

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



**MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS
ÁRIDAS**

**"VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE
DUNAS COSTERAS DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE
ENSENADA, B. C., MÉXICO."**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

SAMANTHA DANNET DIAZ DE LEÓN GUERRERO

Agosto 2015, Ensenada, Baja California

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE DUNAS COSTERAS DEL
CENTRO DE POBLACIÓN DE ENSENADA, B. C., MÉXICO

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS

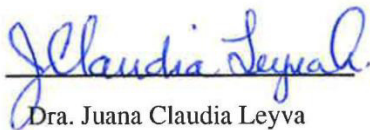
PRESENTA

SAMANTHA DANNET DIAZ DE LEÓN GUERRERO

Aprobado por:



Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal
Directora



Dra. Juana Claudia Leyva

Aguilera

Sinodal



M. C. Bernardino Ricardo

Eaton González

Sinodal



M.C. Sergio Márquez Bello

Sinodal

RESUMEN

Los servicios ecosistémicos (SE) son los beneficios directos e indirectos que los ecosistemas proporcionan al bienestar humano. Las dunas costeras prestan SE, por lo que su remoción genera pérdidas económicas y costos. Las dunas costeras del Centro de Población de Ensenada han disminuido en su cobertura vegetal por tráfico vehicular y peatonal. El objetivo de esta investigación es identificar los SE de las dunas costeras del mundo y de las de Ensenada y valorar monetariamente dos de ellos: desarrollo cognitivo y el hábitat. Para la identificación de los SE a nivel global y local, se revisó la bibliografía en motores de búsqueda internacionales, nacionales y locales. Bibliográficamente se demostró que las dunas costeras a nivel mundial prestan 21 SE de los cuatro grupos: provisión, regulación, culturales y hábitat. La literatura revisada indica que los SE más frecuentes son de provisión (42%) y regulación (29%). En Ensenada, las dunas costeras prestan 13 SE que incluyen los dos de hábitat, dos de regulación, cinco de provisión y cuatro culturales. El valor monetario del SE para el desarrollo cognitivo se estimó con el monto de las becas de tesis de posgrado que estudiaron las dunas costeras de Ensenada lo que resultó en \$2,883,921 pesos mexicanos correspondientes a 224.72 ha (\$12,874/ha equivalente a \$1,041 USD/ha de duna costera de Ensenada). El valor del SE del hábitat se obtuvo a través del costo de la restauración de la vegetación de 2 hectáreas de dunas costeras (\$238,479), requerido para erradicar una planta exótica (*Carpobrotus edulis*) más \$119,239 para rehabilitar un vivero de germinación de plantas nativas. En caso de necesitar restaurar el total de las dunas costeras de todo el área de estudio, se requerirán \$23,843,674 (\$1,927,538 USD), equivalente a \$106,103/ha (\$8,578 USD/ha). La inversión preventiva para la investigación (\$1,041 USD/ha) y la rehabilitación del hábitat (\$8,578 USD/ha), son valores bajos en comparación con las acciones de reemplazo de dunas costeras para el control al disturbio, valorado (\$67,000 USD/ha/año) o con las ganancias del servicio turístico por medio de la renta de motocicletas en Veracruz, México (\$36,000USD/ha/año), actividad altamente destructiva. Dichas ganancias podrían ser usadas en la rehabilitación de dunas costeras, para que estas puedan ser aprovechadas para actividades recreativas en el largo plazo. Dado que resulta más costoso reemplazar los SE de las dunas costeras, se recomienda conservarlas o invertir en su rehabilitación para que puedan brindar todos sus SE. Se presentan algunas recomendaciones como la inclusión de los resultados en la educación ambiental para alcanzar el objetivo de mantener actividades recreativas menos destructivas.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, dunas costeras, valoración económica, valor de hábitat, valor de la ciencia

ABSTRACT

Ecosystem services (ES) are the direct and indirect benefits that ecosystems provide to human wellbeing. Coastal sand dunes provide ES, so their removal promotes economic losses and costs. The Population Center of Ensenada has diminished its coastal dune vegetation cover by vehicular traffic and pedestrian trampling. The aim of this study is to identify the ES provided by coastal sand dunes in the world and Ensenada and propose a valuation method for two of them: cognitive development and habitat. A literature review was conducted on indexed international, national and local journals to identify ES. According to the reviewed literature, coastal sand dunes provide 21 ES from the four groups of ES: provision, regulation, cultural and habitat. The highest proportion of studies proved provisioning and regulating ES (42 and 29%, respectively). Ensenada's coastal dunes has 13 reviewed ES including the two habitat ES, two regulating, five provisioning and four cultural services. The economic value of the cognitive development service, was estimated using the total amount of scholarships of graduate thesis that incorporate Ensenada's coastal dunes on their studies which resulted in \$2,883,921 Mexican pesos corresponding to 224.72 ha (\$12,847/ha equivalent to \$1,041 USD/ha). The value for the habitat ES was obtained through the vegetation restoration cost of 2 hectares of coastal sand dunes. The amount of \$238,479 are required to eradicate an exotic plant (*Carpobrotus edulis*) plus \$119,239 to reproduce native plant species in nurseries. Restoration of the coastal sand dunes throughout the study area, would require \$23,843,674 (\$1,927,538 USD), equivalent to \$106,103 pesos/ha (\$8,578 USD/ha). Preventive investment for research (\$1,041 USD/ha) and habitat rehabilitation (\$8,578 USD/ha), are low values compared to other coastal sand dune replacement activities, such as disturbance control (\$67,000 USD/ha/year) or the revenues from touristic service like motorcycle rentals in Veracruz, México (36,000 USD/ha/year), a highly destructive activity. Those economic gains could be used on the rehabilitation of coastal sand dunes, in order to reach long term recreational activities. Considering that replacement costs for coastal sand dune's ES is more expensive, their conservation or the investment on their rehabilitation is recommended, so they can bring all of their ES. Recommendations are given like the incorporation of these results in environmental education to achieve the objective to keep less damaging recreational activities.

Keywords: ecosystem services, coastal dunes, economic valuation, habitat value, cognitive development value

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para realizar esta investigación.

A mis padres por siempre brindarme más de lo necesario para poder llevar a cabo mis estudios.

A mi comité de tesis integrado por la Dra. Ileana Espejel por su apoyo en la dirección de este trabajo, a la Dra. Claudia Leyva, M. C. Ricardo Eaton y M. C. Sergio Márquez Bello por su apoyo y consejos para el análisis del trabajo.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California.

