversidad (H) de la flora de dunas costeras de la Península de Baja California, México. Elaboración propia.

En la figura III.4 se observa una relación de los grupos de sitios que comparten una similar composición florística con los climas de la península. Para tomadores de decisión este dato es importante, porque de tener que elegir sitios para usar o conservar, cuentan con esta información para que en sus programas de ordenamiento costeros privilegien el mantener la diversidad de la flora de dunas de estas cuatro agrupaciones de sitios con dunas.

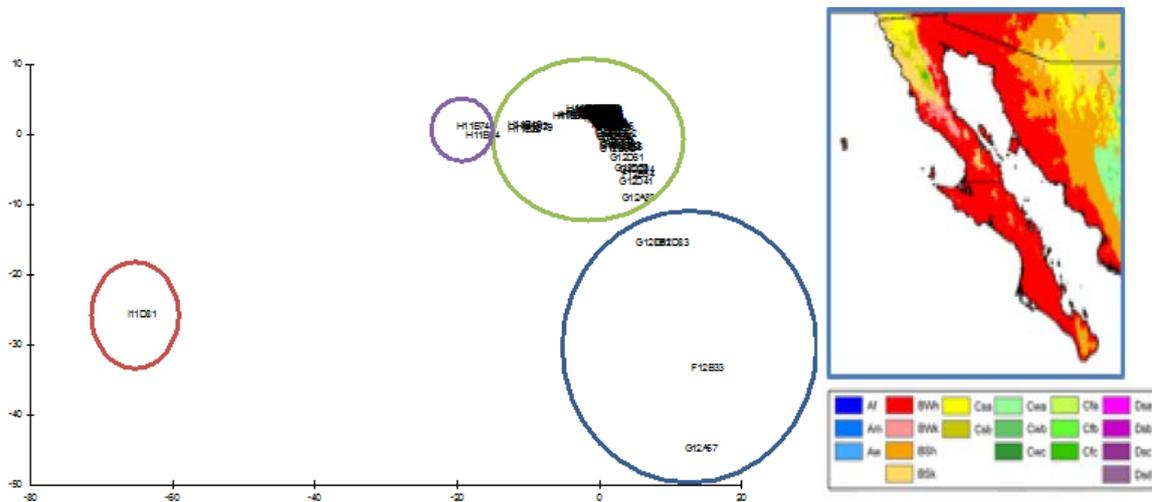


Figura III.4 Resultados del análisis de componentes principales de las celdas con flora en las dunas costeras de la Península de Baja California. El círculo rojo: Playas de Rosarito-clima mediterráneo (BSk: semi-árido frío/mediterráneas); el círculo azul: Mulegé, Todos Santos, La Paz (BWh: Árido cálido) se encuentran cerca de climas semi-árido cálido; el círculo morado: San Quintín, El Pabellón (El Socorro) (BSk: semi-árido frío/mediterráneas); el círculo verde: todos los demás (88 celdas) (BWh: Árido cálido). Las regiones fueron tomadas de la clasificación climática de Köppen.

Las asociaciones vegetales de estos cuatro conglomerados de sitios con dunas costeras, tienen especies constantes como *Abronia maritima*, *Camissonia lewisi*, *Abronia umbellata* y *Acmispon distichus* en el Pacífico. En el norte del litoral del Golfo de California las especies constantes son *Eucnide cordata*, *Frankenia palmeri*, *Distichlis spicata* y *D. palmeri* (Cuadro III.1).

Cuadro III.1. Especies constantes en las dunas costeras en los litorales colindantes de la Península de Baja California (extremo norte y centro de la Península).

Litorales			
	Océano Pacífico		Golfo de California
<i>Abronia umbellata</i>	<i>Abronia maritima</i>	<i>Ambrosia magdalena</i>	<i>Abronia maritima</i>
<i>Amblyopappus</i>	<i>Acmispon distichus</i>	<i>Astragalus anemophilus</i>	<i>Allenrolfea occidentalis</i>
<i>Ambrosia</i>	<i>Aesculus parryi</i>	<i>Atriplex hymenelytra</i>	<i>Arthrocnemum</i>
<i>Astragalus</i>	<i>Atriplex watsonii</i>	<i>Camissonia angelorum</i>	<i>Atamisquea emarginata</i>
<i>Atriplex julacea</i>	<i>Bahiopsis laciniata</i>	<i>Camissoniopsis lewisii</i>	<i>Atriplex barclayana</i>
<i>Cakile maritima</i>	<i>Batis maritima</i>	<i>Cryptantha patula</i>	<i>Atriplex linearis</i>
<i>Camissonia</i>	<i>Cakile maritima</i>	<i>Distichlis littoralis</i>	<i>Batis maritima</i>
<i>Camissonia lewisii</i>	<i>Camissonia</i>	<i>Ericameria brachylepis</i>	<i>Distichlis palmeri</i>
<i>Encelia californica</i>	<i>Camissonia lewisii</i>	<i>Eucnide cordata</i>	<i>Euphorbia misera</i>
<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Encelia californica</i>		<i>Nicolletia trifida</i>
<i>Euphorbia pondii</i>	<i>Eriogonum grande</i>		<i>Frankenia salina</i>
<i>Frankenia salina</i>	<i>Frankenia salina</i>		<i>Hibiscus denudatus</i>
<i>Gambelia juncea</i>	<i>Hazardia berberidis</i>		<i>Isocoma menziesii</i>
<i>Hazardia berberidis</i>	<i>Helianthus niveus</i>		
<i>Helianthus niveus</i>	<i>Isocoma menziesii</i>		
<i>Isocoma menziesii</i>	<i>Lotus nuttallianus</i>		

En el extremo sur del litoral del Océano Pacífico las especies constantes son *Aeschynomene nivea*, *Euphorbia polycarpa* y *Eriogonum inflatum* (Rodríguez-Revelo et al., 2014b); seguida de *Atriplex barclayana*. La mayoría de las especies (689) no son exclusivas de dunas costeras, por ejemplo, la presencia de *Maytenus phyllanthoides*, un especie típica de la sección más seca de los manglares, cubre las dunas de La Paz (Cuadro III. 2).

Cuadro III.2. Especies constantes en dunas costeras en los litorales colindantes de la Península de Baja California (extremo sur de la Península).

	Océano Pacífico		Golfo de California
<i>Atriplex barclayana</i>	<i>Vaseyanthus insularis</i>	<i>Amauria rotundifolia</i>	<i>Rhizophora mangle</i>
<i>Hermannia palmeri</i>	<i>Abutilon incanum</i>	<i>Euphorbia polycarpa</i>	<i>Senna confinis</i>
<i>Melochia tomentosa</i>	<i>Adenophyllum speciosum</i>	<i>Dryopetalon palmeri</i>	<i>Aeschynomene nivea</i>
<i>Lippia Formosa</i>	<i>Aeschynomene nivea</i>	<i>Mentzelia adhaerens</i>	<i>Antirrhinum cyathiferum</i>
<i>Lycium berlandieri</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Nicolletia trifida</i>	<i>Avicennia germinans</i>
<i>Sesuvium verrucosum</i>	<i>Amaranthus watsonii</i>	<i>Aristida adscensionis</i>	<i>Bajacalia crassifolia</i>
<i>Adenophyllum speciosum</i>	<i>Bebbia atriplicifolia</i>	<i>Atriplex barclayana</i>	<i>Ditaxis lanceolata</i>
<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Boerhavia erecta</i>	<i>Boerhavia xanti</i>	<i>Euphorbia pediculifera</i>
<i>Arthrocnemum</i>	<i>Celosia floribunda</i>	<i>Chloris virgata</i>	<i>Boerhavia triquetra</i>
<i>Bourreria sonora</i>	<i>Cenchrus palmeri</i>	<i>Eriogonum inflatum</i>	<i>Chondrosium barbatum</i>
<i>Ditaxis serrata</i>	<i>Cordia curassavica</i>	<i>Hibiscus denudatus</i>	<i>Colubrina viridis</i>
<i>Encelia farinosa</i>	<i>Dactyloctenium</i>	<i>Larrea tridentata</i>	<i>Cordia parvifolia</i>
<i>Froelichia xantusii</i>	<i>Echinopepon minimus</i>	<i>Lyrocarpa coulteri</i>	<i>Eriogonum inflatum</i>
<i>Ibervillea sonora</i>	<i>Eucnide cordata</i>	<i>Parkinsonia</i>	<i>Euphorbia setiloba</i>
<i>Jouvea pilosa</i>	<i>Euphorbia polycarpa</i>	<i>Aeschynomene nivea</i>	<i>Maytenus phyllanthoides</i>
	<i>Isocoma menziesii</i>	<i>Bidens</i>	
<i>Karwinskia humboldtiana</i>		<i>Bahiopsis deltoidea</i>	<i>Metastelma palmeri</i>

De las 747 especies registradas para la Península de Baja California, 49 especies están catalogadas como exclusivas en dunas costeras (Cuadro IV. 3). Representa el 7% de la flora registrada para las dunas costeras de la Península de Baja California (Figura III.2).

Cuadro III.3. Especies exclusivas en dunas costeras de la Península de Baja California.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Amaranthaceae	<i>Atriplex</i>	<i>barclayana</i>
	<i>Atriplex</i>	<i>magdalенаe</i>
Amaranthus	<i>Amaranthus</i>	<i>watsonii</i>
Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>cabopulmensis</i>
	<i>Encelia</i>	<i>ventorum</i>
	<i>Helianthus</i>	<i>niveus</i>
	<i>Palafoxia</i>	<i>linearis</i>
	<i>Palafoxia</i>	<i>arida</i>
	<i>Encelia</i>	<i>laciniata</i>
Bajacalia	<i>Bajacalia</i>	<i>crassifolia</i>
	<i>Bajacalia</i>	<i>moranii</i>
	<i>Bajacalia</i>	<i>tridentata</i>
Boeberastrum	<i>Boeberastrum</i>	<i>littoralis</i>
Boraginaceae	<i>Cryptantha</i>	<i>maritima</i>
	<i>Cryptantha</i>	<i>micrantha</i>
	<i>Pholisma</i>	<i>arenarium</i>
	<i>Tiquilia</i>	<i>plicata</i>
Brassicaceae	<i>Dithyrea</i>	<i>californica</i>
	<i>Dithyrea</i>	<i>maritima</i>
Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>littoralis</i>
Chaenactis	<i>Perityle</i>	<i>californica</i>
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>imperati</i>
	<i>Ipomoea</i>	<i>pes-caprae</i>
Diospyros	<i>Diospyros</i>	<i>intricata</i>
Errazurizia	<i>Errazurizia</i>	<i>megacarpa</i>
Euphorbia	<i>Euphorbia</i>	<i>leucophylla</i>
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>californicus</i>
Fabaceae	<i>Astragalus</i>	<i>magdalенаe</i>
	<i>Marina</i>	<i>maritima</i>
Funastrum	<i>Funastrum</i>	<i>arenarium</i>
Goodeniaceae	<i>Scaevola</i>	<i>plumieri</i>
Marina	<i>Marina</i>	<i>brevis</i>
Nyctaginaceae	<i>Abronia</i>	<i>maritima</i>
	<i>Abronia</i>	<i>carterae</i>
Onagraceae	<i>Oenothera</i>	<i>drummondii</i>
Physalis	<i>Physalis</i>	<i>crassifolia</i>
Poaceae	<i>Aristida</i>	<i>californica</i>
	<i>Cenchrus</i>	<i>incertus</i>
	<i>Cenchrus</i>	<i>palmeri</i>
	<i>Distichlis</i>	<i>spicata</i>
	<i>Jouvea</i>	<i>pilosa</i>
	<i>Sporobolus</i>	<i>virginicus</i>
Polygonaceae	<i>Nemacaulis</i>	<i>denudata</i>
Rubiaceae	<i>Stenotis</i>	<i>mucronata</i>
Selenicereus	<i>Stenocereus</i>	<i>thurberi</i>
Sesuvium	<i>Sesuvium</i>	<i>verrucosum</i>
Solanaceae	<i>Lycium</i>	<i>carolinianum</i>
Tephrosia	<i>Tephrosia</i>	<i>palmeri</i>

Del total de especies exclusivas en dunas costeras, la especie que tiene mayor abundancia en la Península de Baja California es *Abronia maritima*, seguida de *Atriplex barclayana*, *Jouvea pilosa* y *Euphorbia leucophylla* (Figura III.5).

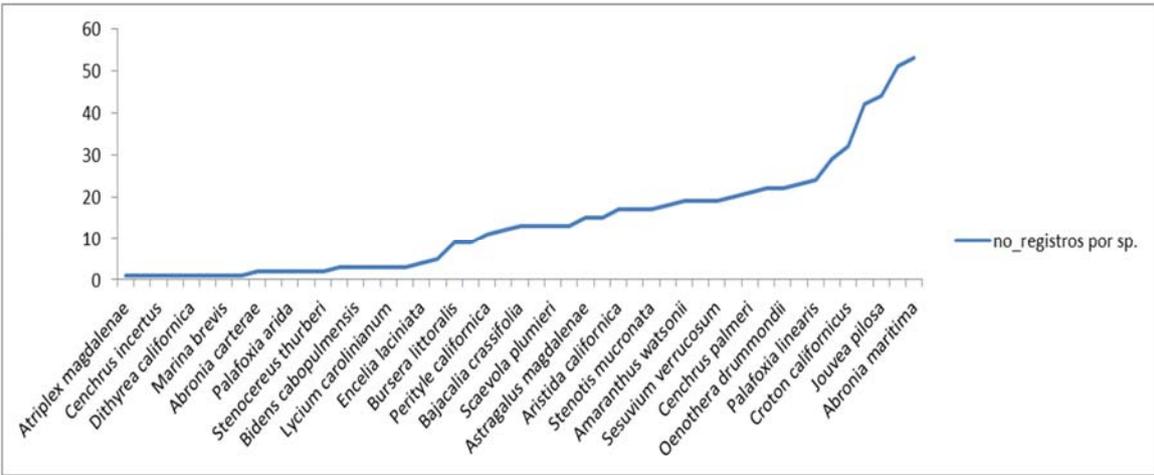


Figura III.5. Número de registros por especies exclusivas en dunas costeras.

Las especies más abundantes que se comparten con otros tipos de vegetación son: *Euphorbia polycarpa*, *Camissonia crassifolia*, *Heliotropium curassavicum* y *Psoralea emoryi* como las más abundantes. Es interesante, y común para los ecosistemas de playas y dunas costeras, que 617 especies tienen de uno a 10 registros (Figura III.6).

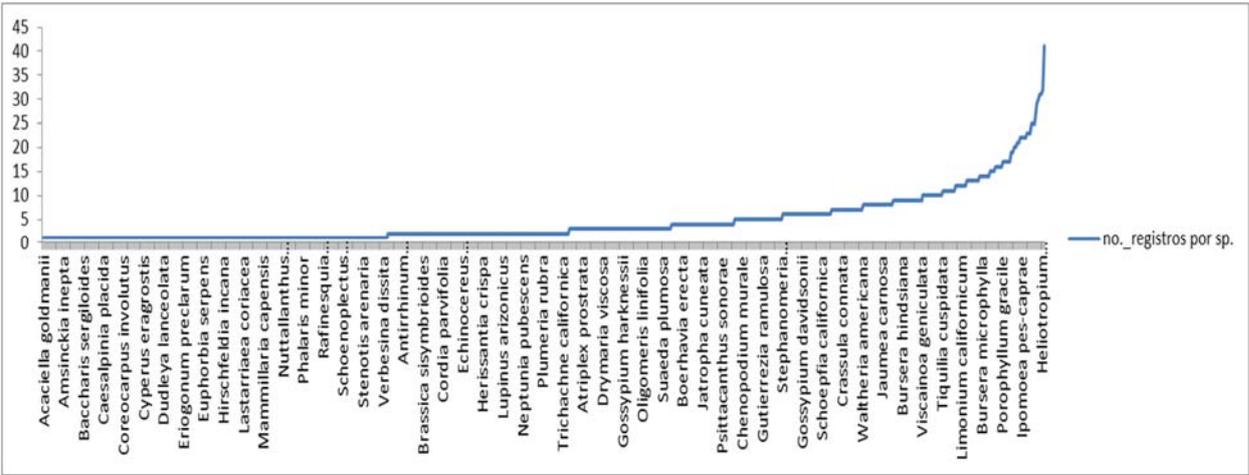


Figura III.6. Número de registros de especies de flora que proveen las dunas costeras (todas ellas compartidas con otros tipos de vegetación).

En la figura III.7 la curva muestra el número de especies acumuladas según el esfuerzo de colecta; la asíntota se estabiliza en las 90 especies. Esto significaría que ya hay una buena colección de especies de plantas de playas y dunas costeras para la península de Baja California.