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Agradecimientos	5
Índice de Figuras.....	9
Índice de Tablas.....	10
I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
I.1. SE de las Dunas Costeras (DC) del mundo	12
I.2. SE de las DC en México.....	12
I.3. Pérdida de los SE de DC en el Mundo	13
I.4. Pérdida de DC y sus SE en México.....	14
I.5. Valor económico de las DC	15
I.6. Costos económicos por la pérdida de DC en México	16
I.7. Descripción del área de estudio.....	17
II. OBJETIVO	19
II.1. Objetivos Específicos	19
III. MÉTODO	20
III.1. Objetivo específico 1. Identificar los SE que prestan las DC a nivel internacional	20
III.2. Objetivo específico 2. Identificar los SE que prestan las DC del CPE, Baja California.	20
II.2.1. SE de las DC del CPE.....	20
III.2.2. Importancia y especificidad de los SE para el CPE	20
III.2.3. Presencia de especies de flora y fauna	21
III.3. Objetivo específico 3. Estimar el valor económico de dos SE que prestan las DC del CPE, Baja California.	21

III.3.1 Información para el desarrollo cognitivo.....	21
III.3.2. Hábitat.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
IV.1. Objetivo específico 1. Identificar los SE que prestan las DC a nivel internacional.	23
IV.1.1. Provisión de materia prima	24
IV.1.2. Provisión de alimento	25
IV.1.3. Provisión de agua	26
IV.1.4. Provisión de recursos medicinales	27
IV.1.5. Provisión de paisaje para el uso militar	27
IV.1.6. Provisión de recursos genéticos	27
IV.1.7. Provisión de recursos ornamentales.....	28
IV.1.8. Regulación a la fertilidad del suelo	28
IV.1.9. Regulación al disturbio.....	28
IV.1.10. Regulación de flujos de agua.....	29
IV.1.11. Regulación de polinizadores.....	30
IV.1.12. Regulación de la Erosión	30
IV.1.13. Regulación de la calidad del aire	30
IV.1.14. Regulación al control biológico y regulación del clima	31
IV.1.15 Culturales: oportunidades para la recreación y el turismo	31
IV.1.16. Culturales: información para el desarrollo cognitivo	32
IV.1.17. Culturales: inspiración a la cultura, el arte y el diseño	32
IV.1.18. Culturales: experiencia espiritual	33
IV.1.19. Culturales: información estética.....	33
IV.1.20. Hábitat de la diversidad genética y mantenimiento del ciclo de aves migratorias	33

IV.2. Objetivo específico 2. Identificar los SE que prestan las DC del CPE, Baja California.	40
IV.2.1. SE de las DC del CPE	40
IV.2.2. Importancia y especificidad de los SE para el CPE.	44
IV.2.3. Presencia de especies de flora y fauna	50
IV.3. Objetivo 3. Estimar el valor económico de dos SE que prestan las DC del CPE, Baja California:	56
IV.3.1. Información para el desarrollo cognitivo	56
IV.3.2. Hábitat	61
V. RECOMENDACIONES DE MANEJO	64
V.1. Aprovechamiento de SE.....	64
V.2 Tendencias de uso	65
V.3. ¿De qué ha servido saber cuántos SE ofrecen las DC?	66
V.4. Aprovechamiento de SE en el CPE.....	67
VI. CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFÍA:	70

Índice de Figuras

Figura 1. Área de estudio de playas y dunas del CPE (tomado de Svenia, 2011).	19
Figura 2. Número de estudios relacionados a la identificación de SE de las DC.	34
Figura 3. Cronología de la publicación de trabajos que comprueban los diferentes SE en comparación con los SE descubiertos.	36
Figura 4. Importancia y especificidad de la provisión de los SE de las DC del CPE	50
Figura 5. Distribución del monto económico real (en pesos mexicanos) de acuerdo a los estudios de posgrado.	60
Figura 6. Comparación cronológica de la inversión real en investigación (pesos mexicanos).	60

Índice de Tablas

Tabla 1. Estudios que valoraron económicamente a los SE de las DC del mundo.....	16
Tabla 2. Tipos de SE identificados de las DC del mundo.....	37
Tabla 3. Relación cronológica de los estudios que comprobaron los distintos SE.....	38
Tabla 4. Resumen de la frecuencia (Frec.) de especies de flora que albergan las DC del área de estudio	53
Tabla 5. Resumen de la frecuencia (Frec.) de especies de fauna que albergan las DC del área de estudio.....	54
Tabla 6. Especies enlistadas en la NOM-059	55
Tabla 7. Obtención de beca total en valor nominal y valor real.....	57
Tabla 8. Inversión real (pesos mexicanos) calculados por zona.	59

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El concepto más utilizado de servicios ecosistémicos (SE) se propuso en Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), donde se definen como los beneficios que las personas obtienen a partir de los ecosistemas. Recientemente de Groot *et al.* (2010), basados en los antecedentes (de Groot, 1992; Costanza *et al.*, 1997; MEA, 2005), definieron a los SE como contribuciones directas e indirectas que los ecosistemas proporcionan al bienestar humano.

Existen diferentes clasificaciones de SE de las cuales destacan las propuestas por Costanza *et al.* (1997), de Groot *et al.* (2002), MEA (2005) y de Groot *et al.* (2010): sin embargo difícilmente son comparables entre sí debido a sus diferencias en la agrupación. La clasificación más reciente (Groot *et al.*, 2010) está basada en los antecedentes y propone cuatro categorías para los SE: 1) de provisión (alimento para personas y ganado, recursos minerales, maderables, medicinales, genéticos y ornamentales), 2) de regulación (del clima, de flujos del agua, tratamiento de desechos, purificación del aire, prevención al disturbio, a la erosión, polinización, fertilidad del suelo y control biológico), 3) de hábitat (mantenimiento el ciclo de vida de aves migratorias y de la diversidad genética) y 4) culturales y amenidades (información estética, oportunidades de recreación y turismo, inspiración a la cultura, arte y diseño, experiencia espiritual e información para el desarrollo cognitivo). A diferencia de MEA (2005), se omitieron los SE de soporte, como el ciclo de nutrientes o dinámicas de cadenas tróficas dado que son un subconjunto de los procesos ecológicos, que no son beneficios directos al ser humano, y que de Groot *et al.* (2010) reemplazaron con los SE de hábitat.

Para esta tesis se seleccionó la clasificación de de Groot *et al.* (2010) por que considera los antecedentes y homologa su clasificación con la de MEA (2005), una de las más populares debido a que fue impulsada para educar a un público diverso (Fisher *et al.*, 2009).

Existen diferentes tipos de unidades en las que se puede expresar un SE. Para este caso, el uso de unidades monetarias tiene mayor factibilidad de uso para la toma de decisiones. Además es un común denominador, debido a la conveniencia en entendimiento y uso, conjuntamente con otros tipos de capital (Costanza *et al.*, 2014)

I.1. SE de las Dunas Costeras (DC) del mundo

A nivel mundial se ha identificado que las DC ofrecen diversos SE. Everard *et al.* (2010) y la Evaluación de Ecosistemas Nacionales de Reino Unido (UK National Ecosystem Assessment, 2011) demostraron que proveen casi todos los SE que se conocen. Ejemplo de ello es la provisión de agua, alimento, carne y piel tanto de ganado como de conejos, hongos silvestres, paja, fibras (lana del ganado, madera y pastos para tejer tapetes y cestería), minerales (arena y metales pesados), especies adaptadas a diversos tipos de estrés, recursos medicinales, ornamentales (como flores, conchas, etc.), así como sitios idóneos para el uso militar e industrial como la minería. También son ecosistemas que regulan el aire a través del sumidero de nitrógeno y otras partículas, el clima es regulado mediante el secuestro de carbono y proveen defensa costera (protección a tormentas y otros eventos extremos). Ofrecen la purificación y el tratamiento de desechos del agua por su capacidad para la formación de acuíferos poco profundos, polinización de cultivos, formación del suelo y hábitat para muchas especies dada la diversidad genética y zonas de descanso para aves migratorias. Los SE culturales que aportan son la recreación y el turismo, escenarios estéticos e inspiración al arte como la pintura, la escultura y la literatura, son sitios religiosos o con significado cultural, ofrecen oportunidades para el ejercicio físico y son un recurso educacional y científico. Proveen SE curiosos como agua con nutrientes provenientes de los remanentes de algas y de la aspersion salina acumulada en la arena que ha mejorado la producción de Sake en Japón (Kaneko *et al.*, 2013).

I.2. SE de las DC en México

Hay tres trabajos donde se identificaron los SE de las DC en México. En la estación biológica "La Mancha", Actopan, Veracruz, Moreno-Casasola y Paradowska (2009)

reportaron 55 especies útiles para la provisión de materiales de construcción de casas, postes y cercas vivas, leña, alimento y elaboración de muebles. También identificaron SE como la protección contra el viento durante "nortes", estabilización de arena que evita su invasión en cultivos y caseríos, así como SE de hábitat al dar alimento y refugio a la fauna existente. En las DC de Yucatán, Deppe y Rotenberry (2008), mencionan que proveen distintos tipos de hábitats para aves migratorias.

El valor monetario de los SE ha sido menos estudiado en las DC, pues sólo se conoce el trabajo de Mendoza-González *et al.* (2012) quienes demostraron que en Veracruz, los SE de regulación al disturbio son valorados en \$67,874 USD/ha/año y las actividades recreativas en \$12,585 USD/ha/año. Concluyen estos autores que los valores de SE de DC son más elevados en comparación con los SE de los manglares, que fueron los ecosistemas que en ese trabajo obtuvieron el segundo lugar en valor económico (valorados en tan solo \$11,793 USD/ha/año).

En Baja California, las DC de El Socorro en el poblado de San Quintín, proveen de hierro, el cual ha remunerado a los ejidatarios con \$5 USD por tonelada extraída (Rodríguez-Revelo *et al.*, en prensa). Por sus características granulométricas, se sabe que es un sitio potencial de explotación de cuarzo y feldespato, que son más valiosos que el hierro (Rodríguez-Revelo *et al.*, 2014). La venta de estos minerales no ha sido valorada económicamente.

I.3. Pérdida de los SE de DC en el Mundo

El desarrollo desordenado de obras y actividades humanas, alteran los ecosistemas de DC y su funcionamiento, lo que conduce a la pérdida de SE que ofrecen (SEMARNAT, 2013). Las DC del mundo han reducido su cobertura neta, su dinámica y su biodiversidad debido a la fragmentación del hábitat por construcción de casas, el tráfico de vehículos, hasta el grado de abatimiento total por los desarrollos turísticos, residenciales, infraestructura portuaria o parques recreativos (Martínez y Psuty, 2004; Doody, 2013).

La urbanización en las costas de España, dado el surgimiento del turismo en las décadas de 1960 y 1970, provocó la destrucción de muchos sistemas de DC (Gómez-Piña *et al.*, 2002) y con ello la pérdida de los SE que brindaban. Doody (2013) mencionó que la pérdida de vegetación de DC en ciudades promovió su erosión, que a su vez implicó la invasión de arena en las zonas urbanas. Las invasiones de arena frecuentemente provocan accidentes automovilísticos, salinización del suelo y constante gasto en limpieza de arena.

En Bulgaria, las DC se han reducido a la mitad debido al desarrollo turístico de finales de 1990, el cual continúa (Stancheva *et al.*, 2011). En dicho estudio demostraron que la urbanización en la costa compuesta de hoteles, residencias, calles, estacionamientos y demás infraestructura, representan la principal causa de pérdida de DC (aunque también fue provocada por factores como el insuficiente aporte de sedimento, procesos comúnmente alterados antropogénicamente). Además, estos autores señalaron que las DC ubicadas en zonas de crecimiento urbano tienden a no regenerarse por sí mismas, lo que implica la pérdida permanente de SE. El aprovechamiento del SE recreativo puede degradar al ecosistema, al grado de provocar su pérdida irreversible.

La pérdida de DC puede ser causada también por el aprovechamiento del SE de provisión de minerales, reportado por Thornton *et al.* (2006), quienes estimaron en un 50% la pérdida anual de arena de las DC de Monterrey, California durante el periodo de 1940 a 1984. En este trabajo también relacionaron los periodos de mayor erosión con la ocurrencia de El Niño, sin embargo al dejar de extraer arena, la erosión disminuyó. Por lo tanto, el aprovechamiento excesivo de un SE puede ocasionar la pérdida de los otros SE, como el de regulación a la erosión, la protección o defensa costera, el hábitat, etc.

I.4. Pérdida de DC y sus SE en México

En México se perdió el 14.2% de la cobertura vegetal de DC (equivalente a 25,900 ha), entre 1976 a 2000 (Seingier *et al.*, 2009). Particularmente en el Golfo de México,

Pacífico Sur y en la península de Yucatán, hubo mayores pérdidas, las cuales se relacionaron al uso agropecuario y a la urbanización para el turismo.

Como ejemplos regionales publicados, se sabe que en el estado de Veracruz, las DC han sido transformadas debido a la extracción de leña y el uso ganadero, sin embargo aún queda el único manchón conservado, de 0.96 ha de la reserva del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (CICOLMA) del Instituto de Ecología, A. C. (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). En la península de Baja California en el periodo de 1976 a 2000, se perdió el 4.6 % de las DC (2,500 ha) debido a su utilización como pista de vehículos y por la construcción de casas habitación (Seingier *et al.*, 2009). A nivel local un ejemplo son las DC en la ciudad de Ensenada que han disminuido en su cobertura vegetal debido al pisoteo de la vegetación por tráfico vehicular y peatonal (Rosas-Gómez, 2008; Svenia, 2011) así como a la desviación de flujos de arena por la construcción de obras de protección costera en la desembocadura del arroyo El Gallo (Peynador y Méndez-Sánchez, 2010).