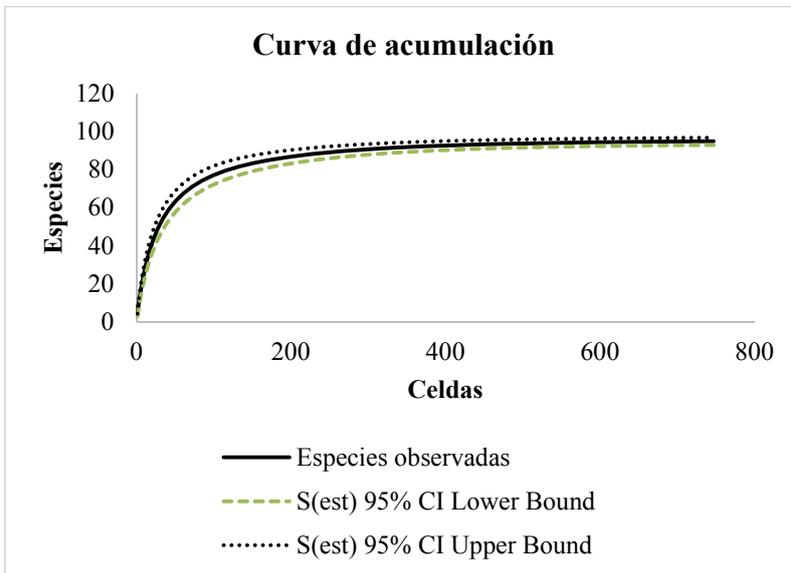


Figura III.7. Curva de acumulación de especies de flora de las dunas costeras de la Península de Baja California.

5. Discusión

El valor no monetario de hábitat, entendido como la diversidad florística, resulta en cinco categorías. El resultado expresado en celdas, significa que hay 15 celdas con playas y dunas que ofrecen el mayor SE de hábitat. Al analizar las celdas de la figura III.3 donde hay mayor diversidad o SE de hábitat (color rojo), resulta que no están dentro de las áreas naturales protegidas (ANP). Solo la celda al norte del litoral Pacífico, en la Bahía de San

Quintín, tiene alta diversidad y recientemente se decretó un área protegida privada conocida como Punta Mazo (Terra Peninsular, 2014).

Cuatro de las quince celdas con alta diversidad florística o alto SE de hábitat forman parte de los *hotspots* de la Provincia Florística Californiana (Myers et al., 2000). Es decir, además de la diversidad, hay un alto endemismo y un fuerte impacto por la actividad humana (agropecuaria y desarrollos urbanos). Estas celdas incluyen sistemas de playas y dunas del corredor costero turístico-urbano y ahora industrial Tijuana-Ensenada y del corredor costero agropecuario Santo Tomás-San Quintín, por lo tanto, están seriamente amenazadas además de que han sido dunas donde se ha reportado alto endemismo. Por ejemplo, en el sistema de matorrales y chaparrales costeros de El Socorro, Vanderplank (2010) cita un alto endemismo. En este trabajo se encontró que en las playas y dunas de la celda que corresponde a esa duna, se concentra el 65% de las especies de playas y dunas del estado de Baja California. Por lo tanto, es un sitio prioritario para conservar el SE de hábitat y el esfuerzo de Punta Mazo debe replicarse a todo el sistema de playas y dunas.

Ocho celdas de las 35 anaranjadas están protegidas por el APFF Valle de los Cirios y Reserva de la Biosfera del Vizcaino. Sin embargo, las celdas anaranjadas del sur de la península no están protegidas por ninguna ANP y están continua y seriamente amenazadas por la minería de fosforita y arena de Bahía Magdalena y los desarrollos turísticos y urbanos sobre las playas y dunas. En celdas como la de Cabo Pulmo y Bahía Magdalena, se han registrado especies de dunas endémicas, por lo que es necesario idear formas de conservación de playas y dunas que consideren áreas pequeñas continuas que provean el SE de habitat.

Valorar los ecosistemas de una forma no monetaria, sino por sus valores de herencia, estéticos, recreacionales, espirituales, arraigo y culturales, puede ser un instrumento de política educativa ambiental. Que los dueños de los ecosistemas conozcan el valor del SE de habitat de las playas y dunas de sus propiedades en principio los motivará a no destruirlos. Asimismo, sería necesario que los académicos y funcionarios públicos del sector ambiental usaran este SE de hábitat para tomar decisiones con los sectores turístico, urbano y minero de la península.

6. Conclusiones

Se enlistaron 747 especies de flora en la Península de las cuales 49 están catalogadas por los expertos como especies exclusivas de duna. La mitad (53%) de las celdas con playas y dunas de la Península de Baja California ofrecen el SE de hábitat con mayores valores. Solo el 10% de las celdas con mayor valor del SE de hábitat (celdas rojas y naranjas) está protegido por una ANP federal y una privada. Es necesario buscar formas alternativas para proteger el SE de hábitat y utilizar esta información para que la gente conozca su patrimonio y en consecuencia proteja el hábitat de una flora interesante y única.

7. Referencias

- Bader M, van Geloof I, Rietkerk. M. 2007. High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. *Plant Ecol.* 191:33-45.
- Carter, R. W.G. 1991. Coastal Environments. Academic Press. Gran Bretaña.
- CONABIO (Comisión nacional para la conservación y uso de la Biodiversidad). Avesmx. <http://avesmx.conabio.gob.mx/lista-region?tipo=aica> Fecha de consulta 19 03 2016.
- Espejel I., P. Peña-Garcillán, P. Moreno-Casasola, G. Castillo, J.L. León de la Luz, J. Sánchez, S. Castillo y R. Durán. 2012. Proyecto de Flora de playas y dunas costeras de México. HJ007. III Informe técnico. CONABIO.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Servicios ecosistémicos y biodiversidad: servicios de apoyo. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/supportingservices/es/>
- de Groot, R. 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75:175–186.
- González–Abraham, Ch., Garcillán Pedro P., Ezcurra, E y el Grupo de Trabajo de Ecorregiones. 2010. Ecorregiones de la península de Baja California: Una síntesis, *Bol. Soc. Bot. Méx*, 87:19pp.
- INEGI, 2011. Panorama sociodemográfico de México. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/territorio/default.aspx?tema=me&e=02>

- Johnson, A. F. 1977. A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and southern gulf coast of Baja California, Mexico. *Biogeography*. 7: 83–99.
- León de la luz, J.L. 2015. Proyecto: Vegetación de la zona de Bahía Magdalena. Programa de planeación ambiental y conservación. CIBNOR.
- Martínez, M. L. 2009. Dunas costeras. *Investigación y Ciencia*. Agosto. Pp 26-35.
- Moreno-Casasola, P. y Espejel, I. 1986. Classification and ordination of coastal dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetation* 66: 147-182.
- Moreno-Casasola, P. Moreno-Casasola P, Espejel I, Castillo S, Castillo-Campos G, Durán R, Pérez-Navarro JJ, León JL, Olmsted I, Trejo-Torres J. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. En: Halffter, G. (Ed.) *Biodiversidad en Iberoamérica*. Vol. 2. CYTED- IdeE: 177-258.
- Moreno-Casasola, 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? En: Moreno-Casasola P., Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. *Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal*. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Peinado, M., Alcaráz, F., Aguirre, L., Delgadillo, J. y Aguado, I. 1995. Shrubland formations and associations in mediterranean-desert transitional zones of northwestern Baja California. *Vegetatio*, 117:165-179.
- Peinado, M., Aguirre, L., Delgadillo, J. y Macías, M. 2007. Zonobiomes, zonoecotones and azonal vegetation along the Pacific coast of North America. *Plant Ecology*, 191: 221-252.
- Peinado, M., Aguirre, J. L., Delgadillo, J. y Macías, M.A. 2008. A phytosociological and phytogeographical survey of the coastal vegetation of western North America. Part I: plant communities of Baja California, Mexico. *Plant ecology*. 196:27-60.
- Peinado, M., Macías, M., Aguirre, L. y Delgadillo, J. 2009. A Phytogeographical Classification of the North American Pacific Coast Based on Climate, Vegetation and a Floristic Analysis of Vascular Plants. *Botany*, 30pp.
- Peinado, M., Macías, M., Ocaña-Peinado, F., Aguirre, L. y Delgadillo, J. 2011. Bioclimates and vegetation along the Pacific basin of Northwestern Mexico. *Plant Ecology*, 212: 263-281.
- Pérez-Navarro, J.J. 1995. La vegetación de ambientes costeros de la región del cabo, Baja California Sur: Aspectos florísticos y ecológicos. Tesis de licenciatura, UNAM. 90p.
- Ranwel, D. 1972. *Ecology of salt marshes and sand dunes*. Chapman and Hall, Londres.

- Riemann, H. y Ezcurra, E. 2007. Endemic regions of the vascular flora of the península of Baja California, México. *Journal of vegetation science*, 18(3):327-336.
- Roberts, N.C. 1989. Baja California plant field guide. La Joya, Calif. : Natural History. P 309
- Rodríguez-Revelo, N. 2012. Evaluación integrada de la duna El Socorro para proponer su manejo como recurso natural en el Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California, Baja California, Tesis de maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.
- Rodríguez-Revelo, N, Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Martínez, M.L., Infante-Mata, D. y Monroy, R. 2014a. Baja California. En Diagnóstico de las dunas costeras de México. Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.) CONAFOR, 146-157.
- Rodríguez-Revelo, N., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Martínez, M.L., Infante-Mata, D. y Monroy, R.. 2014b. Baja California Sur. En: Diagnóstico de las dunas costeras de México, Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.). CONAFOR, 158-169.
- Romero-López, B.E., J. L. León de la luz, J.J. Pérez-Navarro y G. de la Cruz Agüero. 2006. Estructura y composición de la vegetación de la barra costera del mogote, Baja California Sur, México. *Boletín de la sociedad botánica de México*. 79:21-32.
- Seingier, G., Espejel, I. y Ferman, A. J. L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental*, 1(1):54-69.
- SIMEC (Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación). 2013. Ficha del área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios. https://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=12
- Terrapeninsular. 2014. Reserva natural Punta Mazo. Visitado el 13 de enero de 2017. <http://terrapeninsular.org/reserva-natural-punta-mazo/>
- Van der Maarel, E. 1982. Ecología de la vegetación de las dunas costeras: Uso de métodos multivariados. *Biótica*, 7(4):527-532.
- Van der Maarel, E. 1993. Dry Coastal Ecosystems: polar Regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania, Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Vanderplank, S.E. 2010. The vascular flora of greater San Quintín, Baja California, México. CGU Master's Thesis . Claremont Colleges. P 131

- Vanderplank, S.E. 2011. The flora of greater San Quintín, Baja California, México (2005-2010). Rancho Santa Ana Botanic Garden. *Aliso*, 29:65-106.
- Vanderplank, S., Ezcurra, E., Delgadillo, J., McDade, L. 2014. Vegetation patterns in the Mediterranean-desert ecotone of Baja California, Mexico. *Journal of Botanical research Institute of Texas*, 8(2):565-581.
- Westman, W. E. 1983. Xeric Mediterranean-type shrubland associations of Alta and Baja California and the community/continuum debate. *Vegetation*. 52, 3-19. The Netherlands.
- Wiggins, I.L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford, California: Stanford University. P 1025.

CAPÍTULO IV. El servicio ecosistémico de moderación de disturbios de las dunas costeras de la Península de Baja California.

Natalia Rodríguez-Revelo, Ileana Espejel, Lina Ojeda-Revah, María Alejandra Sánchez Vázquez, Concepción Arredondo, Patricia Moreno-Casasola

Artículo en preparación para la revista Ocean and Coastal Management

Resumen

Se evalúa el servicio ecosistémico de las dunas costeras de la península de Baja California con el fin de proveer información relevante para no continuar aumentando el riesgo de la población y la infraestructura costera por destruirlas o modificarlas. Aunque todavía no se ha habitado la totalidad de la costa de la península (0.3% de la población vive en la costa), los sitios en donde se han destruido dunas son muy vulnerables. El caso del corredor Los Cabos-San José del Cabo ante los efectos del huracán Odille demostraron la necesidad de no perder la protección que proveen las dunas inalteradas.

Palabras Clave. Vulnerabilidad costera, riesgo costero, manejo integrado de zona costera,

1. Introducción

En general las personas tienden a vivir cerca de cuerpos de agua. En las costas, la sociedad aprecia tanto la belleza y las ventajas económicas de la interface mar-tierra, también vivir cerca del mar brinda bienestar a la salud (Wheeler et al., 2012); sin embargo también se pagan altos precios por tales ventajas, en la forma de desastres naturales, inundaciones y altos costos en la construcción y el mantenimiento de infraestructura. Si bien los sistemas de dunas son considerados ecosistemas de protección y estabilidad de la costa (Martínez et al., 2014), éstos se han visto altamente presionados por las actividades humanas por el incremento de las población en zonas costeras en el mundo entero (Pérez-Maqueo et al., 2017). Esto ha llevado a científicos alrededor del mundo a orientar sus investigaciones para tratar de conocer e inferir los efectos naturales e inducidos sobre la estructura, dinámica y funcionalidad de estos singulares ecosistemas.

El instrumento utilizado para valorar a los ecosistemas y apoyar la toma de decisiones para el uso o la protección de los ecosistemas, han sido los servicios ecosistémicos (SE). Se sabe que el estar bien informado y conocer más sobre su entorno hace que las personas tomen mejores decisiones y protejan mejor al ecosistema (Daily et al., 2009), y lo conserven, y protejan a la gente que vive junto a ellos (Leyva, 2009; Leyva et al., 2009).

La función de regulación está relacionada con la capacidad de los ecosistemas naturales y semi-naturales para regular procesos ecológicos esenciales a través de ciclos biogeoquímicos y otros procesos que ocurren en la biósfera. Las funciones de regulación mantienen un ecosistema "saludable" a diferentes escalas, donde proporcionan y mantienen las condiciones para la vida en la Tierra (de Groot, 2006).

Everard et al. (2010) mencionan que son nueve servicios ecosistémicos (SE) los que brinda la función de regulación en las dunas costeras de todo el mundo: 1) regulación de la calidad del aire, 2) regulación climática, 3) protección contra desastres naturales, 4) regulación del flujo de agua, 5) tratamiento de desechos, 6) prevención de erosión, 7) mantenimiento de la fertilidad del suelo, 8) polinización y 9) control biológico. El SE de moderación de disturbios es de los principales SE que brindan las dunas costeras (Martínez et al., 2014), ya que funcionan como amortiguadores contra las catástrofes naturales, reduciendo los daños causados por las inundaciones, tormentas y tsunamis (FAO, 2016). El objetivo de la investigación es determinar la cantidad de población humana e infraestructura costera que recibe el SE de protección por parte de las dunas costeras de la Península de Baja California.

2. Antecedentes

2.1. Dunas costeras

Las dunas son acumulaciones de arena que miden desde unos centímetros (dunas embrionarias) hasta algunos metros de altura y se extienden varios kilómetros tierra adentro. Se forman fundamentalmente por la acción eólica, es decir, del viento, que levanta, acarrea y deposita los granos de arena (Ranwell, 1972).

La fuente inicial de la arena es depositada en las playas gracias a las corrientes de agua del océano, lagos o ríos. Cuando la arena de la playa queda expuesta al aire durante tiempo suficiente, se seca y entonces es susceptible a ser movida por el viento. Así da inicio la formación de las dunas costeras (Jiménez-Orocio et al., 2014b).

Las dunas costeras son importantes desde el punto de vista ecológico por el hecho de existir como ecosistemas, pero también por los SE que le prestan a la sociedad (Pilkey et al., 1998; Psuty, 2004 y Moreno-Casasola, 2006). Destacan los SE de: 1) protección de las tierras interiores de la erosión provocada por las tormentas y el aumento del nivel del mar (Martínez et al., 2014); 2) provisión de las diferentes especies de animales, como invertebrados, anfibios, reptiles y aves playeras (Martínez 2009; Moreno-Casasola 2010; Espejel et al. 2015; Flores Balbuena 2013; Martínez et al. 2014); 3) provisión de recursos para los sectores turístico-urbano y minero (Carter, 1991; Van der Maarel, 1993; Moreno-Casasola 2006; Martínez 2009; Psuty 2004).

2.2 Protección costera

La importancia de las playas y dunas costeras se conoce desde hace tiempo en términos de la defensa y protección que ofrecen las costas (Doody, 2012; Barone et al., 2014; Costanza et al., 2008). Particularmente, los hábitats arenosos son importantes para prevenir la erosión costera (Christianen et al., 2013). Además de su valor como fuentes de materias primas, tierras de pastoreo, recreación y biodiversidad intrínseca, las dunas de arena también han proporcionado desde hace mucho tiempo la defensa contra las inundaciones costeras (Doody, 2012; Everard et al., 2010). Mascarenhas (2008) menciona que en la India en 1991 se decreta la Zona de Regulación Costera, en donde se considera la restauración de las dunas costeras y la reforestación de las áreas de bosque (*Casuarina equisetifolia* y *Casuarina cunninghamiana*, dos especies nativas de esa región) aldeaños a la costa, debido a que ambos poseen la capacidad de disipar el fuerte oleaje generado por los tsunamis.