I.5. Valor económico de las DC

En la tabla 1 se muestran algunas valoraciones económicas de SE en DC. Por ejemplo, Brenner *et al.* (2010) demostraron que las playas y DC de Cataluña son los ecosistemas que ofrecen los SE de mayor valor (\$104,146 USD/ha/año), resultado de su contribución en el control a disturbios (\$67,400 USD/ha/año) y su valor estético y recreativo (\$36,687 USD/ha/año). En la revisión bibliográfica de Barbier *et al.* (2011) sobre los SE costeros, por medio de valoraciones preferenciales, valoraron el SE del control de erosión por el monto que la gente está dispuesta a pagar para preservar la playa de Maine y Nuevo Hampshire (\$4.45 USD/ casa cercana a la DC) y el SE recreativo por medio del costo de viaje (de \$166 a \$1,574 USD/ por visitas al año) en Carolina del Norte. También Pérez-Maqueo *et al.* (2013) en su revisión demostraron que los SE más estudiados en DC son los recreativos, culturales, estéticos y regulatorios como el de protección. Este último SE resultó con el valor económico más alto que fue de \$36,202 USD/ha/año.

Tabla 1. Estudios que valoraron económicamente a los SE de las DC del mundo.

Referencia	Lugar	Técnica	Hallazgo en DC	Valor económico
Alves <i>et al.</i> (2009)	Portugal	Transferencia de valor	Representan el 37% del valor total de los SE. Ecosistema más propenso a perderse debido a la erosión costera.	302.44 €/ha/año por todos sus SE, equivalente a \$399.83 USD/ha/año
Brenner <i>et al.</i> (2011)	Cataluña	Transferencia de valor	Ecosistemas con mayor valor de SE.	\$104,146 USD/ha/año resultado de \$67,400 USD/ha/año del control de disturbio y \$36,687 USD/ha/año por su valor estético recreativo.
Barbier <i>et al.</i> (2011)	Nuevo Hampshire, Maine y Carolina del Norte	Artículo de revisión	El SE del control de erosión fue estimado por el monto que la gente está dispuesta a pagar para preservar la playa y DC. El SE recreativo se calculó con lo que están dispuestos a pagar por un viaje.	\$4.45 USD por cada casa cercana a la DC para el control de erosión. Costo por viaje de \$166 a \$1,574 USD por visitas al año.
Mendoza-González <i>et al.</i> (2012)	Veracruz	Transferencia de valor	Los SE de las DC poseen los valores más elevados.	\$80,459 USD/ha/año resultado de \$67,874 USD/ha/año por control al disturbio y \$12,585 USD/ha/año por recreación.
Pérez-Maqueo <i>et al.</i> (2013)	Global	Artículo de revisión	El valor del SE de protección es el más alto. La literatura se ha enfocado a estudiar mayormente SE recreativos, estéticos y de protección.	Valor estético promedio de \$6,212 USD/ha/año, valor recreativo promedio de \$10,290 USD/ha/año y valor de protección promedio \$36,202 USD/ha/año.

I.6. Costos económicos por la pérdida de DC en México

La remoción o modificación de las DC ha generado costos con implicaciones sociales, económicas y ecológicas. Por ejemplo, Cancún, Quintana Roo, es un caso que representa todo el dinero invertido por la pérdida de SE por la remoción de las DC. En la península de Quintana Roo, se redujo el 28.4% de vegetación de DC (igual a 4400 ha) en el periodo de 1976 a 2000 (Seingier *et al.*, 2009) debido al aumento de los desarrollos turísticos. Después del huracán Wilma en 2005, se perdieron \$18,258 millones de pesos (equivalente a \$1,700 millones de USD según el tipo de cambio de \$10.74 pesos mexicanos por USD el 16 de diciembre de 2005) por los desastres

causados (García *et al.*, 2006). El monto fue cubierto por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) del país (SEMARNAT, 2013; García *et al.*, 2006). En el año 2006 se generó un gasto adicional de \$650 millones de pesos para el relleno de playas derivado de la reducción del sistema de playa-DC (Mendoza *et al.*, 2015). Sin embargo, este gasto es inútil, al no haber forma de retener la arena en las DC, la alimentación artificial de playas no es una solución permanente pues requiere gasto inicial y costos de mantenimiento (Guido *et al.*, 2009). Con la conservación de las DC se hubiesen evitado gastos de implementación y mantenimiento de la alimentación artificial de arena.

I.7. Descripción del área de estudio

El Centro de Población de Ensenada (CPE), ubicado en la Bahía de Todos Santos, aun conserva DC. Estas han sido estudiadas por diversos autores, de los cuales uno de los más recientes las zonificó CONALEP-La Lagunita, El Ciprés, porción norte y porción sur de DC del Estero de Punta Banda (EPB) (Svenia, 2011). Los primeros dos sitios con DC se ubican en la playa municipal (PM) del CPE y los últimos dos sitios se encuentran en la barra arenosa del EPB (Figura 1).

La cobertura vegetal de las DC de la PM del CPE ha fluctuado positiva y negativamente. De 1979 a 1998 se redujo en 65%, de a 41.98 a 14.6 ha (Jiménez-Esquivel, 2010) debido al aumento de actividades humanas. En 2011, el sitio de DC de CONALEP-La Lagunita contó con 13.21% de vegetación contenida en 30.29 ha de cobertura de DC (equivalente a 4 ha) y El Ciprés, con 58.69% de vegetación en un total de 31.25 ha de DC (equivalente a 18.34 ha) (Svenia, 2011). Con estos resultados, se asume que en 2011 se incorporaron 7.74 ha de vegetación de DC debido a que se registraron 4 y 18.34 ha (lo que suma a 22.34 ha) de vegetación en CONALEP-La Lagunita y El Ciprés durante 2011, cuando en 1998 Jiménez-Esquivel (2010) reportó 14.6 ha de cobertura vegetal en la misma área.

El sitio de DC CONALEP-La Lagunita aún recibe presión por tránsito peatonal y vehicular debido a su accesibilidad por la cercanía a la ciudad y falta de medidas de

manejo y conservación (Svenia, 2011). Peynador y Méndez-Sánchez (2010) demostraron que la celda litoral a la que pertenece este sitio de DC está en un proceso de erosión ya que observaron la pérdida de 82,000 m² de arena desde 1985 a 2005. Los autores sugieren que el periodo de mayor erosión se debió a tormentas como las del fenómeno del Niño ocurrido en 1998. Aunado a esto, el aporte de sedimentos en el último periodo evaluado disminuyó ya que de 1985 a 1993 se aportó nueve veces más superficie de arena (18,779.42 m²/año) en comparación de 2003 a 2005 (2,915.24 m²/año). Dicha disminución se debió a la desviación del aporte de arena del arroyo El Gallo, cuando se amplió en 243,129.19 m² la superficie del puerto, al sur del espigón.

Svenia (2011) encontró que los sitios El Ciprés y la porción norte de las DC del EPB, mantienen más de la mitad de sus sistemas con vegetación debido a la baja frecuencia de visitantes y vehículos, pues cuentan con acceso controlado (por la zona militar y zona residencial, respectivamente). Por el contrario, la porción sur de la barra del EPB, sólo cuenta con 19.01% (en 43.4 ha de cobertura de DC) de vegetación debido a que el 53.57% de la cobertura de DC se destinó a zona residencial (Svenia, 2011).

De acuerdo a Peynador y Méndez-Sánchez (2010) se cree probable que la construcción de más espigones intensificará la erosión del remanente de playas y DC del CPE. Como consecuencia se perderán los SE que proveen, los cuales previenen costos como la protección costera y la restauración del sistema tal como sucedió en Cancún, Quintana Roo. De igual manera, si se pierden los SE como el hábitat de aves migratorias, disminuirían otros SE derivados como el avistamiento de aves para fines recreativos, de investigación y educación ambiental. Si sucediera lo anterior, se perdería un sitio recreativo para residentes y visitantes de Ensenada, quienes caminan, nadan, se asolean (Rosales-Ortíz, 2006), descansan y juegan en la arena (Rosas-Gómez, 2008).

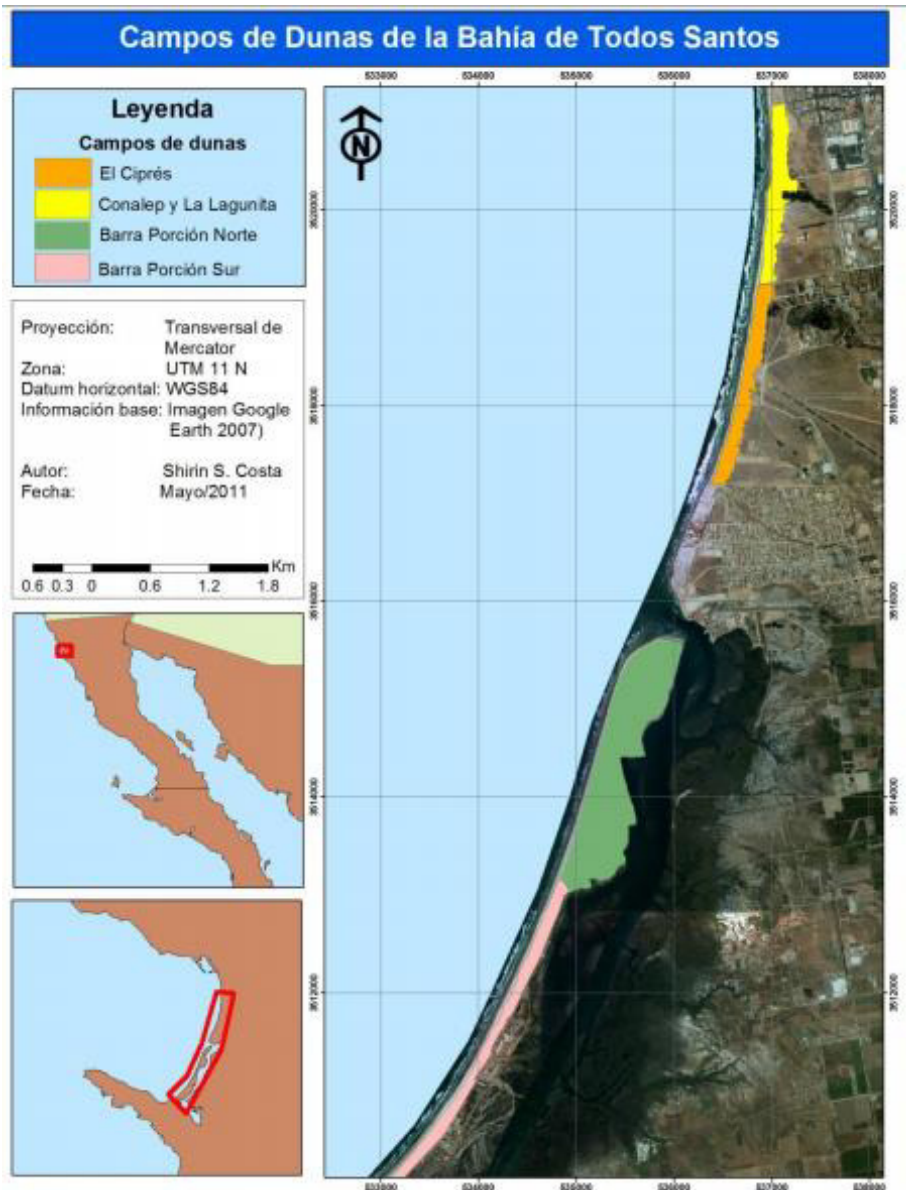


Figura 1. Área de estudio de playas y dunas del CPE (tomado de Svenia, 2011).

II. OBJETIVO

Valorar los SE de las DC del mundo y del CPE, Baja California, México.

II.1. Objetivos Específicos

1. Identificar los SE que prestan las DC a nivel internacional.
2. Identificar los SE que prestan las DC del CPE, Baja California, México.
3. Estimar el valor económico de dos SE que prestan las DC del CPE, Baja California: a) la información para el desarrollo de la cognitivo y b) el hábitat.

III. MÉTODO

III.1. Objetivo específico 1. Identificar los SE que prestan las DC a nivel internacional

Se recopiló información bibliográfica de revistas indizadas referente a los SE de las DC en el mundo. En motores de búsqueda (a través de la Universidad Autónoma de Baja California o UABC) como *Google Scholar*, *PNAS*, *Science Direct*, *Springer Link*, entre otras, se buscaron artículos con palabras claves de cada uno de los SE según la clasificación propuesta por de Groot *et al.* (2010) (por ejemplo "alimento", "materia prima") seguido de "dunas costeras". Sólo en *Google Scholar* se utilizaron palabras en inglés y en español, en las demás se usaron palabras en inglés. Se enlistaron los SE de acuerdo a la clasificación seleccionada.

III.2. Objetivo específico 2. Identificar los SE que prestan las DC del CPE, Baja California.