2.3 Población en la costa

El acelerado desarrollo económico en las costas ha incrementado que las poblaciones estén expuestas al elevamiento del nivel del mar, incremento y frecuencia de tormentas y a la erosión de la costa (Pérez-Maqueo et al., 2017). Más de la mitad de la población en el mundo vive muy cerca de la costa, a menos de 200 kilómetros, lo que las hace vulnerables ante los peligros naturales que existen en la zona costera (Appendini et al., 2014). En México, el crecimiento urbano registrado en las costas, ha sido mayor que la total urbana del país (Seingier et al., 2009), lo cual indica una atracción de la población hacia la

zona costera. Las ciudades que ejercen una presión sobre el territorio costero, son aquellas con las que cuentan frente de mar, por mencionar algunas está Acapulco, Tampico, Coatzacoalcos, Ensenada, Cancún, Puerto Vallarta, etc., (Seingier et al., 2009).

Se eligió analizar el SE de protección costera en la Península de Baja California donde en 2015 habitaban un poco más de cuatro millones de personas (INEGI, 2015) y, aunque no todos viven en la costa ni sobre dunas costeras, éstas se han modificado en sitios importantes como el corredor Los Cabos- San José del Cabo.

3. Metodología

El Sistema de Información Geográfico se diseñó con tres capas de información: 1) población del censo 2010 (INEGI, 2010), 2) censo económico de 2014 (INEGI, 2014) y 3) dunas costeras tomado de Jiménez-Orocio et al., (2014), para determinar la población humana “protegida” por las dunas costeras.

Para poder determinar el tamaño de la población “protegida” por las dunas costeras de la Península de Baja California, se hicieron dos buffers con un radio de influencia de 900 metros, se tomó esta distancia porque Giraud et al., (2014) mencionan que 900 metros fue la distancia que llegó tierra dentro la inundación producida por el Tsunami en la localidad de Tamil Nadu en la India en el 2004. El primer buffer se hizo para la línea de costa, y no se consideraron “protegidas por dunas” las localidades fuera de este rango. Posteriormente, se generó el segundo buffer correspondiente a la capa de dunas costeras, en el cual se determinó la cantidad de localidades que están dentro del rango de 900 metros de los polígonos de dunas costeras. Se calculó el número de personas que viven en las localidades donde se encuentran dunas costeras.

4. Resultados

La población humana “protegida” por el ecosistema de dunas costeras en la Península de Baja California es de 14 011 habitantes en una distancia de 900 metros de ancho de la línea de costa hacia tierra adentro. En el litoral del Océano Pacífico hay 109 localidades donde viven 11 476 habitantes y en el litoral del Golfo de California hay 82 localidades donde viven 2 535 personas protegidas por las dunas costeras (Cuadro IV.1).

Cuadro IV.1. Estimación de la población que se encuentra protegida por dunas costeras en el litoral de la Península de Baja California.

Océano Pacífico					Golfo de California				
Municipio	Habitantes		Localidades		Municipio	Habitantes		Localidades	
	No.	%	No.	%		No.	%	No.	%
Playas de Rosarito	5546	48.3	6	5.5	Mexicali	47	1.9	11	13.4
Ensenada	1,380	12.0	34	31.2	Ensenada	122	4.8	30	36.6
Mulegé	3,320	28.9	7	6.4	Mulegé	669	26.4	9	11.0
Comondú	719	6.3	4	3.7	Loreto	927	36.6	12	14.6
La Paz	361	3.1	39	35.8	La Paz	770	30.4	20	24.4
Los Cabos	150	1.3	19	17.4					
	11,476	100	109	100		2,535	100	82	100

En el litoral del Océano Pacífico la mayor concentración de población protegida con dunas costeras está en el extremo noroeste de la Península en la localidad de Primo Tapia y a la mitad de la Península en Bahía Asunción (Figura IV.1).

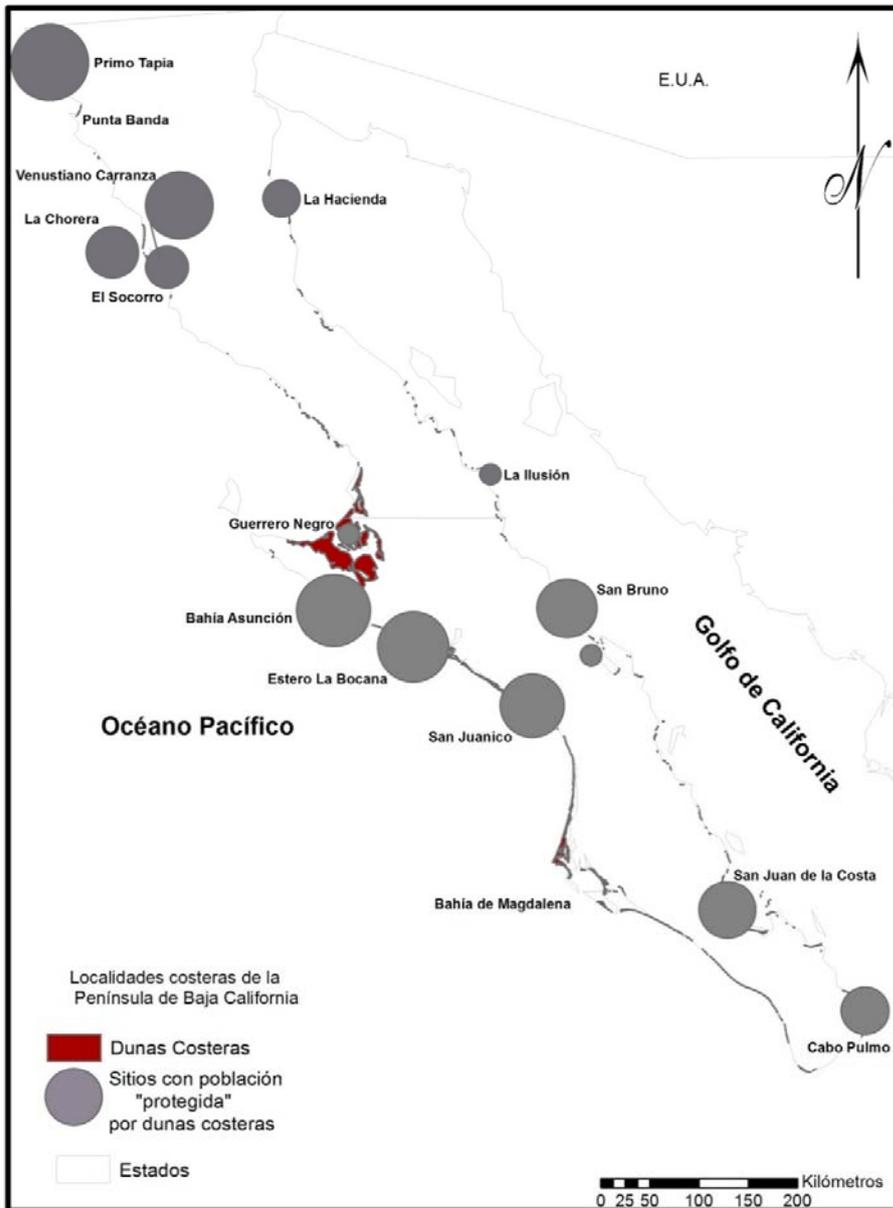


Figura IV.1. Sitios con la mayor cantidad de población protegida por dunas costeras en la Península de Baja California. El tamaño del círculo indica la cantidad de población en cada localidad. Los círculos pequeños 1-100 habitantes, círculos medianos 101-999 habitantes y los círculos grandes 1000>habitantes.

Como era de esperarse, en las dunas de Guerrero Negro, que son las de mayor extensión en la Península, no se evidencia una población asentada; solo se encontró una localidad con un habitante dentro de la franja de 900 metros. Existen dos sitios en el litoral del Océano

Pacífico que cuentan con varias localidades junto a las dunas costeras. La primera se encuentra al norte, está conformado por La Chorera, El Socorro y Venustiano Carranza, a estas tres localidades las protege una superficie de 1,403 ha. La segunda está localizada a la mitad de la Península y la componen las localidades de Bahía Asunción, Estero La Bocana y San Juanico, estas dunas tienen una extensión de 15,826 ha (Figura IV.2).

	
<p>Dunas transgresivas en Venustiano Carranza</p>	<p>Bahía Asunción</p>
	
<p>Campo de dunas y población asentada en la Bocana</p>	

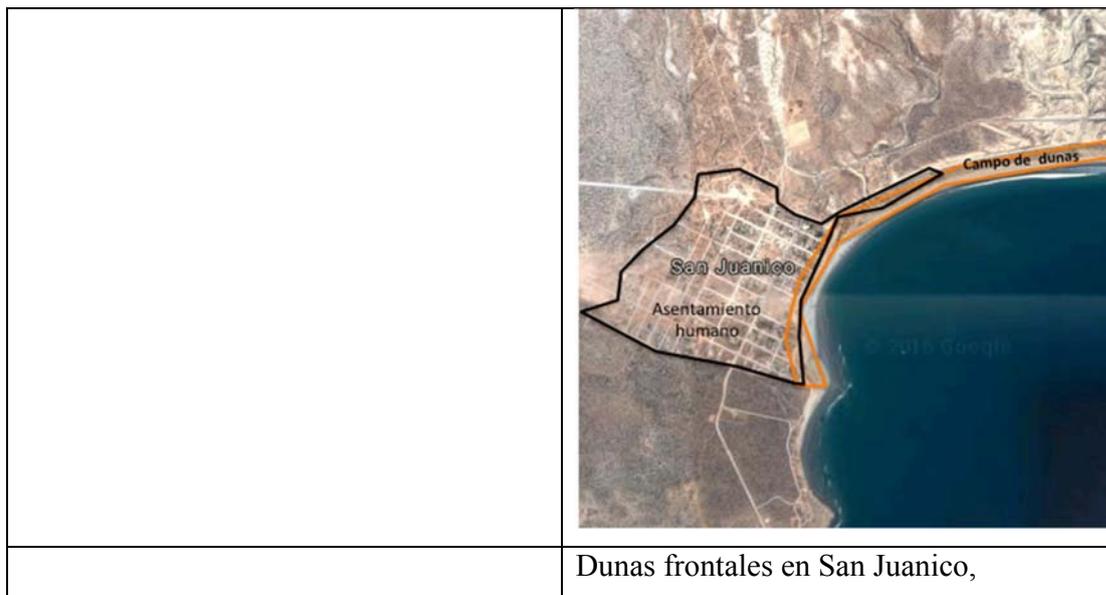


Figura IV.2. Ejemplos de localidades colindantes con dunas costeras en la Península de Baja California.

5. Discusión

La protección costera ante desastres es uno de los principales SE que brindan las dunas costeras (Martínez et al., 2014), ya que funcionan como amortiguadores, reduciendo los daños causados por las inundaciones, tormentas y tsunamis (FAO, 2016). En la Península de Baja California, no hay gran población cerca de las dunas costeras en comparación con Veracruz o Quinta Roo, por ejemplo. Se ha documentado que el tener dunas con frente de costa amortigua y disipa la fuerza del oleaje y los vientos como lo mencionan Giraud et al., (2014); las dunas costeras poseen una capacidad para disipar el fuerte oleaje generado por los tsunamis. Mascarenhas (2008) corrobora esta afirmación en el tsunami de 2004 en la localidad de Tamil Nadu en la India, observando que en las zonas donde había dunas costeras de gran altura, la afectación tierra adentro era mínima, ya que las poblaciones que se conservaron intactas, fueron aquellas en las que había dunas de arena y densos bosque, pudiendo observar que la gran devastación ocurrida en la zona de playa fue donde no existía vegetación ni dunas, esto a causa de las actividades antrópicas. En la Península de Baja California, los huracanes han aumentado con el paso de los años (Yáñez-Arancibia, 2014), por eso es importante conocer el SE de protección que brindan las dunas costeras contra desastres. Así mismo, el CENAPRED (2001) menciona que toda la Península de Baja California es un área receptora de tsunamis lejanos con excepción de la desembocadura del Río Colorado, el cual, históricamente tiene registros de tsunamis de

origen local desde 1852, con alturas máximas de olas de tres metros. Es por esto, que el amortiguamiento que ofrecen las dunas costeras contra eventos climáticos como huracanes, ciclones o tsunamis depende de la altura de la duna y el volumen de arena, la cual disipa la energía y protege todo lo que este atrás de ella.

Por lo tanto, el SE de protección de las dunas a la población costera, se lo brindaba en 2010 a 14 000 habitantes quienes representa 0.3% de la población de la península. Sin embargo, las zonas turísticas, tienen una población fluctuante muy alta, por ejemplo en Los Cabos en 2015 arribaron 1.8 millones de turistas (BCSnoticias, 2015). El SE de protección no solo es a la población humana, sino a la infraestructura hotelera, la cual no ha dejado de crecer y los hoteles los han construido sobre dunas, como el caso de Todos Santos.

6. Conclusiones

El SE de protección que brindan las dunas costeras es a una población pequeña (en 2010 habitaban 14 000 personas en una franja de un kilómetro de ancho de la línea de mar hacia tierra adentro) pero a una gran cantidad de turistas (1.8 millones en 2015) y a la infraestructura costera que se ha desarrollado en sitios como el corredor Los Cabos-San José del Cabo.

A pesar de todo lo que se ha documentado en el mundo, en la península no ha sido utilizado como un instrumento poderoso para la toma de decisiones en la zona costera. Es importante mostrar ejemplos de situaciones donde no se consideró el SE de protección. Vale la pena mencionar el caso de erosión en Cabo Pulmo y la pérdida de casas frente al mar; estos casos pudieran ser ejemplares para la construcción futura de desarrollos turísticos y reforzar el SE de protección como instrumento de política pública en el ordenamiento costero.

7. Referencias

- Appendini, C., Salles, P. 2014. Vulnerabilidad y peligro: costas mexicanas. Gaceta electrónica. Instituto de Ingeniería, UNAM. <http://www.iingen.unam.mx/ES-MX/PUBLICACIONES/GACETAELECTRONICA/GACETAMAYO2014/Paginas/Vulnerabilidady peligrocostasmexicanas.aspx>
- Barone, D. A., McKenna, K. K., & Farrell, S. C. (2014). Hurricane sandy: Beach-dune performance at New Jersey Beach profile Network sites. *Shore and Beach*, 82:13-23.

- BCSnoticias. 2015. Los Cabos superará cifra histórica de turistas en 2015; cerrará con 1.8 millones de visitantes. Visitada el 13 de enero de 2017. <http://www.bcsnoticias.mx/los-cabos-superara-cifra-historica-de-turistas-el-2015-cerrara-con-1-8-millones-de-visitantes/>
- Carter, R. W.G. 1991. Coastal Environments. Academic Press. Gran Bretaña. 617pp.
- CENAPRED. 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Pp.232.
- Christianen, M.J.A., et al., 2013. Low-canopy seagrass beds still provide important coastal protection services. PLoS ONE 8, e62413
- Costanza, R., Perez-Maqueo, O., Martínez, M. L., Sutton, P., Anderson, S. J., & Mulder, K. (2008). The value of coastal wetlands for hurricane Protection. *Ambio*, 37(4): 241-248.
- Doody, J.P., 2012. Sand Dune Conservation, Management and Restoration. Springer, Berlin, Germany
- Espejel I, Jiménez-Orocio O and Peña-Garcillán P (2015) Flora de las playas y dunas costeras de México. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto HJ007, México
- Everard M; Jones L. & Watts B. (2010). Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*, 20:476-487
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Servicios ecosistémicos y biodiversidad: servicios de apoyo. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/supportingservices/es/>
- Flores Balbuena, P. 2013. Dominancia de pastos en las dunas costeras: Causas y consecuencias. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- de Groot, R. 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and urban planning*, 75:175-186.
- Giraud, H. L., Rinaldi, V.A. 2014. Diseño urbano y gestión de riesgo. Medidas de mitigación y prevención para el caso de Tsunamis. *Provincia*, 32:43-70.
- Jiménez-Orocio, O., Hesp, P., Martínez, M.L., Espejel, I. y Moreno-Casasola P. 2014b. Tipos de dunas. En: Diagnóstico general de las dunas costeras de México, Martínez, M L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.) CONAFOR, 27-40.
- Mascarenhas, A. 2008. An environmental perspective of post-tsunami scenario along the coast of Tamil Nadu, India: role of sand dunes and forests. *Journal of Environmental Management* 89:24-34.
- Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. Vol.226 P 189.
- Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. 2014. Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. 350 pp.
- Moreno-Casasola, 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? En: Moreno-Casasola P., Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Moreno-Casasola P. 2010. Veracruz, Mar de arena. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana- Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México

- Pérez-Maqueo, O., Martínez M.L., Cósatl, N.R. 2017. Is the protection of beach and dune vegetation compatible with tourism?. *Tourism management*, 58:175-183.
- Pilkey, O. H., Bullock, J. y B. A. Cowan.1998. *The North Carolina shore and its barrier islands*, Duke University press, EUA.
- Psuty, N. P. 2004. The coastal foredune: Amorphological basis for regional coastal dune development. En: M. L. Martínez y N. Psuty (eds.), *Coastal dunes: Ecology and conservation*, Springer-Verlag, Heidelberg, capítulo 2, pp386.
- Ranwel, D. 1972. *Ecology of salt marshes and sand dunes*. Chapman and Hall, Londres.
- Seingier, G., Espejel, I. Fermán, A.J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación Ambiental*, 1(1):54-69.
- Van der Maarel, E. 1993. *Dry Coastal Ecosystems: polar Regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania*, Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Wheeler, B., White, M., Stahl-Timmins, W., Depledge, M. 2012. Does living the coast improve health and wellbeing?. *Health and Place*, 18(5):1198-1201.
- Yáñez-Arancibia, A. 2014. Huracanes en el Pacífico de México. <http://www.ecologia.edu.mx/inacol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/387-huracanes-en-el-pacifico-de-mexico>

CAPÍTULO V. Valoración monetaria del SE de provisión de minerales de las dunas costeras de la Península de Baja California.

Natalia Rodríguez-Revelo, Ileana Espejel, Patricia Aceves-Calderón, Lina Ojeda-Revah, María Alejandra Sánchez Vázquez, Soledad Valdés y César Vázquez González.

Artículo en preparación para la revista International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management.

Resumen

La valoración monetaria de los servicios ecosistémicos (SE) es relativamente fácil cuando éstos tienen un valor comercial. Para ejemplificar lo anterior, en este artículo se describe y valora monetariamente el SE de provisión de minerales, específicamente de arena, de las dunas costeras de la Península de Baja California. Se calculó la superficie de dunas de la península y se estimó el volumen de arena. Se calculó el precio de la arena según mercados internacionales. La superficie de dunas costeras es 1 214 999 ha, de las cuales 97% (1 179 883 ha) están orientadas hacia el Océano Pacífico y 3% (35 116 ha) al Golfo de California. Hay nueve distritos mineros donde se extraen 15 minerales. Lo que se paga a los dueños de las dunas (básicamente ejidatarios) no es por el volumen de la arena sino por la superficie del terreno. El SE de provisión del mineral arena se estima en \$1 250 millones de dólares al año. En ese precio no está contabilizado el precio de otros minerales, en general más valiosos en el mercado internacional, como son el cuarzo, feldespatos y metales valiosos como ilmenita, magnetita, hematita, circón, limonita, óxido de titanio. El SE de provisión de minerales de las dunas costeras aunque tiene un valor monetario, no es completo ni justo para los dueños de la tierra. Es importante cambiar las leyes mineras para que se pague por volumen y no por superficie.

1. Introducción

El instrumento utilizado para valorar a los ecosistemas y apoyar la toma de decisiones para el uso o la protección de los ecosistemas, han sido los servicios

ecosistémicos (SE). Existen cuatro funciones de los ecosistemas que han sido relacionadas a la oferta de los SE: provisión, regulación, hábitat y culturales o cognitivos (MEA, 2005; de Groot et al., 2010). Las dunas costeras son ecosistemas importantes porque ofrecen 25 SE de las cuatro funciones ecosistémicas (Everard et al., 2010). Esto representa el 83% de los SE reportados para ecosistemas naturales y semi-naturales del mundo (de Groot, 2006). La valoración de los SE puede ser monetaria o no (Kramer et al., 1996; Chuenpagdee, 1998; Chuenpagdee et al., 2002; Nahuelhual et al., 2006; Arce-Ibarra, 2007). Las dunas costeras destacan por un lado, por los SE que no son comúnmente valorados monetariamente, como son el de regulación referente a la protección de las tierras interiores de la erosión provocada por las tormentas y el aumento del nivel del mar, y el de hábitat de flora y fauna especializada. Por otro lado, destacan los SE con alto valor monetario como son la provisión de recursos como base del turismo de sol y playa y, en especial, los minerales que forman parte de la arena (Moreno-Casasola 2006; Martínez 2009; Psuty 2004).

En este artículo se analiza el SE de provisión en las dunas de la península de Baja California con énfasis en la composición y valor de los minerales. De Groot (2006) menciona que la función de provisión es aquella en donde la mayoría de las actividades humanas (por ejemplo, el cultivo, la vivienda, transporte, minería) requieren espacio y un sustrato adecuado para apoyar la infraestructura asociada. El uso de esta función por lo general implica la conversión permanente del ecosistema original. Por lo tanto, la capacidad de los sistemas naturales para proporcionar funciones de provisión sobre una base sostenible es generalmente limitada. Según este autor, los siete SE que brinda la función de provisión son: 1) vivienda (proporciona un sustrato o medio adecuado para las actividades humanas y la infraestructura), 2) alimento (alimentos y materias primas de la tierra cultivada y acuicultura), 3) conversión de energía (solar, viento, agua, etc.), 4) materia prima (minerales, petróleo, oro, plata, hierro, etc.), 5) depósito de basura (espacio para depósito de basura sólida), 6) transporte (transporte por tierra y agua) y 7) turismo (actividades turísticas como deportes al aire libre, turismo de playa, etc.) (de Groot, 2006). Se eligió ejemplificar la función de provisión de las dunas costeras con el SE de materia prima, particularmente con la extracción de minerales de las arenas que conforman al ecosistema de dunas costeras de la Península de Baja California.

Evaluar el SE de provisión de las dunas costeras con valores monetarios permite contextualizar los SE con valores no monetarios que estos ecosistemas proveen (por ejemplo hábitat de flora y fauna no comestible o la generación de arte y conocimiento).

Este tipo de estudios son especialmente importantes en un país como México que es megadiverso (Llorente-Bousquets et al., 2008), con un gran fomento minero (DOF, 2014), está impulsando los desarrollos turísticos de sol y playa (Benseny, 2007), pero que no tiene metas cuantificables de sustentabilidad claras (Delgado, 2015).

2. Antecedentes

2.1 La minería en México.

La minería en México ha constituido un componente de importancia en la historia económica del país (Coll-Hurtado et al., 2002.) Uno de los trabajos más completos sobre la historia de la minería en México es el de Alvarado (2009) quien describe las modificaciones y adaptaciones de la minería mexicana a los diferentes contextos, desde el libre comercio hasta la actual globalización.

Las modificaciones más importantes son relativamente recientes. En 1992, los cambios al Artículo 27 constitucional permitieron la venta de tierras ejidales a particulares, ya sea personas físicas o morales (como las empresas transnacionales) o al gobierno. Otros cambios en ese año se hicieron en la Ley Minera y la Ley de Inversión Extranjera, permitiendo que la participación del sector privado en la explotación de minerales que, como el carbón y el hierro, antes estaban reservados al gobierno. El resultado es que capitales extranjeros controlan actualmente el 100% de las actividades de exploración y producción minera en México. Este autor menciona que el Artículo 6 de la Ley Minera establece que la exploración y la explotación de minerales tendrán prioridad sobre cualquier uso alternativo de la tierra, inclusive la agricultura o la vivienda y, que el otorgamiento de concesiones mineras es facultad del gobierno federal, se limita seriamente la participación de los gobiernos estatales y municipales lo cual representa un grave obstáculo para la labor de los gobiernos locales como promotores y defensores de los intereses de sus gobernados. Alvarado (2009) escribe que el Tratado de Libre Comercio agrava esta situación, como lo revela el caso del conflicto entre la empresa estadounidense Metalclad y el gobierno

Mexicano. Esta empresa demandó al gobierno mexicano por pretender cobrar regalías sobre la extracción minera dado que las modificaciones y adiciones que se le han hecho a esta Ley no contemplan algún tipo de tasa impositiva sobre el beneficio minero.

También este autor menciona que la nueva Ley Minera establece que las concesiones se otorgarán al primer solicitante, no al que presente el mejor proyecto, evitando así el considerar las mejores condiciones técnicas y económicas para el desarrollo (Art. 13°). Para obtener dicha concesión, las empresas mineras deben someter un informe preventivo —que debe incluir una declaración sobre su plan de trabajo y otra sobre el impacto ambiental que tendrá el proyecto, este último estudio realizado por la propia empresa— al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Según este autor, el INECC debe responder a la solicitud en un plazo no mayor a 90 días y si no lo hace se da por autorizado el permiso. Generalmente las autorizaciones establecen que la propia empresa realice un monitoreo para detectar las posibilidades de contaminación, sin que las dependencias gubernamentales encargadas de vigilar y asegurar el cumplimiento de las normas ambientales tengan la capacidad real en términos humanos, técnicos, tecnológicos e institucionales para hacerlo de manera efectiva.

Según Alvarado (2009), a partir del año 2000 hasta el día de hoy, casi el 10% del territorio nacional ya ha sido entregado a las transnacionales por medio de concesiones para la explotación minera. La amenaza sobre cientos de miles de kilómetros cuadrados de tierra, propiedad en su mayoría de ejidatarios y comuneros campesinos e indígenas, crece por todo el territorio nacional donde se tienen identificados 23 depósitos minerales gigantes, lo que ubica a México entre los 12 mayores productores a nivel mundial en por lo menos 18 minerales.

Del total de proyectos operados por empresas con capital extranjero en México, 549 (87.42%) se encuentran en etapa de exploración; 56 (8.92%) en producción y 23 (3.66%) en etapa de desarrollo (Consejo de Recursos Minerales, 2003). Aproximadamente 426 (68%) proyectos están asociados con metales preciosos oro (Au) y plata (Ag); 103 (16%) con polimetálicos; 77 (12%) con Cobre; con hierro 17 (3%) y el resto con otros metales y materiales, como Germanio, Platino, Paladio, Cobalto, Amazonita, Wulfenita, Legrandita, Ágata, Wollastonita, y Tungsteno (1%); sin embargo, en la mayoría de los casos se considera a estos minerales como subproductos o asociados con los minerales metálicos

(Consejo de Recursos Minerales, 2003). Para el año 2015, la inversión extranjera directa proviene de empresas localizadas en 19 países, con aproximadamente 595 proyectos asociados a metales preciosos (oro y plata) los cuales representan 64.19%, 131 proyectos ligados a minerales polimetálicos (14.13 %); 119 proyectos por minerales de cobre (12.84 %); 51 proyectos con mineral de hierro (5.57%) y los 31 proyectos restantes están asociados con otros metales y materiales, como Germanio, Cobalto, Titanio, Molibdeno, Bismuto, Estaño, Platino, Galio, Litio-Potasio, Paladio, Antimonio, Níquel, Vanadio, Wolframio (Tungsteno), Mercurio, Zeolita-Chabazita, Barita, Pórfidos, Boratos, Wollastonita, Arena Sílica, Dolomita, Sal Marina (NaCl), Caliza, Agregados Pétreos y Roca Fosfórica representando el 3.34% (SGM, 2016).

2.2 La Minería en la Península de Baja California.

En el estado de Baja California, la minería comenzó en 1870 en la época del porfiriato; esta época fue el parte aguas de la historia de la minería en la frontera norte de México. Durante las siguientes décadas, la minería seguiría siendo un factor de gran atracción hacia esta región (Romero Gil et al., 2002).

En Baja California, la actividad minera, tuvo una evolución favorable en la producción de minerales metálicos y no metálicos durante el período 1996-2001, que se reflejó en la generación de ingresos económicos para la entidad. En 2001, la producción anual de arena fue de 59% (40% agregados pétreos y 1% de grava) (Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2013). En el 2002 la caída de los precios internacionales de oro y cobre, la poca y confiable infraestructura y la dificultad de los mineros para obtener créditos afectó el desarrollo de la minería. Sin embargo, en el 2007 la arena continúa siendo el 61% del valor de la producción minera del estado (Panorama Minero del Estado de Baja California, 2009). En el 2011, la explotación de arena aportó el 53.36% (US\$ 169, 488, 118.15) del valor de la producción minera del Estado. En el año 2012 la producción de agregados pétreos tuvo un ingreso de US\$ 113, 977,934.33, cabe resaltar que en 2013 se reportó explotación de fierro por US\$ 1, 198,148.37, caolín por US\$ 1,099,265.87 y sal por US\$ 154,448.06 (Panorama Minero del estado de Baja California 2013), minerales que no todos provienen de minas de arena, sino de otro tipo de minas. La explotación de arena es la que mayor valor reportó en 2013 en la producción minera del estado, representando el 48.60%

(US\$ 171,697,134.77), seguida de agregados pétreos con un 28.06% (US\$ 99,143,917.99) de la producción minera de Baja California (Panorama Minero del estado de Baja California, 2014). Para el 2015 la producción de volumen de agregados pétreos fue de 84,991,405.38 toneladas, contado con la primera posición a nivel nacional en la producción minero-metalúrgica y el lugar 18 en producción de arena a nivel nacional con 1,469,695.36 toneladas, las cuales están reportadas como mineral para la construcción (SGM, 2016).

En Baja California Sur, la producción minera comienza en 1750 en la época del Virreinato en la Nueva España, en el distrito minero El Triunfo-San Antonio, el más antiguo del estado (Panorama Minero del Estado de Baja California Sur, 2011). De 1911 a 1914 la compañía metalúrgica de Baja California S.A. trabajó en la Hacienda Columbinas a un ritmo de 20 a 25 toneladas procedentes de terreros oxidados y de jales (lugares donde es depositado el material que surge de la separación de los mienrales) de El Triunfo. A finales de 1950 la Comisión del Fomento Minero instaló una planta en donde se procesarían los minerales que obtenían de la mina Sin Rival y de terrenos de otras minas como El Triunfo (Panorama Minero del Estado de Baja California Sur, 2011). De 1954 a 1957 operó la minera La Perla, la cual extraía, 66% de plata, 52% de plomo y 43% de oro, pero como las recuperaciones eran menores a los costos, la minera dejó de funcionar en 1957. Entre 1968 y 2011 se realizaron exploraciones eventuales del comportamiento mineral para evaluar las posibles zonas de interés económico en la península de Baja California (Panorama Minero del Estado de Baja California Sur, 2011). Actualmente se comenzaron a explotar minerales metálicos, como cobalto, zinc y cobre en la región de Santa Rosalía, por la Minera y Metalúrgica del Boleo, S.A. de C.V., en el proyecto El Boleo., la cual inició su producción en el 2014 (Panorama minero Baja California Sur, 2015). Esta minera extrajo aproximadamente cerca del 90% del mineral procesado en un periodo de 22 años de manera subterránea, y el 10% restante de minería en superficie (Mmboleo, 2013).

Cabe resaltar que para realizar las actividades de minería, éstas se dan al margen del Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Baja California y Baja California Sur (Programa de Ordenamiento Ecológico 2013), el cual indica que en el territorio que limita con la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), no se permitirá la construcción de estructura temporal o permanente y se hace incapié en la prohibición de construcción sobre dunas costeras.

2.3 Las dunas costeras como recurso mineral.

Como arena y sus componentes minerales, las dunas costeras son un recurso minero en todo el mundo. En Turquía se extrae carbón mineral, cobre, hierro y cromo (Van der Maarel 1993) y en otros países se extrae titanio y carbonato de calcio (Carter 1991). En el noreste de Sudáfrica en KwaZulu-Natal, se extraen metales pesados (circón, ilmenita y rutilo) de la arena de las dunas (Van Aarde et al., 2004). Oliva (2010) menciona que en las dunas Guatemaltecas se firmó un convenio para la explotación del hierro en las arenas de la zona costera del Pacífico, pero que en este tipo de dunas también había aluminio, silicio y titanio, los cuales en el mercado tienen un valor más elevado que el hierro.

En México, el recurso minero de las arenas de lechos de río, playas y dunas costeras, ha cobrado importancia por su alto valor comercial en el mercado de exportación, ya que tiene diferentes tipos de usos en la industria y la construcción (Consejo de Recursos Minerales 2003) (Cuadro V.1).

Cuadro V.1. Principales usos de la arena de dunas costeras en el mundo.