III.2.1. SE de las DC del CPE.

Para encontrar los SE de las DC del CPE se utilizaron los motores de búsqueda bibliográficos y se identificaron artículos indizados que evidenciaron los SE en el área de estudio. También se consideraron tesis de licenciatura y posgrado consultadas en la base de datos de la UABC.

III.2.2. Importancia y especificidad de los SE para el CPE

Con información local se determinó si cada uno de los SE (presentes o no) son importantes o específicos de las DC del CPE de acuerdo al método de Everard *et al.* (2010). El número 3 significó que localmente son muy importantes, 2 medianamente importantes y 1 de baja importancia. Para la especificidad del SE, el número 3 explica que las DC son el único o el mejor ecosistema que proveen el SE en la localidad, 2 es cuando el SE es provisto con la misma calidad por DC y otros ambientes y 1 es cuando otro ecosistema provee el SE con mayor intensidad o calidad en relación a las DC.

III.2.3. Presencia de especies de flora y fauna

En los trabajos locales consultados, se revisaron los listados de especies para las distintas porciones de DC del CPE. En este segmento se señaló cual es la zona con mayor o menor número de especies invasoras, con presencia de especies enlistadas en la NOM-059 y aquella zona prioritaria a conservarse, con base a la calidad de especies contenidas.

III.3. Objetivo específico 3. Estimar el valor económico de dos SE que prestan las DC del CPE, Baja California.

III.3.1 Información para el desarrollo cognitivo

Para valorar el SE de información para el desarrollo cognitivo o de la ciencia, se calculó el monto de las becas otorgadas por CONACYT a todas las tesis de posgrado terminadas que incidieron en las DC del CPE. Cada trabajo ha beneficiado a investigadores (alumnos y profesores) e implicado un gasto que el gobierno mexicano ha realizado para impulsar el desarrollo científico y obtener información de las DC del CPE.

Se recopilaron todas las tesis que estudiaron las DC del CPE. El tabulador de Reglas de Operación de los Programas del CONACYT, muestra que las tesis de especialidad reciben beca de 4 salarios mínimos diarios por 12 meses, maestría con 4.5 salarios mínimos diarios por 24 meses y doctorado, con 6 salarios mínimos diarios por 36 meses. Dichos datos fueron calculados por el salario mínimo del año de titulación. Se revisaron las tesis de licenciatura, aunque no se incluyeron en la valoración por no tener una manutención preestablecidos por CONACYT, sólo se utilizaron como referencias bibliográficas. Para cada trabajo, se consultó el salario mínimo anual general en la Tabla de Salarios Mínimos Generales y Profesionales del área geográfica "A", publicada por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI).

La valoración con salarios procedentes de distintos años, imposibilita su comparación objetiva. Para hacer posible esa comparación, se deflactaron los valores nominales obtenidos para las tesis de cada fecha (por ejemplo 1999, 2001, 2010) para

transformarlos a valores reales del 2010, de acuerdo al Índice de Precios al Consumidor (IPC) obtenido del Banco de México (BANXICO) para la segunda quincena de diciembre del 2010.

La fórmula de deflactación utilizada es: $VRx = (VNx/IPC) * 100$

En donde:

VRx = Valor Real del año 2010

VNx = Valor Nominal del año x

IPC = Índice de Precios al Consumidor (deflactor)

Para un mayor rango de comparación (internacional), se realizó un cambio de los montos a USD del 2010 (año base utilizado). El tipo de cambio encontrado fue de \$12.37 pesos mexicanos por \$1 USD para la segunda quincena de diciembre de 2010.

El gasto total de la tesis se sumó para obtener el valor de investigación. Con esta información se propuso una forma de calcular el valor económico que implica la investigación de DC del CPE.

III.3.2. Hábitat

La valoración económica del SE de hábitat, comúnmente se obtiene de los gastos gubernamentales para restaurar la dinámica natural de la DC (Pérez-Maqueo *et al.*, 2013). El valor económico se obtuvo por medio del costo de la restauración de la vegetación nativa para evitar su desaparición.

La restauración se basó en el gasto público para un proyecto de recuperación del hábitat de las DC del EPB. El proyecto se otorgó en el año 2014 a Pro Esteros A. C., quienes recibieron \$238,479.17 pesos para reforestar 2 ha de DC y erradicar *Carpobrotus edulis*, más \$119,239.59 de pesos para rehabilitar un vivero de germinación de plantas nativas. *C. edulis* es una planta exótica de crecimiento rápido y agresivo que ha desplazado a la vegetación nativa de las DC (Rosas-Gómez, 2008; Svenia, 2011) por lo que su control es prioritario (Pro Esteros A. C., 2005). Este gasto

fue necesario para la certificación de la porción norte de la barra arenosa del EPB como playa limpia de conservación de acuerdo a la norma de CONAGUA NMX-AA-120-SCFI-2006.

Para obtener el cálculo del costo de una posible restauración de todas las DC, se utilizaron los datos más recientes de Svenia (2011). Al sobreponer los polígonos de Svenia (2011) sobre una fotografía de *Google Earth* actual (con fecha de 1/24/2014), no se notaron cambios de uso de suelo. Este ejercicio muestra que las DC del CPE cubren 224.72 ha distribuidas en 30.29 ha en CONALEP-La Lagunita, 31.25 ha en El Ciprés, 119.78 ha en porción norte y 43.40 ha en porción sur de la barra arenosa del EPB. El gasto de restauración por hectárea (\$119,770 de pesos/ha), se multiplicó por la superficie del total de DC. Este valor nominal se transformó a valor real de 2010 y posteriormente en USD, del año 2010.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Objetivo específico 1. Identificar los SE que prestan las DC a nivel internacional.

Las 48 referencias indican que las DC en diferentes partes del mundo ofrecen 21 de los 23 SE identificados por de Groot *et al.* (2010). La oferta de casi todos los SE es una prueba de su relevancia con respecto al bienestar humano. Los SE de provisión y los de regulación representaron el 42% y 29% respectivamente, del total de estudios evaluados, debido a la contribución de trabajos que comprobaron la provisión de materia prima y de alimento así como la regulación de la fertilidad del suelo y al disturbio. En menor grado se identificaron los SE de regulación de flujos del agua, polinización, tratamiento de desechos, de la erosión y de la calidad del aire; provisión de agua, recursos medicinales, espacio para el uso militar, recursos genéticos y ornamentales; SE culturales como la recreación y turismo, conocimiento, inspiración a la cultura, el arte y el diseño, experiencia espiritual e información estética; brindan hábitat para la diversidad genética y espacio de descanso para aves migratorias

(Figura 2). Sólo los SE de regulación de la calidad del clima y el control biológico no fueron identificados en la literatura científica de DC.