Restauración	Industrial	Artesanal	Recreación	Construcción
Playas ²	Filtro lentos de agua(potable) ¹	Cuadros de arte ²	Turismo ²	Casas ²
Dunas costeras ²	Infraestructura portuaria ²	Recuerdos ²	Tratamientos de spas ²	Bloques finos de calidad ²
Relleno en áreas de manglares ²	Revoques ²	Areneros infantiles ²	Castillos de arena ² (concursos)	Playas artificiales ²
	Base para colocación de pasto sintético ¹	Jardines ²		Venta clandestina ²
	Fabricación de vidrio ¹ , porcelana ¹	Decoración ²		Sobrante de la arena es colocada en baldíos provocando la obstrucción del drenaje de la ciudad ²

	Venta de minerales ^{1*}	de Esculturas ²		
--	----------------------------------	----------------------------	--	--

*Principales minerales con mayor valor en la industria son: cobre (11.3%), grava (10.9%), mármol (10.8%), arena (9.9%), plata (8.5%), zinc (7.9%), caliza (6%), oro (5%), carbón (4.5%), hierro (3.2%), plomo (2.6%), arcillas (2%), sal (2%) (Consejo de Recursos Minerales 2003). Fuente: ¹Cámara Minera Mexicana, 2012, ²Elaboración propia.

En la costa del Océano Pacífico, en los estados de Baja California, Guerrero, Oaxaca y Sonora se han reportado depósitos de minerales pesados en las dunas, paleodunas, playas y plataforma continental, que contienen ilmenita, magnetita, hematita y circón (Daesslé et al., 2009). La arena de playa de la zona de San Antonio del Mar en el estado de Baja California tiene una concentración media de 6.58% de ilmenita, 6.64% de magnetita y 5.49% hematita y limonita (Martín –Barajas et al., 1988), además se reportan altas concentraciones de hierro (42.66%) en el litoral del estado de Sonora, 4.68% de titanio y 0.47% de estaño (Rosales-Hoz et al., 1988).

Dada la riqueza de minerales en las arenas de las dunas costeras de la península nos planteamos las siguientes preguntas de investigación: ¿cuál es la superficie de dunas costeras de la península de Baja California que pudieran ofrecer el SE de provisión de minerales?, ¿cuáles de las dunas costeras de la península tienen un denuncio minero y de que mineral? y ¿cuál sería el volumen de arena y el valor monetario aproximado del SE de provisión de los minerales de las dunas costeras de la península?

Para responder estas preguntas nos planteamos el objetivo de valorar monetariamente el SE de provisión de las dunas costeras de Baja California para tener una apreciación de su valor comercial.

3. Marco metodológico.

3.1. Análisis documental y hemerográfico.

Se realizó un análisis documental y hemerográfico de publicaciones académicas, informes gubernamentales y notas periodísticas a nivel nacional y estatal. Se utilizaron las siguientes palabras clave: minería en México, minería en Baja California y Baja California Sur, usos de las dunas costeras, minería en dunas costeras. La búsqueda se hizo en diferentes bases de

datos: EBSCO, Elsevier, Google académico, Servicio Geológico Mexicano, Secretaría de Economía, SINEM (Sistema Integral sobre Economía Minera) y una revisión de prensa (periódicos en hemeroteca) y de notas en web de periódicos locales (El Vigía, El Mexicano, El Frontera, El Sudcaliforniano, El Independiente, El Peninsular) y nacionales (El Universal, La Jornada, Reforma).

3.2. Sistema de Información Geográfica.

Se generó un Sistema de Información Geográfica (SIG) de la península de Baja California con diez capas de información: 1) datos geográficos básicos, 2) superficie de dunas costeras, 3) denuncias mineras, 4) yacimientos minerales, 5) proyectos de desarrollos mineros actuales y proyectados, 6) minas por elemento, 7) geología, 8) empresas mineras, 9) asignaciones mineras y 10) aptitud minera. Las capas sobre minería fueron tomados del portal del Servicio Geológico Mexicano Geo InfoMex (marco geodésico de referencia ITRF92 y escala 1:5,000). Los datos de dunas se tomaron de Jiménez et al. (2014) y propios, producto de varias visitas a campo entre 2011 y 2012 (Rodríguez-Revelo 2012), y 2014.

3.3. Estimación de la cantidad de arena que proveen las dunas costeras de la península y estimación del valor monetario.

3.3.1. Perfiles en campo.

Se hicieron cinco perfiles en las dunas costeras en la región del Océano Pacífico en el estado de Baja California, para calcular la altura y la topografía del cordón de dunas. Se calculó un perfil topográfico por cada uno de los sitios: Punta Banda, Eréndira, El Pabellón, Valle Tranquilo y El Rosario. Se utilizó un nivel topográfico y estatales para medir la altura aproximada de la duna; la distancia entre cada punto a lo largo del perfil, se determinó dependiendo de las condiciones topográficas de cada sitio. Como no existía la posibilidad de hacer perfiles en todas las dunas de la península, se compararon los valores de volumen obtenidos con este método de campo con un método en Google Earth (descrito

a continuación) y como las diferencias no eran significativamente diferentes, se completó la estimación de la superficie de dunas y volumen de arena con este sistema virtual.

3.3.2. Perfiles en Google Earth.

Se colocaron puntos para cubrir la superficie de la duna y generar un archivo .kml con las coordenadas geográficas de cada punto, junto con las elevaciones generadas en Google Earth. Para hacer la estimación del volumen de arena se utilizó el programa Gps TrackaMaker para exportar los archivos de kml. a texto. Los datos de elevación generados en el Google Earth se anotaron de forma manual. Esta información se exportó a AutoCad y con la extensión CivilCad 2012 se generaron las curvas de nivel y las secciones donde se calculó el área. Posteriormente, se generó una tabla en Excel con la información del área donde se calculó la volumetría de la arena utilizando la siguiente fórmula:

$$V = (A1 + A2) * (D/2)$$

Dónde:

V= Volumen

A1, A2= Área de la sección

(D/2)= Semidistancia entre secciones

3.3.3. Estimación de precios

Los datos del costo monetario (en pesos MX) de los minerales se obtuvieron del SINEM (Sistema Integral sobre Economía Minera) (ver <http://www.sgm.gob.mx/>). Se muestra el valor y el volumen de producción de 30 minerales, de los cuales solo se tomó la información de Oro, Plata, Hierro, Cobre, Plomo, Zinc, Caliza, Yeso, Sal, Sílice, Fosforita, Manganeso, Magnesita (Sulfato de Magnesio), Caolín y Barita.

Para transformar los valores monetarios de pesos mexicanos a dólares americanos (USD a partir de ahora), se tomó el tipo de cambio FIX del año 2011 en BANXICO (ver <http://www.banxico.org.mx/>), en donde 1 USD=\$12.44 pesos mexicanos en BANXICO. Con la finalidad de hacer comparables los valores monetarios de diferentes años, se deflactaron los valores monetarios en USD, es decir, se descontó el efecto inflacionario con

base en el Índice Nacional de Precios al Consumidor que estima el INEGI (2013), y se aplicó la Ecuación X tomada de CES (2002).

$$X = (\text{Precios Corrientes}/\text{INPC1})/\text{INPC2}$$

En donde:

X: valor deflactado en USD

Precios Corrientes: valor en USD para deflactar

INPC1: INPC del 2011 (año base para deflactar)

INPC2: INPC del año al que corresponde el valor en USD para deflactar

4. Resultados y discusión.

4.1. Superficie y volumen del SE de provisión minera.

La península de Baja California cuenta con nueve poligonales de minería sobre campos de dunas costeras. Se tienen prospectados en la parte del estado de Baja California cinco yacimientos mineros sobre campos de dunas costeras y en el estado de Baja California Sur se tienen cuatro denuncios mineros, uno de ellos denominado San Juan de la Costa, el cual abarca ambas costas (Océano Pacífico y Golfo de California) (Figura V.1)

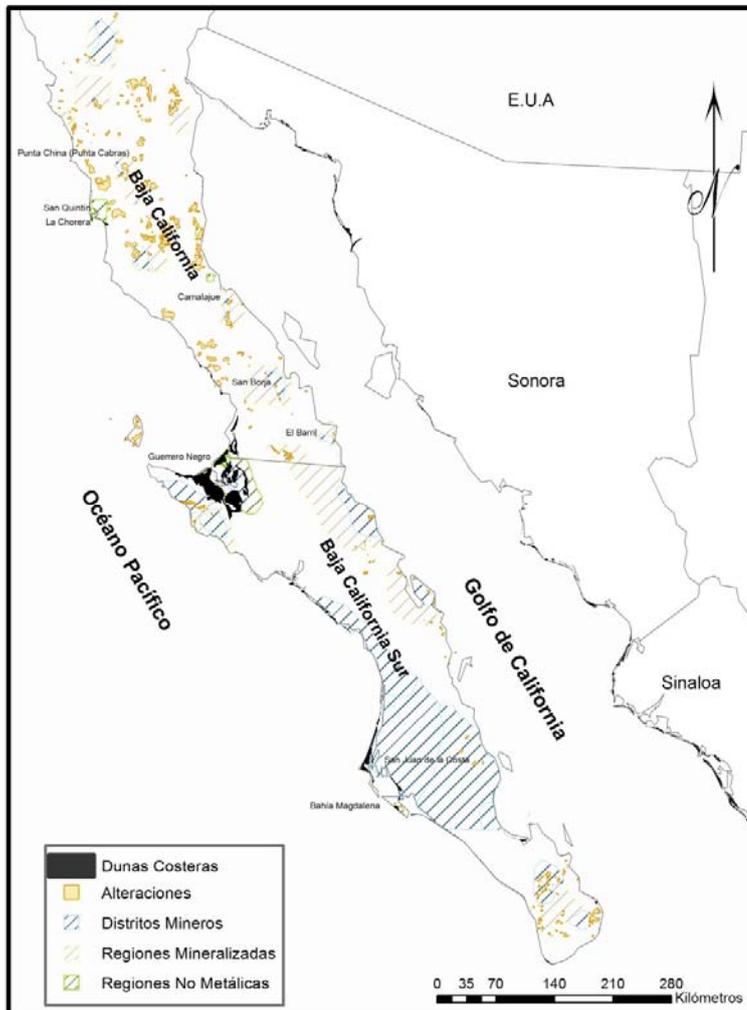


Figura V.1. Mapa de la Península de Baja California con los principales distritos mineros, alteraciones, regiones mineralizadas y regiones no metálicas. Tomada de SEMAR, 2016.

La península cuenta con tres asignaciones mineras colindantes con zonas de dunas costeras, una en el estado de Baja California en el Golfo de California y dos en el estado de Baja California Sur en la región del Océano Pacífico (Cuadro V.2).

Cuadro V.2. Asignación de polígonos colindantes con franja de dunas costeras.

Descripción	1	2	3
Estado	Baja California Sur		Baja California
Colindancia	Océano Pacífico		Golfo de California
Municipio	Comondú		Ensenada
Nombre	La Bocana	Tres Marías	El Huerfanito
Ha_solicitadas	95,621	45,298	35,780
Sustancia con permiso de extracción	Fosforita	Fosforita	Otro, Plata, Plomo, Cobre, Zinc
Fecha de solicitud	26/03/13	26/03/13	07/05/10
Vigencia_Inicial	En trámite		
Vigencia Final	En trámite		

Por otra parte, las actividades del sector minero se concentran en la extracción de minerales metálicos y no metálicos, como la sal marina, yeso y fosforita, en zonas muy puntuales de la Península de Baja California (Cuadro V.3).

Cuadro V.3. Principales regiones metálicas y no metálicas costeras en la Península de Baja California.

	Estado	Región	Mineralización	Yacimiento
Región no metálica				
1	Baja California Sur	Guerrero Negro	Sal	Sedimentario
2				
3				
4				
5	Baja California Sur	La Bocana-San Juan de la Costa	Manganeso, Fosforita y Magnesita	Manto
6	Baja California	San Quintín	Ceniza volcánica	Depósito de material volcánico
7		El Mármol	Onix-Travertini, Barita	Sedimentario
8		El Barril	Yeso	Segregación magmática, vetas
9		Punta China	Calizas	Vetas, sedimentario
Regiones metálicas				
10	Baja California	Calamajue	Oro	Veta
11		San Borja	Oro, Plata	Veta
12		El Barril	Oro	Segregación magmática
13		Punta China	Hierro, Cobre	Vetas, Sedimentario

4.1.1 Baja California: Océano Pacífico.

En la zona de Punta Cabra, localizada al sur de la ciudad de Ensenada, está la región Punta China la cual colinda con un complejo de dunas parabólicas semifijas con una superficie de 89 hectáreas, dicho complejo colinda con un campo de agricultura que se encuentra abandonado. Esta asignación tiene regiones no metálicas donde el tipo de mineralización es calizas con yacimientos de veta y sedimentario, y regiones metálicas en donde extraen hierro y cobre (Cuadro V.3).

La zona de San Quintín es catalogada como una región no metálica, donde el tipo de mineralización es ceniza volcánica con un yacimiento de depósito de material volcánico, esta región tiene una gran particularidad, la superficie del yacimiento minero abarca las dunas de la barra de La Chorera y punta azufre de la bahía de San Quintín, a pesar de que estos lugares están catalogados como reservas naturales, sitios RAMSAR y AICAS (Terrapeninsular, 2014), y la duna costera El Socorro, la cual es el sitio que cuenta con el 63% de la flora registrada para el estado de Baja California (Espejel et al., 2015; Rodríguez, 2012) con presencia de especies endémicas (Vanderplank et al., 2014).

4.1.2 Golfo de California.

En la región de Calamajué ubicada cerca del Golfo de California existe un yacimiento de minerales de veta de Oro encima de un campo de dunas transgresivas, el cual tiene una superficie de 90 ha y representa el 1% de la superficie que abarca el yacimiento mineral, este campo de dunas semifijas presenta un buen estado de conservación como lo menciona Jiménez-Orocio y colaboradores (2014b), sin disturbio aparente con vegetación de matorral xerófilo.

Al sur, en la región minera de San Borja, el polígono del distrito minero abarca dos polígonos de dunas costeras. La primera es un cordón de dunas móviles estrecho con una superficie de 10 hectáreas, y el segundo es un campo de dunas transgresivas semifijas con una superficie de 48 hectáreas. Esta área está catalogada como una Región Terrestre Prioritaria (RTP) (RAMSAR-CONANP, 2013). Y los parques marinos de Bahía de Los Ángeles y las Islas del Golfo y San Lorenzo, tienen la zona costera de esta zona como área de influencia protegiendo a las playas y dunas (Rodríguez-Revelo et al., 2014a)

La región El Barril abarca regiones metálicas donde la mineralización es oro (Au) y las no metálicas donde es yeso. La característica principal de esta región es que está situada a lo largo de ocho campos de dunas costeras que representan un total de 120 hectáreas. A pesar de que este sitio se encuentra dentro de las regiones de importancia hidrológica (RAMSAR-CONANP, 2013).

4.1.3 Baja California Sur: Océano Pacífico.

El tipo de mineralización en la zona de Guerrero Negro es sal en un yacimiento sedimentario que abarca el 60% de la superficie de las dunas costeras del sitio. La superficie de dunas costeras que se encuentran en Guerrero Negro es de 161 228 ha, la cual representa el 72% de las dunas del estado de Baja California Sur. Esta zona está catalogada como Región Terrestre Prioritaria (RTP) y como área natural protegida federal con la categoría de Reserva de la Biósfera del Vizcaíno y La Reserva de Biosfera Complejo Lagunar Ojo de Liebre, esta última ha sido reconocida como sitio RAMSAR (1339) y AICA (101) (RAMSAR-CONANP, 2013; CONABIO, 2013c), la cual protege vegetación de dunas costeras, matorral xerófilo y vegetación hidrófila (SIMEC, 2013b); 213 especies de aves y cerca de 16 especies de aves acuáticas anidan en los islotes e inmediaciones de la laguna (CONABIO, 2013c). Destacando que es uno de los principales sitios de reproducción de ballena gris (CONABIO, 2013b). A pesar de que es un sitio altamente protegido se desconoce el tipo de efectos y alteraciones que este yacimiento genera al ecosistema de dunas costeras y marismas.

Otra región en el estado es La Bocana-San Juan de la Costa, esta región mineraliza manganeso, fosforita y magnesita en un yacimiento de manto, cabe destacar que este polígono abarca 13 621 hectáreas de dunas costeras que están situadas en la zona de la región minera (Cuadro 1), las cuales están dentro de una Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 6 La Purísima, la cual tiene una gran influencia en la zona costera (CONABIO, 2013).

El distrito minero San Juan de la costa abarca una gran extensión de territorio sobre complejos de dunas costeras. Cerca de Bahía Magdalena el yacimiento mineral del distrito, tiene una dimensión de 4 945 hectáreas sobre duna costera. Sin embargo, ésta zona está

catalogada como Región Terrestre Prioritaria (RTP) 3 Planicies de Magdalena, AICA 91 Bahía de Magdalena-Almejas y Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 7 Bahía Magdalena, y es uno de los sitios donde hay avistamiento de ballena gris, donde esta especie utiliza esta zona del país para su reproducción durante los primeros meses del año (Fleischer et al., 1986; Fleischer et al., 1995; Gómez, 2004; Rubio, 2014; Rodríguez-Revelo et al., 2014b).

4.1.4 Golfo de California.

El distrito San Juan de la Costa también abarca la zona del Golfo de California, este tiene una superficie sobre dunas de 34 848 hectáreas, haciendo de este distrito minero un gran potencial de impacto para las dunas costeras de esta región. Esta zona se encuentra en la Región Terrestre Prioritaria (RTP) 2 El Mechudo y la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 8 Las pocitas-Oasis San Pedro de la presa-El Pilar (CONABIO, 2013).

4.1.5 Estimación de toneladas por superficie y altura.

La región del Océano Pacífico cuenta con el mayor volumen de arena de la Península de Baja California analizada de nueve sitios (99%), por el contrario, el litoral del Golfo de California cuenta con 1% del total de volumen de arena de los dos sitios analizados (Cuadro V.4).

Cuadro V.4. Cantidad de volumen (tons.) estimada de arena de las dunas de la Península de Baja California

Litorales	Estimación del Volumen (tons.) arena
Océano Pacífico	77 365 177
Golfo de California	57 484

De los nueve perfiles hechos en campo, la localidad de El Pabellón es la que cuenta con la mayor cantidad de volumen de arena (77% toneladas) a diferencia de La Mona, que tiene la menor cantidad de volumen de arena (6 202 toneladas) (Cuadro V.5). El volumen total de

arena estimada para los nueve perfiles analizados fue de 77 422 661 toneladas estimadas de arena de las dunas costeras de la Península de Baja California.

Cuadro V.5. Cantidad estimada del volumen (tons.) de arena de cinco localidades de dunas costeras en la región del Océano Pacífico en el estado de Baja California.

Estado	Región	Localidad	Superficie (ha)	Altura promedio (m)	Estimación del volumen de arena (tons.)
Baja California	Océano Pacífico	Punta Banda	296.92	4	8 644 880
		Eréndira	88.78	21	3 696 129
		El Pabellón	1403.38	11	59 660 089
		Valle Tranquilo	16.31	13	587 287
		El Rosario	60.96	15	4 661 304
		Bahía Concepción	56	-	51 304
		San Quintín	682	-	64 184
Baja California Sur	Golfo de California	Carrizalillo (Loreto)	33	-	51 282
		La Mona (Bahía de los Ángeles)	47	-	6 202

4.2. Valor monetario estimado de las arenas de las dunas costeras de la península.

El valor monetario de las arenas de las dunas costeras de la Península de Baja California está dado por la cantidad de volumen estimado de arena, calculado de los perfiles en campo y Google Earth (Cuadro V.4). Pero, el valor de las arenas también está dado por los minerales que la componen. Se ha reportado que los minerales más comúnmente encontrados en las playas y dunas costeras de la Península de Baja California son los cuarzos (Williams et al., 1968; Carranza-Edwards et al., 1998; Rodríguez-Revelo et al., 2014), plagioclasas (Rodríguez-Revelo et al., 2014), ilmenita, magnetita, hematita (Martín-Barajas et al., 1988; Daesslé et al., 2009) y circón (Daesslé et al., 2009). Sin embargo, el costo de venta de las arenas sílicas en la Península de Baja California está calculado por el

volumen utilizado para la industria de construcción, pero no por los componentes que lo integran. Lamentablemente, no se cuenta con el dato oficial de cuáles son los sitios de las empresas mineras que extraen arena sílica en la Península de Baja California, solo se tiene reportada una mina de hierro en la duna El Socorro en la región del Océano Pacífico (Rodríguez-Revelo et al., 2014).

Para los cinco perfiles tomados en campo, se estima que el mayor volumen de arena por hectárea es en El Pabellón y el menor en Punta Banda (Cuadro V.6).

Cuadro V.6. Estimación del volumen de arena por hectárea.

Localidad	Superficie (ha)	Estimación de volumen de arena (tons.) por hectárea	Estimación del volumen total de arena (tons.)
Punta Banda	296.92	30 052	8 644 880
Eréndira	88.78	41 628	3 696 129
El Pabellón	1403.38	1 656 674	59 660 089
Valle Tranquilo	16.31	38 306	587 287
El Rosario	60.96	76452	4 661 304

Con el valor del volumen estimado de arena por hectárea se calculó el precio USD que paga la industria minera por los derechos de las concesiones que les es otorgado por el Estado. Este pago está regulado por la Ley Federal de Derechos en el artículo 263, el cual menciona que los titulares de las concesiones mineras están obligados a pagar semestralmente el derecho de minería en cada hectárea de la concesión (Cuadro V.7).

Cuadro V.7. Cuotas por hectárea del pago de concesiones mineras.

Vigencia de concesiones mineras (años)	Cuota por ha_pesos (2015)	Cuota por ha_USD (tipo de cambio 2011) con base al manejo inflacionario de 2011
1er. y 2do.	6.41	0.45
3er. y 4to.	9.58	0.67
5to. y 6to.	19.81	1.38
7mo. y 8vo.	39.85	2.77
9no. y 10mo.	79.68	5.54
11vo.	140.23	9.75

Por lo tanto, para el sitio El Pabellón que cuenta con 1 656 674 toneladas de arena por hectárea la compañía minera en el primer y el segundo año de la concesión está obligado a

pagar 0.45 USD por hectárea semestralmente, con un total de 631.52 USD por toda la superficie del complejo de dunas (1 403.38 ha) y en la actualidad pagan \$1263 USD anuales. En cambio, si se pagara por volumen de arena en cada una de las hectáreas de la concesión minera se cobraría una mayor cantidad de dinero a la industria minera (Cuadro V.8).

Cuadro V.8. Estimación de la cuota de la Ley Federal de Derechos por el volumen de arena

Localidad	Superficie (ha)	USD\$ volumen (ha)	USD \$ de volumen total
Punta Banda	296.92	13523.4	1.16908E+11
Eréndira	88.78	18732.6	69238106105
El Pabellón	1403.38	745503.3	4.44768E+13
Valle Tranquilo	16.31	17237.7	10123477120
El Rosario	60.96	34403.4	1.60365E+11

5. Conclusiones.

Se describió y valoró monetariamente el SE de provision de las dunas costeras de Baja California correspondiente al de provisión de minerales, específicamente la arena, porque es el componente principal de las dunas costeras y es el SE que tiene un valor comercial. Faltaría tener información para el cálculo de extracción ya que se pierde el valor por otros minerales más valiosos como cuarzo, feldespato y otros metales valiosos en el mercado internacional como ilmenita, magnetita, hematita, circón, limonita, óxido de titanio

La superficie de dunas costeras de la península de Baja California que ofrecen el SE de provisión de minerales es de 1 214 998.73 hectáreas, de las cuales 1 179 883 ha se encuentran en la región del Océano Pacífico y 35 115.73 en el litoral del Golfo de California. Comparativamente con el resto del país, Baja California Sur, es el estado que proveería la mayor cantidad de este SE.

El precio que se paga por los derechos de las concesiones mineras es por superficie (ha) no por volumen, esto quiere decir que, la industria minera está obligada a pagar una cuota semestral como lo establece la Ley Federal de derechos en el artículo 263 constitucional, esta cuota varía con el paso de los años; el monto de la cuota queda fijo a partir del onceavo año, sin importar si la vigencia de la concesión es de 50 años, la compañía minera, seguirá pagando la misma cantidad. Actualmente, se pagan \$1 263 USD por año por una superficie

de 1 403 ha en El Pabellón, pero, se debería de pagar \$53 694 080 USD por el volumen de arena con el que cuenta la concesión, ya que la arena es el recurso que explotan, el cual está mal valorado. De acuerdo a Romero (2001), hay que cambiar las leyes mexicanas, es importante que el SE de provisión se pague por lo que se extrae no por la superficie del terreno. En conclusión, el SE de provisión de minerales está infravalorado y la situación con los ejidatarios dueños de las dunas, es de una inequidad total.

La cantidad del volumen (tons.) estimada de arena que tienen las dunas costeras determinó el tamaño del SE de provisión de minerales en cada una de las regiones de la Península de Baja California. Habría que contabilizar todo el territorio de playas y dunas, no solo los ejemplos que aquí se examinaron, para determinar el potencial del SE de provisión que ofrecen las dunas de la península.

Este trabajo es una pequeña muestra de la aberrante realidad nacional. Entre una infinidad de tareas en el sector minero y ambiental, es la revisión y modernización de la obsoleta legislación, la elaboración de manuales de buenas prácticas con términos socialmente justos y ambientalmente amigables para las empresas, la capacitación para los dueños de las tierras, asimismo es necesario desarrollar una postura gubernamental más impositiva con las Manifestaciones de Impacto Ambiental pero sobretodo una actitud más soberana ante las empresas transnacionales.

6. Referencias

- Agaton. 2011. Presentamos punto de acuerdo para regular la extracción desmedida de arena en el estado. <http://agaton.com.mx/detallesNoticia.php?idNoticia=260> (16 de Noviembre de 2011).
- Alvarado, G. A. M. 2009. La minería canadiense en México caso: minera san Xavier en cerro de san Pedro. Replanteando la industria extractiva: regulación, despojo y reclamos emergentes. Marzo, Universidad de York, Toronto.
- Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. 2013. Anuario Minero 2012. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/anuario_mineria_mexicana_2012_ed2013.pdf (20 de Octubre de 2014).
- Arce-Ibarra, A. 2007. "Livelihoods, aquatic resources and Non-monetary values of local natural resources in Mexico's Lowland Maya area", tesis de doctorado, Dalhousie University, Halifax.
- Benseny, G. 2007. El turismo en México. La apreciación sobre el turismo en espacio litoral. Aportes y transferencias, 11(2):13-34.

- Blázquez, F.2001. Sociedad de la información y la educación, Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología. Investigación Educativa, Mérida.
- Carter, R.1991. Coastal Environments. Academic Press. Gran Bretaña.
- Carranza-Edwards, A., Bocanegra-García, G., Rosales-Hoz, L., de Pablo-Galán, L. 1998. Beach sands from Baja California Península, México, *Sedimentary Geology*, (119)263-274.
- CES (2002). Cómo usar un índice de precios. D. d. P. d. INDEC. Buenos Aires, Argentina, Instituto Nacional de Estadística y Censos: 1-8.
- Chuenpagdee, R. 1998. "Damage schedules and scales of importance of losses: judgments of coastal resource users in Thailand"
- Chuenpagdee, R., Knetsch J.L., Brown T.C. (2002) "Environmental damage schedules: community judgments of importance and assessments of losses", *Land Economics*, 77 (1), University of Wisconsin, Madison, pp. 1-11.
- CONABIO (Comisión Nacional para la conservación y uso de la Biodiversidad). 2013. Listado Regiones Hidrológicas Prioritarias.
- Consejo de Recursos Minerales. 2003. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2002. 479 pp.
- Cruz, J. 2001. Sin rumbo ecológico. *El Vigía*. <http://www.elvigia.net/noticia/sin-rumbo-ecol-gico> (11 de Noviembre de 2011).
- Cruz, J. 2006. Accionista en Punta Colonet. Los negocios de Rufo. Zeta-Tijuana. http://zetatijuana.com/html/EdicionesAnteriores /Edicion1690/ Reportajes_ LosNegociosRuffo.html (16 de Noviembre de 2011).
- Cruz, J. 2012. Controversia ambiental por la explotación de roca volcánica en la Bahía de San Quintín. A los cuatro vientos. <http://4vientos.org.mx/blog/?p=11163> (20 de Febrero de 2012).
- Daesslé, L., Rendón-Márquez, G., Camacho-Ibar, V., Gutierrez-Galindo, E., Shumilin, E., Ortiz-Campos, E. 2009. Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implications for provenance, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26(1)117-132.
- Delgado, SO (2015) Los objetivos de desarrollo sustentable y la política económica. <http://www.jornada.unam.mx/2015/09/24/opinion/030a1eco>. Revisado 22 de noviembre de 2016.
- Diario Oficial de la Federación. 1992. Ley Minera, Artículo 27 Constitucional, Cámara de diputados del honorable Congreso de la Unión, 33pp.
- DGPM (Dirección General de Promoción Minera) 2011. Estudio de la cadena productiva del ónix. Coordinación General de Minería, Secretaría de Minería, p 43.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014. Programa de desarrollo minero 2013-2018.
- Dirección General de Minas. 2009. Tarjeta de registro informática de título y concesión. http://www.economia-dgm.gob.mx/info_gen.htm.
- Economy watch. 2010. Mexico expots, imports and trade. Economy watch. http://www.economywatch.com/world_economy/mexico/export-import.html (11 de Noviembre de 2011).

- Espejel, I., Moreno-Casasola, P. y Barbour, M. 2001. Coastal vegetation: diversity and conservation. En: G. Webster & C. Bahre (eds.) *The Frontera*. New Mexico Univ. Press, Nuevo México.
- Espejel I., Peña-Garcillán, P., Moreno-Casasola, P., Castillo, G., León de la Luz, J.L., Sánchez, J., Castillo S. y Durán, R. 2012. Proyecto de Flora de playas y dunas costeras de México, HJ007. III Informe técnico, CONABIO.
- Espejel Ileana, Peña-Garcillán, Pedro, Moreno-Casasola, Patricia, Castillo, Gonzalo, León de la Luz, José, Sánchez, Jesús, Castillo, Silvia, Durán, Rafael. 2014. Proyecto de Flora de playas y dunas costeras de México. HJ007. IV Informe técnico. CONABIO.
- Eurobarometer. 2007. La investigación científica en los medios de comunicación. Comisión Europea, (282):42pp.
- Everard, M., Jones, L., Watts, B. 2010. "Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective". *Aquatic conservation Marine and freshwater ecosystems* (20) 476-487.
- Flores Balbuena, P. 2013. Dominancia de pastos en las dunas costeras: Causas y consecuencias. Tesis de Licenciatura en Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Gabiña, J. 1995. El futuro revisitado. La reflexión prospectiva como arma de estrategia y gestión. Marcombo, Boixareu, Editores, 436 pp.
- Gobierno de Baja California, Baja California. 2014. Un estado joven de historia, dinámico presente y gran futuro. http://banderas.com.mx/baja_california.htm. (20 de Mayo de 2014).
- Godet, M., Monti, R., Meunier, F., Roubelat, F. 2000. La caja de herramientas de la prospectiva estratégica, Gerpa, Electricité, Francia.
- Godet, M. y Durance, P.. 2011. La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios, UNESCO, Dunod.
- Gómez, M. 2002. Va arena robada en México a Hawai. Investiga PGR el saqueo en costas y lechos de ríos; nadie se daba cuenta en aduanas. *El Universal*. http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=13269&tabla=primera (11 de Noviembre de 2011).
- de Groot, R. 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75:175–186.
- Heslenfeld, P.; Jungerius, P., y Klijn, J. 2004. European coastal dunes: Ecological values, threats, opportunities and policy development. En: *Coastal Dunes, Ecology and Conservation*. Ecological Studies, Martínez, María L. and Psuty, Norbert (eds.), 171, 335–351.
- INEGI (2013). Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Ciudad de México, D.F., INEGI.
- Informador. 2009. Dunas en chachalacas en riesgo de desaparecer. <http://www.informador.com.mx/mexico/2009/123952/6/dunas-de-chachalacas-en-riesgo-de-desaparecer.htm> (7 de Septiembre de 2011).