IV.1.1. Provisión de materia prima

La provisión de materia prima destacó debido a que la minería en playas y DC es una actividad ejercida históricamente en diversas partes del mundo. Fue el SE de DC más documentado, dada su relevancia en su uso para la construcción de herramientas, infraestructura urbana, equipos electrónicos y maquinaria, en general. En Turquía se extrajo carbón mineral, cobre, hierro, cromo (Van der Maarel, 1997), mientras que en Sudáfrica se extrajo circón, ilmenita y rutilo (Van Aarde *et al.*, 2004). La minería en Monterey, California por más de 80 años ha causado erosión en la DC (Thornton *et al.*, 2006). En las DC de El Socorro, B. C., los ejidatarios venden arena a \$5 USD/tonelada para la extracción de hierro en donde a la fecha se ha explotado en 600 m de DC (Rodríguez-Revelo, en prensa), sin embargo es un sitio potencial de explotación de cuarzo y feldespato que son más valiosos que el hierro (Rodríguez-Revelo *et al.*, 2014). En Nueva Zelanda las DC proveen de espacio para actividades agrícolas y forestales (Hesp, 2002). Se coincide con Everard *et al.* (2010) en incluir como referencia a Van Aarde *et al.* (2004), lo que indica la escasez de información sobre el tema, a pesar de que en el presente trabajo este SE contó con el mayor número de referencias.

Los países desarrollados como Estados Unidos (Thornton *et al.*, 2006) y Australia (Brewer y Whelan, 2006), pese a que históricamente explotaron sus DC desde 1909 y 1940, prohibieron la extracción de arena por los impactos negativos, como la erosión y modificación de la distribución de las especies. Estas actividades también pueden contribuir en la pérdida de los demás SE de las DC. La fuente de nuevo sedimento por parte de arroyos y cantiles es limitada, por lo que si esta cantidad es menor a la que se extrae, habrá un decremento en el banco de sedimento, contenida en la DC (Doody, 2013). Turquía (Van der Maarel, 1997), Sudáfrica y más reciente en México (Rodríguez-Revelo *et al.*, 2014) son países en vías de desarrollo que permiten la minería, y en el último caso, esta actividad es prioritaria sobre la conservación de zonas que ofrecen múltiples usos y beneficios, como las DC. México depende principalmente

de actividades primarias, por lo que la extracción minera, resulta más importante que la conservación de DC junto con los demás SE que presta. Otros países en vías de desarrollo también dependen directamente de los SE de provisión y necesitan aplicar medidas de manejo para aprovechar sus recursos en el largo plazo. La condición económica de los países desarrollados, les permite resguardar sus recursos por medio de la conservación y comprar minerales a los países en donde aún es legal la minería en DC.

IV.1.2. Provisión de alimento

Como parte de los recursos alimenticios se documentó la extracción de hongos *matsutake* entre la zona de pinos del Área Recreativa de Dunas Nacionales en Oregon, E.U.A., actividad que está regulada límite de permisos (Pliz y Molina, 2002). En el suroeste de India se observó el uso de plantas del género *Canavalia* que son fuente de proteínas, carbohidratos, aminoácidos y ácidos grasos (Sridhar y Bhagya, 2007). Las DC resultan un medio útil para los cultivos de halófitas (plantas resistentes a la salinidad) comestibles como las del género *Salicornia* y *Sarcocornia* en Israel (Ventura y Sagi, 2013). En la actualidad el pastoreo controlado promueve la riqueza de especies de las DC (Damgaard *et al.*, 2013) lo cual implica una condición gana-gana o de beneficio mutuo, ya que se engorda el ganado y se maneja el ecosistema en una misma acción. Ya era sabido que los pastos de las DC alimentan a conejos y ganado lo cual contribuye en el aprovechamiento de pieles y lana para la fabricación de ropa calzado (Everard *et al.*, 2010) otra condición gana-gana.

Como referencias en común están las de Baeyens y Martínez (2004), los cuáles bajo el contexto de Everard *et al.* (2010) describieron la importancia histórica de la caza y recolección de vegetales comestibles en las DC de Europa. En el presente trabajo, dichos autores se referenciaron con la evidencia del SE militar. La razón por las que estos autores mencionaron más de un SE es debido a que revisaron los trabajos de DC que contemplan las actividades humanas asociadas.

La provisión de otros recursos como el agua, recursos genéticos, medicinales y el uso militar no dejan de ser importantes, sin embargo no fueron bibliográficamente relevantes dado que presentaron menor número de investigaciones en relación a la provisión de materia prima y alimento.

IV.1.3. Provisión de agua

Se observó que las DC proveen agua a comunidades de España (Mottier *et al.*, 2000) y Argentina (Carretero y Kruse, 2012). En Japón, el agua extraída a partir de DC mejora la producción de Sake ya que a diferencia de los otros acuíferos, contiene remanentes de algas y la aspersion salina acumulada (Kaneko *et al.*, 2013). Everard *et al.* (2010) identificaron la provisión de agua para consumo humano en Europa (Holanda, Alemania y Dinamarca) y para el riego de campos de golf en Reino Unido. El uso cada vez mayor de este SE en diferentes países, es debido al reconocimiento de la obtención de agua a partir de las DC. El aumento de la población a nivel mundial, es otra razón por la que se necesita recurrir a nuevas fuentes de agua potable ya que la mayoría de los acuíferos están sobreexplotados. La utilización de este recurso es un tema de importancia dada la escasez actual del agua, aunado a cuestiones de cambio climático que podrían intensificar los eventos de sequía. El recurso se optimizaría al recargar los acuíferos con aguas tratadas, como fue reportado en Bélgica (Van Houtte *et al.*, 2005). De esta manera, en la medida de que se extrae el agua y se reinyecten aguas tratadas, se aprovecha también el SE regulatorio del tratamiento de desechos. Conforme las ciudades crecen, el aumento de la demanda de agua se debe prevenir por medio de soluciones que permitan la optimización de su aprovechamiento. La recirculación del agua y las prácticas que promuevan la eficiencia del recurso, optimizarán el uso del agua, aunque este sea escaso en una ciudad.

El aprovechamiento de cualquier SE de provisión está en función del grado de la extracción del recurso. En el caso del agua, su aprovechamiento descompensará a otros usuarios, como la vegetación que depende del mismo recurso (Doody, 2013). Por lo tanto el aprovechamiento de los SE de provisión impacta en la flora y fauna existente.