- Jiménez, J. 2011. Propone regular a empresas areneras. Estatal. El Mexicano. <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2011/04/29/469742/propone-regular-a-empresas-areneras.aspx> (11 de agosto de 2011).
- Jiménez-Orocio, O., Espejel, I., Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Infante-Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. 2014a. Uso de las dunas y situación actual. En: Diagnóstico general de las dunas costeras de México, Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.). CONAFOR, 83-103.
- Jiménez-Orocio, O., Espejel, I., Moreno-Casasola, P. y Rodríguez-Revelo, N. 2014b. Necesidades de conservación. En: Diagnóstico general de las dunas costeras de México, Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. (eds.). CONAFOR. p. 95-103.
- Kramer, Randall A., Evan Mercer y Sharma Narendra (1996), "Valuing tropical rainforest protection using the contingent valuation method", en Wiktor Adamowicz, Peter Boxall, Martin Luckert, William Philipps y William White, *Forestry, Economics and the Environment*, cab International, Wallingford, pp. 181-194.
- León de la Luz José Luis y Domínguez, Miguel. 2012. Informe sobre las dunas costeras de Baja California Sur. Flora de playas y dunas de México. CONABIO.
- Martín-Barajas, Arturo, Maruri-Zamora, Agustín. 1988. Evaluación preliminar del depósito de arenas negras, *Geomimet*, (154) 36-45.
- Marten, Gerald. 2001. Percepciones de la naturaleza. *Ecología Humana*, Capítulo 9, Earthscan publications.
- Martínez, María L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. *Fondo de Cultura Económica*. 226:189p.
- Martínez, María L., Moreno-Casasola, Patricia, Espejel, Ileana, Jiménez-Orocio, Oscar, Infante Mata, Dulce y Rodríguez-Revelo, Natalia. 2014. Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. pp 350.
- Martínez, R. 2002. Cinco clausuras por extraer arena en forma irregular. Estatal. El Mexicano. <http://www.elmexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2002/10/31/4998/cinco-clausuras-por-extraer-arena-en-forma-irregular.aspx> (11 de agosto de 2011).
- Mexicano. 2003. Frenan el saqueo de arena. Sanciones a quienes hacen mal uso de permisos. Nacional. <http://www.elmexicano.com.mx/informacion/noticias/1/2/nacional/2003/02/18/9010/frenan-el-saqueo-de-arena.aspx> (11 de agosto de 2011).
- Mexicano. 2011. Regulación en la extracción de arena. Estatal. Ciencia y Tecnología. <http://www.elmexicano.com.mx/informacion/noticias/1/6/cienciaytecnologia/2003/08/11/376468/regulacion-en-la-extraccion-de-arena.aspx> (11 de agosto de 2011).
- Misereor. 2011. La minería en los países en desarrollo-Desafíos y propuestas de acción. http://www.misereor.org/fileadmin/redaktion/MISEREOR_Documento-de-posicon-mineria-2012.pdf (30 de enero de 2016)
- MMBoleo. 2013. Minera El Boleo. <http://www.mmboleo.com/proyecto-el-boleo.aspx> visitada el 04/11/2016.

- Montemayor, María V., García, María C., Garza, Yolanda. 2009. Guía para la investigación documental. Editorial Trillas. México, D.F. 112 pp.
- Montero, M. A. 2014. Precio del acero se derrite en Shanghai, mínimo histórico. <http://www.elfinanciero.com.mx/mercados/commodities/precio-del-acero-se-derrite-en-shanghai-minimo-historico.html> (10 de mayo de 2016).
- Moreno-Casasola, P. 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? En Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. vol. 1, compilado por Moreno-Casasola Patricia, Peresbarbosa Elisa y Travieso Bello Ana Cecilia (eds), Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México. 53-80.
- Moreno-Casasola P. 2010. Veracruz, Mar de arena. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana- Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México.
- Moreno-Casasola Patricia, Espejel Ileana, Castillo Silvia, Castillo-Campos Gonzalo, Durán Rafael, Pérez-Navarro, José Juan, León, José Luis, Olmsted, Ingrid, Trejo-Torres Jorge. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México, Biodiversidad en Iberoamérica, Halffter, G. (Ed.) 2:177-258.
- Moore, Jerry, Gasco, Janine. 1996. Proyecto Arqueológico San Quintín-El Rosario. Informe técnico parcial. Temporada 1995-1996. Mecanuscrito. C. INAH BC, Ensenada, México.
- Nahuelhual, Laura, Pablo Donoso, Antonio Lara, Daisy Nuñez, Carlos Oyarzu y Eduardo Neira (2006), "Valuing ecosystem services of chilean temperate rainforests", Environment, Development and Sustainability, 9 (4), Springer, Dordrecht, pp. 481-499.
- Oliva, Roberto. 2010. Conflictos mineros. Las arenas de hierro y titanio de las playas guatemaltecas para una minería.
- Osuna, Conrado. 2002. Ningún permiso más para extraer arena en Baja California: PROFEPA. Estatal. El Mexicano. <http://www.elmexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2002/11/30/6178/ningun-permiso-mas-para-extraer-arena-en-baja-california-profepa.aspx> (11 de agosto de 2011).
- RAMSAR-CONANP 2013. Humedales de México. <http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php> Fecha de consulta 11 05 2014.
- Panorama minero del estado de Baja California. 2009. Servicio Geológico Mexicano, Coordinación General de Minería, pp40.
- Panorama minero del estado de Baja California Sur. 2011. Servicio Geológico Mexicano. Secretaría de Economía. Coordinación General de Minería, pp.40.
- Panorama minero del estado de Baja California. 2013. Servicio Geológico Mexicano, Coordinación General de Minería, pp48.
- Panorama minero del estado de Baja California. 2014. Servicio Geológico Mexicano, Coordinación General de Minería, pp 48
- PDR-RSQ (Programa de desarrollo regional-Región de San Quintín). 2007. Secretaría de desarrollo social (SEDESOL), 162 pp.

- Piñera, D.1987. Visión histórica de la frontera norte de México. Tomo II. Centro de Investigaciones Históricas de la Universidad Autónoma de Baja California, 114pp.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2011. Hacia una economía verde. Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza.
- Programa de Ordenamiento Ecológico. 2013. SEMARNAT, Secretaría de Protección al Ambiente. http://www.spabc.gob.mx/views/files/tmp/POEBC_Resumen-Ejecutivo-y-Modelo-270913.pdf (14 de Noviembre de 2014).
- Psuty, N. 2004. The coastal foredune: Amorphological basis for regional coastal dune development. En Coastal dunes: Ecology and conservation. María. L. Martínez y Norbert. Psuty (eds.), Springer-Verlag, Heidelberg, cap. 2, pp386.
- Rebman, J., Roberts, N., Ezcurra, E. 2012. Baja California. Plant field guide. San Diego Natural History Museum, 3era edición, 451pp.
- REMA (Red Mexicana de Afectados por la Minería). 2015. No a la mina El Arco del grupo México en Baja California Sur. <http://www.conflictosmineros.net/contenidos/23-mexico/17446-rema> (10 de mayo de 2016).
- Romero, J. 2001. La minería en el noreste de México: utopía y realidad 1850-1910, Universidad de Sonora, México, Editores Plaza y Valdés, 373pp.
- Romero Gil, J, Heath, J., Hernández, I., Altable, F.. 2002. Noreste minero: La minería en Sonora, Baja California y Baja California Sur, La minería en Baja California (1870-1900), México, D.F., Plaza y Valdés, 91-137.
- Rodríguez, G. 2011. Españoles piden frenar complejo en Baja California Sur. El Universal. <http://www.eluniversal.com.mx/estados/80470.html> (7 de Septiembre de 2011).
- Rodríguez-Revelo, N. 2012. Evaluación integrada de la duna El Socorro para proponer su manejo como recurso natural en el Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California, Baja California, Tesis de maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.
- Rodríguez-Revelo, N., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Martínez, M.L., Infante-Mata, D. y Monroy, R. 2014a. Baja California. En Diagnóstico de las dunas costeras de México. Martínez, María L., Moreno-Casasola, Patricia, Espejel, Ileana, Jiménez-Orocio, Oscar, Infante Mata, Dulce y Rodríguez-Revelo, Natalia (eds.) CONAFOR, 146-157.
- Rodríguez-Revelo, N., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O, Martínez, M.L., Infante-Mata, D. y Monroy, R. 2014b. Baja California Sur. En: Diagnóstico de las dunas costeras de México, Martínez, María L., Moreno-Casasola, Patricia, Espejel, Ileana, Jiménez-Orocio, Oscar, Infante Mata, Dulce y Rodríguez-Revelo, Natalia (eds.). CONAFOR, 158-169.
- Rodríguez, N., Rendón, G., Espejel, I., Jiménez, O., Martínez, M.L. 2014. Análisis de proveniencia de las arenas del complejo de dunas parabólicas El Socorro, Baja California, México, mediante una caracterización mineralógica y granulométrica, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 66(2) 355-363.

- Rodríguez-Revelo, N, Espejel, I, Casillas, F, Leyva, C, Vanderplank, S. En revisión. La flora y vegetación de la duna El Socorro, San Quintín, Baja California, México.
- Rosales, V. 2009. Diagnóstico participativo como base de un proyecto de turismo de naturaleza: Ejido Nueva Odisea, San Quintín Baja California, México. Tesis de maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.
- Rosales-Hoz, L., Carranza-Edwards, A., Aguirre-Gómez, A., Galán-Alcalá, A., 1988, Estudio de metales en sedimentos litorales de Sonora, México: *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 2, 1-12.
- Seingier, G, Espejel, I. y Ferman, J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental*, 1(1):54-69.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2004. Indicadores de desarrollo sustentable en México. INEGI, INE, 84pp.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2016. Anuario estadístico de la minería mexicana. Subdirección de geociencia digital, SGM. pp 545
- Soriano, Raúl. 1989. Métodos y técnicas de investigación. Guía para realizar investigaciones sociales. Ed. Plaza y Valdés. UNAM. México. 69-81.
- Triandis, H., Suh, E. 2002. Cultural influences on personality. *Annual Review of Psychology* (53)133-160.
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). 2003. Protección de los ecosistemas por el bien de la población y del planeta. Parte III. Retos para la vida y el bienestar. 131-155pp.
- U.S. Bureau of the Census, U.S. 1997. Exports and Imports by Harmonized Commodity, 1996 Annual/Six-Digit Harmonized Commodity by Country, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Van Aarde, R., Wassenaar, T., Niemand, L., Knowles, T., Ferreira, S. 2004. Coastal dune forest rehabilitation: A case study on Rodent and bird assemblages in northern Kwa-Zulu-Natal, South Africa. En: *Coastal Dunes: Ecology and Conservation*, María L. Martínez y Norbert Psuty (eds.), Springer-Verlag, capítulo 7, 103-114.
- Van der Maarel, E. 1993. *Dry Coastal Ecosystems: Polar regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania*. Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Vanderplank, S. 2011. The flora of the greater San Quintín, Baja California, Mexico (2005-2010), *Aliso* (29)65-106.
- Vanderplank, S., Ezcurra, E., Delgadillo, J., McDade, L. 2014. Vegetation patterns in the Mediterranean-desert ecotone of Baja California, Mexico. *Journal of Botanical research Institute of Texas*, 8(2):565-581.
- Vigía. 2011. Exigen regular la extracción de arena. *Boletín. El Vigía*. <http://www.elvigia.net/noticia/exigen-regular-la-extracci-n-de-arena> (16 de Noviembre de 2011).
- Wiggins, I. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. Stanford, California.
- Zamudio, T. 2012. El conflicto socioambiental y las estrategias de manejo. *Foro nacional ambiental*. Argentina.

6. DISCUSIÓN GENERAL

El ecosistema de playas y dunas costeras es importante por los servicios ecosistémicos (SE) que le prestan a la sociedad (Pilkey et al., 1998; Psuty, 2004 y Moreno-Casasola, 2006). El objetivo del presente estudio fue mostrar que las dunas costeras de la Península de Baja California brindan servicios ecosistémicos (SE) lo cual se ejemplificó con cuatro SE (Figura 1).

Los ecosistemas del mundo prestan 30 SE relacionados a las cuatro funciones ecosistémicas (provisión o soporte, regulación, hábitat e información-conocimiento y cultura) (de Groot, 2006), de los cuales Everard et al., (2010) reportan 25 en las dunas costeras del mundo (los cinco SE restantes los prestan ecosistemas no costeros). Las dunas de la Península de Baja California ofrecen 22 SE: seis de provisión, nueve de regulación, los de hábitat y banco de germoplasma y cinco de los siete de información (conocimiento y cultura). Para esta investigación, la función de provisión incorporó la función de soporte mencionada por Everard et al., (2010) ya que de Groot (2006) las considera como equivalentes.



Figura 1. Esquema de SE de las dunas costeras de la Península de Baja California analizados en esta tesis.

Se buscó ampliar la función de hábitat con los SE de refugio (Everard et al., 2010) con el de de Groot (2006) que agrega banco de germoplasma. Además, el de refugio que es análogo a la biodiversidad, se dividió en los seis reinos que existen. Con esto hay mayor equidad de SE

por función. Asimismo, se encontró una coincidencia entre los valores de Everard et al., (2010) y los otorgados por los expertos que participaron en este trabajo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de número de servicios ecosistémicos y calificaciones de la importancia según el estudio a nivel mundial (Everard et al., 2010) y las modificaciones para las playas y dunas de la península de Baja California que se proponen en esta tesis.

Función ecosistémica	Everard et al. (2010)		Esta tesis	
	Número de servicios ecosistémicos	Calificación de importancia	Número de servicios ecosistémicos	Calificación de importancia
Provisión	6	0-3	6	0-3
Regulación	9	0-3	9	0-3
Conocimiento y cultura	7	1-2	5	1-3
Habitat	1	1-3	7	0-3
	Refugio		Reino Plantae	3
			Reino Animal	3
			Reino Fungi	3
			Reino Protista	0
			Reino Monera	0
			Reino Archae	0
			Banco de germoplasma	1

Como resultado de esta investigación se propone que el valor de importancia dos que le da Everard et al., (2010) a la función de provisión o soporte del SE de materias primas debería de ser de tres, porque las arenas son un recurso de primera necesidad para la industria (Sider et al., 2013) y por la minería emergente en las dunas costeras de la Península de Baja California.

No se ha encontrado manera de otorgar un valor monetario directo a los SE de las funciones de información (conocimiento y cultura), hábitat y regulación, por lo tanto, en este trabajo se ejemplifican un SE por cada función sin asignar un precio.

Para la función de información (conocimiento y cultura), se propone cambiar el valor de importancia uno otorgado por Everard et al., (2010) para el SE de desarrollo cognitivo a tres porque en México las dunas han sido motivo de estudios y formación de recursos humanos (Jiménez-Orocio et al., 2015). Además, las costas de la Península de Baja California son base de cuatro centros educativos (dos en el noroeste y dos en el sur de la Península) y se han realizado desde el siglo pasado múltiples expediciones botánicas (Roberts, 1985; Johnson, 1970) y geológicas (Gastil, 1970) además de actualizaciones a estudios regionales de la flora (Rebman, 2016).

Aunque las dunas costeras en la Península de Baja California son de los ecosistemas con menor biodiversidad, son importantes por la flora endémica que presentan (León de la Luz, comunicación personal), por esta razón para la función de hábitat se eligió el SE de banco de germoplasma y refugio, el cual tiene una importancia de tres según Everard et al., (2010). Las dunas costeras han sido sitios de interés para los investigadores nacionales y extranjeros y estudiantes de la Península porque se observan cambios en el ecosistema en muy cortas distancias y gradientes ecológicos con formas de vida y adaptaciones muy evidentes (de la Vega, 2011) y donde se ha colectado el primer ejemplar de herbario de dunas costeras de México (Espejel et al., 2015).

Por su característica árida, la población de la Península históricamente se ha concentrado en la zona costera, donde el desarrollo urbano ha sustituido o modificado las dunas de tal manera que se ha perdido el SE de protección que las dunas costeras brindan a la infraestructura y población. Por lo tanto, para la función de regulación, se tomó el SE de protección de las poblaciones humanas de la costa peninsular contra desastres naturales, el cual tiene una importancia de tres según Everard et al., (2010).

Como la minería es una actividad emergente en las dunas costeras en la Península de Baja California y con un precio en el mercado, se consideró su valoración monetaria directa.

A continuación, se argumenta sobre las implicaciones que estos SE tendrían para la toma de decisiones con respecto a la protección, conservación, manejo y explotación de las dunas costeras del mundo y en particular de la Península de Baja California.

6.1. Valoración no monetaria del SE de Información (conocimiento y cultura)



La función que prestan los ecosistemas para generar conocimiento y cultura ha sido poco considerada en la literatura para la valoración de SE. Sin embargo, para la toma de decisiones en torno al manejo de las dunas costeras podría ser de gran utilidad. Al analizar las publicaciones generadas sobre este ecosistema, se encontraron más de 135 publicaciones en los motores de búsqueda sobre dunas costeras en México, lo cual indica que si han sido motivo de interés científico (Jiménez-Orocio et al., 2015). Para el caso de la Península de Baja California solo la literatura encontrada sobre SE de dunas costeras son 111 publicaciones, en las cuales 14 son de la función de provisión, 23 de regulación, 30 publicaciones de hábitat y 44 para conocimiento y cultura.

En resumen, se encontró que el SE más estudiado en las dunas costeras de México ha sido el referente a la provisión de materias primas, específicamente los minerales (Jiménez-Orocio et al., 2014; Rodríguez-Revelo et al., 2014; Díaz de León, 2015; Rodríguez-Revelo, 2012; SMICRSM, 2014; Gudiño, 2007; Svenia, 2011). El SE de regulación más reconocido en la literatura de dunas costeras mexicanas es el de protección contra tormentas y prevención de la erosión (Svenia 2011; Guardado-France, 1997; Leyva, 2009; Calderón et al., 2013; Ortíz, 1996; Rivera, 2004; Valdés 1987; Ocampo et al., 2011; González, 1981).

Destacan los estudios que documentan la función de hábitat, en especial el SE de refugio de la flora específica de playas y dunas costeras y de otros ecosistemas aledaños (matorrales, selvas, humedales) que encuentran espacios donde establecerse en las hondonadas de las dunas donde hay mayor protección del viento y humedad (Espejel et al., 2015; Moreno-Casasola et al., 2014a; Moreno-Casasola et al., 2014b; Rodríguez -Revelo et al., 2014b; Jiménez, 2010; Díaz de León, 2015; Mulroy et al., 197; Vanderplank, 2011; Rodríguez-Revelo, 2012; Harper et al., 2011; Aschmann, 1967; Rebman et al., 2012; Riley et al., 2015; Breceda et al., 2012; Arizpe et al., 2012; Rosales, 2006; Sánchez, 1996). Finalmente, la función de los ecosistemas para generar conocimiento y cultura, el SE de desarrollo cognitivo está bien documentado en tesis, informes técnicos y publicaciones nacionales e internacionales (Tesis: Valdés, 1987; González, 1993; Sigüenza, 1993; Sánchez, 1996; Rosales, 2006, 2009; de la Vega, 2011; Castro, 2011; Ocampo et al., 2011; Rodríguez Lizárraga, 2012; Rodríguez-Revelo, 2012; Valdés, 2012; Díaz de León, 2015; Informes: Conabio, 2012; Calderón et al., 2013; FAO, 2015. Publicaciones: Aschmann, 1967; Ibáñez, 2010; Vanderplank, 2011; Rodríguez-Revelo et al., 2014; Martínez et al., 2014; Arizpe et al., 2014).

Como instrumento de política de investigación, este SE parece útil para definir vacíos de información y generar líneas de investigación. Como instrumento de política educativa este SE podría servir para que la gente conozca un ecosistema poco valorado en la zona costera.

6.2. Valoración no monetaria del SE de hábitat de refugio y banco de germoplasma de la flora



La función de hábitat con los SE de refugio y banco de germoplasma los hace equivalentes a la biodiversidad que ha sido utilizada para la selección de áreas protegidas y para la defensa de conservación y protección de sistemas amenazados.

En comparación con otros ecosistemas, las dunas costeras no presentan una gran diversidad florística, sin embargo, el endemismo que presentan estos sitios le da un valor biológico alto (Pérez-Navarro, 2006). La particularidad que tiene el ecosistema de dunas costeras es que son sitios de ecotono, lo que enriquece la diversidad florística, por la presencia de especies estrictamente de dunas y especies compartidas con otra vegetación aledaña.

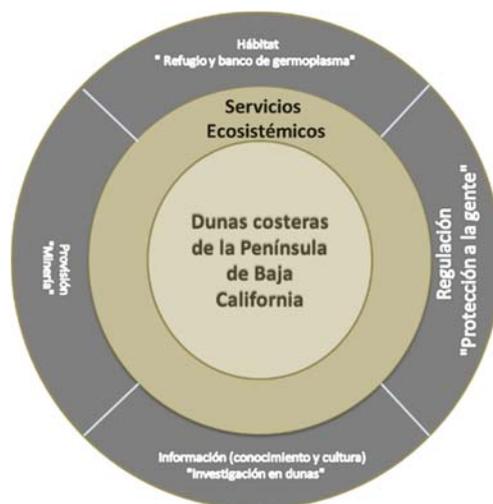
De las 2019 especies de plantas de dunas costeras a nivel nacional registradas, en esta investigación se enlistan 747, de las cuales 49 están catalogadas como exclusivas en dunas costeras, pero se encuentran en otros tipos de vegetación del resto de México. Solo 13 de estas se encuentran en playas y dunas de la península.

El SE de refugio y banco de germoplasma como recurso biocultural ha sido subutilizado por los tomadores de decisiones. En esta investigación, aunque se encontraron reportes de uso de las plantas de dunas en el mundo y en México, para la Península no hay citas etnobotánicas. Por ejemplo, la principal y más abundante especie de playas y dunas es *Abronia maritima*, que además de pionera y formadora de las dunas frontales, tiene propiedades medicinales (como infusión para expulsar la placenta después del parto, en la comunidad Seri según Moser, 1970 y Quattrocchi, 2012) que han sido reportadas para

Sonora, pero no para la península. Otras plantas medicinales como *Anagallis arvensis*, antiviral (Amoros et al., 1987) y antifúngica (Nene et al., 1965; Abed et al., 1993); *Anemopsis californica* antiproliferativa de células cancerígenas de pecho, prostata y colon (Medina-Holguín et al., 2008, Kaminski et al., 2010, Daniels et al., 2006) y para contrarrestar la artritis e infecciones (VanderJagt, 2002) han sido reportadas para otros países, pero no para la península de Baja California.

Desconocer el SE de banco de germoplasma de especies útiles limita el desarrollo tecnológico farmacéutico de un país, por eso es importante el resguardo de la biodiversidad medicinal de la península. Si las dunas ofrecen este servicio sería necesario que la gente lo supiera y así valoraría y por lo tanto ciudaría este ecosistema.

6.3. Valoración no monetaria del SE de regulación: protección costera.



El SE de protección a la población contra desastres naturales (ciclones, huracanes, tsunamis), es de los principales SE que brindan las dunas costeras (Martínez et al., 2014). En México, especialmente los puertos y las zonas hoteleras que han destruido o modificado los patrones del sistema de dunas costeras, ha aumentado la vulnerabilidad de la población que vive en la costa como es el caso de Cancún y el puerto de Veracruz. Además de dinero perdido se tiene que agregar el costo que tiene la restauración (caso Cancún y Chachalacas).

En la Península de Baja California la población todavía no ha crecido a gran escala sobre la costa con excepción en los corredores costeros Tijuana-Ensenada y Los Cabos-San José del

Cabo, en esta investigación se calculó la población humana “protegida” por dunas costeras en ambos litorales de la Península (que representa el 0.3% de la población total de la Península). Sin embargo, la amenaza de crecimiento sobre la costa es latente por los proyectos turísticos que intentan desarrollar a gran escala. Se estima que cada año arriban al país 20 millones de turistas a México (Pérez-Maqueo, 2017). Los lugares costeros más visitados en el litoral de Océano Pacífico son (Acapulco, Mazatlán, Los Cabos, Ensenada, Riviera Mexicana), para el Caribe (Riviera Maya) y para el Golfo de México (Veracruz). Por ejemplo, a Los Cabos, recibe al año 1.8 millones de turistas al año (DATATUR, 2016) y los planes de desarrollo indican que el modelo de turismo de sol y playa se incrementa. El uso de este SE como instrumento de política de desarrollo urbano está poco explorado. Sin embargo, en los ordenamientos ecológicos de Baja California y el municipal de los Cabos, está prohibido construir sobre dunas por el SE de protección que brindan las dunas. Es importante dar a conocer este SE en la población civil porque si la gente está informada sobre las consecuencias de perder un SE que los protege, evitarían su pérdida. Este SE es uno de los SE más valorados indirecta y monetariamente en la literatura mundial. En México hay casos valorados entre otros para Veracruz Mendoza et al. (2009) y Ensenada, Díaz de León (2015), pero valdría la pena valorar puntualmente el SE de protección en cada localidad, ya que es diferente para una población dominante turística que una residencial.

6.4. Valoración monetaria del SE de provisión de materia prima (arena).



La valoración monetaria del SE de materia prima, permitió estimar el costo por volumen por hectárea (oscila entre 13 000 y 750 000 USD en las cinco dunas que se analizaron). En la

actualidad, las empresas energéticas utilizan por año 25.5 millones de toneladas de arena sílica para la fracturación hidráulica o fracking de hidrocarburos, que llegan a valer \$1 250 millones de dólares al año (Sider et al., 2013). El SE de materia prima de arena de las dunas costeras, aunque tiene un valor monetario, no es completo ni justo para los dueños de la tierra. Esto, debido a que las cuotas que pone el gobierno federal (mediante la Ley Federal de Derechos en el artículo 263 constitucional) para la industria minera por el pago de las concesiones, están otorgadas por superficie (0.45 USD) y no por el volumen de arena (minerales) que se extrae. Es importante cambiar las leyes mineras para que se pague por volumen y no por superficie (López et al., 2013). Si se arreglara esta situación por ejemplo, en la duna de El Socorro que tiene 1403.38 ha, en la cual les pagaron a los ejidatarios cinco dólares por hectárea (7 016.9 USD), pero en cambio se le hubieran considerado las 59 660 089 toneladas que es el volumen de ese mismo número de hectáreas, hubieran recibido 298 304.45 USD. Además de este pésimo valor que se da a las dunas, empeora con lo que menciona López et al. (2013) que estas cuotas están reducidas en comparación con el mineral que se puede extraer, donde el monto de la cuota tendría que ser calculada por el tipo de mineral a explotarse. En las dunas de El Socorro en Baja California se paga lo mismo por el hierro que por los demás minerales que tiene la arena como el feldespato, cuarzo y titanio que valen mucho más (Rodríguez-Revelo et al., 2014). Finalmente, con los resultados de este trabajo se evidencian lo mal valoradas que están las tierras concesionadas a las mineras extranjeras quienes, pagan una cuota por hectárea concesionada extremadamente baja en comparación con el valor del mineral que extraen. Lamentablemente, esta cuota es el único ingreso que deja la industria minera extranjera en el país y que, según López et al., (2013), no llega a los municipios y posiblemente ni a los ejidatarios.

Este trabajo es una pequeña muestra de la desafortunada realidad nacional. Entre una infinidad de tareas en el sector minero y ambiental, es la revisión y modernización de la obsoleta legislación, la elaboración de manuales de buenas prácticas con términos socialmente justos y ambientalmente amigables para las empresas, la capacitación para los dueños de las tierras, asimismo es necesario desarrollar una postura gubernamental más impositiva con las Manifestaciones de Impacto Ambiental pero sobretodo una actitud más soberana ante las empresas trasnacionales.

7. CONCLUSIONES

Las playas y dunas de la Península de Baja California cubren 249 533 ha que, aunque es un porcentaje mínimo de la península, forman un ecosistema entre el mar y la tierra dinámico que ofrece SE que la gente desconoce. La mayoría de las dunas son trasgresivas (95%), las dunas frontales ocupan 4% y las parabólicas solo 1% en ambos litorales de la península. Baja California Sur ocupa el primer lugar con dunas del país con 27.4% y Baja California ocupa el noveno lugar con 3.5%. En la región mediterránea se encuentran dos de los sitios con mayor diversidad florística de la península (Primo Tapia en Playas de Rosarito y San Quintín en Ensenada) y la región del Cabo abundan los endemismos.

Las dunas de la Península de Baja California ofrecen 22 SE de las 25 reportados para el mundo (Everard, et al., 2010). Los SE corresponden a seis de provisión, nueve de regulación, uno de hábitat y cinco de cultura y conocimiento. Se eligieron cuatro SE de cada una de las funciones según la importancia que le otorgan Everard, et al. (2010) o expertos en dunas costeras de la península de Baja California. No se encontró evidencia en la bibliografía que mencione específicamente el SE de provisión de uso militar, aunque se sabe que la base aérea militar No. 3 El Ciprés, en Ensenada, Baja California usa las dunas como campo de entrenamiento. Se concluye que es necesario publicar sobre este SE de las dunas porque si no pareciera inexistente. Asimismo, se mencionan en la literatura los concheros (acumulaciones de conchas depositadas en zonas despejadas) que son restos arqueológicos abundantes en ambientes costeros, pero solo Moree y Ritter (1998, 2000) las describen para la zona costera de la península de Baja California. Sería importante una línea de investigación sobre su abundancia, distribución y descripción general de los concheros para destacar el SE de biocultural (de información-conocimiento y cultura). Para evidenciar su existencia en la Figura 1 se muestran concheros en la duna El Socorro.



Figura 1. Sitio de conchero en la duna El Socorro. Foto: Natalia Rodríguez

Tampoco se ha publicado sobre el uso minero de dunas costeras ya que es una actividad industrial emergente, esta tesis sería la primera publicación. Una evidencia que se obtuvo en las diversas salidas a campo durante la investigación, se observó una mina que ha operado desde 2014 en El Socorro (Figura 2). La compañía mexicana *TransPacific mining* junto con empresarios chinos tienen la concesión del predio denominado “Veta arena Sara”, en el cual se extrae hierro en una planta de beneficio* de 1,380 hectáreas.

* La Planta de Beneficio se utiliza para la separación de minerales, como por ejemplo para separar el cobre, el zinc, el oro, la plata y el hierro del mineral. Se tienen diferentes métodos de separación para el procesamiento de minerales, como: Planta de procesamiento por flotación, Planta de procesamiento por gravedad, separación magnética. Fuente: <http://www.leilimining.com/es/Productos/El-proceso-de-mineria-de-procesamiento.html>



Figura 2. Planta de beneficio de la compañía TransPacific Mining. Mina de extracción de hierro en la duna costera El Socorro. Foto: Natalia Rodríguez.

En conclusión, cada una de las funciones ecosistémicas ejemplificadas con un SE permiten visualizar su uso como instrumentos de política públicas, en especial ambientales, de desarrollo urbano-turístico, de educación y de investigación. Con el análisis de la literatura se demuestra el SE de información que brindan las playas y dunas costeras de la Península de Baja California. También se evidencian los vacíos y oportunidades de información donde se podrían generar líneas de investigación. Falta mucho por estudiar, aunque en México se han publicado 135 artículos sobre dunas costeras la mayoría son de una pequeña estación biológica en Veracruz (Jiménez-Orocio et al., 2014). Un poco más de la tercera parte (36% que corresponde a 48 de estas publicaciones) son de la península, pero concentradas en la flora. La literatura seleccionada sobre SE de dunas costeras a nivel mundial fue de 200 publicaciones. Para la península, se identificaron publicaciones, tesis e informes técnicos 14 sobre la función de provisión, 23 de regulación, 30 de hábitat y 44 para conocimiento y cultura. El SE más estudiado en las dunas costeras de México ha sido el referente a la provisión de materias primas, específicamente los minerales pero de carácter geológico, no minero. El SE de regulación más reconocido en la literatura de dunas costeras mexicanas es el de protección contra tormentas y prevención de la erosión. Destacan los estudios de SE de refugio de la flora específica de playas y dunas costeras y de otros ecosistemas aledaños (matorrales, selvas, humedales) que encuentran espacios

donde establecerse en las hondonadas de las dunas donde hay mayor protección del viento y humedad. Faltan estudios de protección de dunas, de mineralogía, de fauna, de etnobotánica medicinal y patrimonio biocultural, entre otros.

La función de hábitat, ejemplificada con el SE de refugio y banco de germoplasma como análogo de la diversidad florística muestra que las playas y dunas son refugio de 747 especies de plantas, lo que representa un poco más de la tercera parte (37%) de la flora de dunas del país. Según, De la Luz (com. pers.) hay 49 especies (6.5%) que crecen exclusivamente en dunas costeras de la península. Resultaron 13 celdas con alto valor del SE de refugio y banco de germoplasma porque son la que presentan mayores índices de diversidad florística de los cuales la mayoría no está dentro de un ANP, por lo tanto, es necesario encontrar formas innovadoras y alternativas para la conservación de pequeños espacios donde se brinda este SE.

La función de regulación ejemplificada con el SE de protección valora este SE para el 0.3% de la población sin considerar a la infraestructura turística y los turistas. Esta SE como instrumentos de planeación costera ha sido poco utilizado y debería considerarse para evitar la construcción del riesgo costero como hasta ahora ha sucedido en los corredores turísticos de Tijuana-Ensenada y Los Cabos-San José del Cabo. Ya hay publicaciones sobre el manejo de la zona costera (DGPAIR, 2012; Silva Casarin et al., 2014) que explican como no perder este SE.

Por último, el SE de provisión de la arena fue el único valorado monetariamente, porque hay un precio en el mercado por la arena. Con el volumen de arena de algunas dunas muestreadas en campo se encontró que el SE no se paga justamente. Podría ganarse hasta 1200 veces más de lo que se paga en la actualidad. La minería tiende a ser una actividad prioritaria para el gobierno mexicano, pero requiere de una revisión profunda de sus leyes y formas de pago, para que no solo las empresas extranjeras usufructen de un recurso altamente valioso. Faltan manuales de mejores prácticas para el manejo de la minería, mejorar las Manifestaciones de Impacto Ambiental, entre muchos más instrumentos que permitan que el SE de provisión sea justo.

Se concluye que los SE elegidos podrían ser utilizados de mejor manera como instrumentos para las políticas públicas y faltaría insertar el concepto en los planes y programas educativos, de investigación, de planeación urbana y turística y ambientales.

Queda el reto de equiparar el valor no monetario indirecto con el monetario directo de los SE de provisión, que es muy alto, y gana en las negociaciones donde prevalece la falta de información, sensibilización y cultura ecosistémica de playas y dunas costeras.