IV.1.4. Provisión de recursos medicinales

Las civilizaciones en la India han utilizado plantas con propiedades medicinales y farmacológicas (Bhagya y Sridhar, 2009). Tanto Everard *et al.* (2010) como el presente trabajo reconocieron el uso de la planta cardo de mar (*Eryngium maritimum*), ya que en la actualidad continúa la investigación de esta especie debido a su actividad antiséptica, contenido de polifenoles y flavonoides con antioxidantes (Kholkhal *et al.*, 2012). Al ser designada a protección debido a su escasez, su extracción está prohibida por lo que se han desarrollado métodos para continuar el uso de esta especie (Kikowska *et al.*, 2014).

IV.1.5. Provisión de paisaje para el uso militar

Dado que Everard *et al.* (2010) reportó el uso militar como SE de provisión, el presente trabajo también lo consideró así, ya que permitió el avistamiento de barcos provenientes hacia Europa durante la Segunda Guerra Mundial (Baeyens y Martínez, 2004). En algunas porciones actualmente hay prácticas militares (de tiro y vehiculares), por lo que se sujetan a restricciones de acceso que promueve la conservación del ecosistema. Algunas DC de Reino Unido son Áreas de Protección Especial y Sitios Especiales de Interés Científico (Jones *et al.*, 2011) dada su calidad ecológica. El aprovechamiento de éste SE es compatible con el SE del hábitat y con el SE de la información científica, situación considerada como gana-gana-gana.

IV.1.6. Provisión de recursos genéticos

Sólo una investigación consideró este SE, donde se identificó la diversidad genética de una especie de pastos de DC de Holanda (Hol *et al.*, 2008) lo cual demuestra la estabilidad de dicha población. Actualmente continúan los hallazgos en usos medicinales en DC (Kholkhal *et al.*, 2012; Kikowska *et al.*, 2014), por lo que la evaluación de las propiedades farmacológicas y genéticas pueden ofrecer un nicho de estudio en la búsqueda de mejores medicamentos. Everard *et al.* (2010) no reportó la explotación de recursos genéticos. La literatura no contempla los genes de DC potencialmente útiles en la agricultura transgénica para replicar la resistencia a los

sustratos con baja retención de humedad o para rebrotar después del enterramiento. Los genes que confieren la resistencia a la salinidad podrían permitir cultivos en zonas salinizadas, condición constante para las zonas cercanas a la costa. Si se estudiaran exhaustivamente la serie de genes que permiten las adaptaciones de las especies a las DC, podríamos conservar la información contenida en ellos y su aplicación biotecnológica.

IV.1.7. Provisión de recursos ornamentales

En Veracruz, México la vegetación de DC se utiliza para la construcción de palapas, casas, postes, cercas vivas y elaboración de muebles (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). En playas y DC a nivel mundial, se identificó también el uso de materiales accesibles para la construcción de atractivos turísticos como palapas (Doody, 2013). La extracción excesiva del material puede acabar con la vegetación, sin embargo con el conocimiento del ciclo de vida de las plantas de interés, las personas podrían manejar el recurso sin agotarlo en el largo plazo. De esta forma se podría aprovechar el SE del conocimiento de las funciones ecológicas de las especies de interés y sus interacciones, así como el aprovechamiento racional de los SE de provisión, lo que promueve situaciones gana-gana.

IV.1.8. Regulación a la fertilidad del suelo

El mantenimiento a la fertilidad del suelo fue el SE regulatorio más reconocido, con menciones que datan desde hace más de 20 años hasta épocas recientes. La fertilidad del suelo se comprobó con la acumulación de materia orgánica y nutrientes en DC que promueven la sucesión del hábitat en Irlanda (Wilson, 1987), Escocia (Read, 1989), Europa (Sevink, 1991) y recientemente en Estados Unidos (Tackett y Craft, 2010). Sevink (1991) se referenció también en el trabajo de Everard *et al.* (2010).

IV.1.9. Regulación al disturbio

Desde que existe interés por el cambio climático, se estudió el SE de regulación a disturbios como huracanes e inundaciones por elevación del nivel del mar en DC de España (Brenner *et al.*, 2010) y México a nivel nacional (Seingier *et al.*, 2009) como un

caso regional en Veracruz (Mendoza-González *et al.*, 2012). La prevención al disturbio también fue reconocido por Everard *et al.* (2010). En la última década, éste SE cobró importancia debido a las predicciones de la elevación del nivel del mar así como el aumento en la intensidad de tormentas debido a los efectos del cambio climático. Sus valores económicos son los más altos, en comparación con los demás SE costeros (Brenner *et al.*, 2011; Mendoza-González *et al.*, 2012; Pérez-Maqueo *et al.*, 2013) ya que contribuyen con el ahorro de estructuras de protección costera, lo cual es un ganancia entre la economía local y la conservación. Quizás esta fue una de las razones por las que los actores del Golfo de México reconocieron principalmente este SE en las DC (Yoskowitz *et al.*, 2010; Hutchinson *et al.*, 2015). El estudio de este SE es un reflejo de costos que han tenido que enfrentar los países para la protección costera, como los costos evaluados en Cancún, Quintana Roo. Los países más pobres son los más vulnerables ante el riesgo por desastres naturales, por lo que requieren medidas de adaptación que incluyan la restauración de ecosistemas claves en la protección, como las DC.

En dos talleres sectoriales llevados a cabo en la costa del Golfo de México se observó que en el primero (en Mississippi) se percibió un menor número de SE que ofrecen las DC (siete de 19 SE que conocen) (Yoskowitz *et al.*, 2010) en comparación con el segundo caso en Texas (donde reconocieron 11 de 23 SE) (Hutchinson *et al.*, 2015). En ambos casos destacaron el SE de regulación al disturbio, el valor estético y la ciencia y la educación en la DC. Esto puede estar relacionado con la experiencia después del huracán Sandy, ocurrido en octubre de 2012, pues tanto los residentes de la costa y los que sufrieron daños mayores como inundaciones, asignaron mayor importancia al SE de protección costera en comparación con las personas que sólo sufrieron caídas del servicio de luz (Burger, 2014). Esto demuestra que sólo los testigos de los efectos de los disturbios, son los más sensibles a reconocer los SE.

IV.1.10. Regulación de flujos de agua

Las DC regulan los flujos de agua por medio de la infiltración que retiene hasta el 97% del agua de tormentas (Price *et al.*, 2013). Éste SE también fue reconocido por Everard

et al. (2010), quienes reportaron la purificación por la filtración del agua del Río Meuse en las DC de Holanda, lo que promueve la formación de acuíferos subterráneos. Se identificó el SE de regulación de la intrusión salina como otra forma de regular al agua, el cual no fue identificado por Everard *et al.* (2010). En Italia se demostró que las DC funcionan como barreras contra la intrusión salina (Mollema *et al.*, 2008).

IV.1.11. Regulación de polinizadores

En Holanda (Petanidou *et al.*, 1998) y Brasil (Viana y Alves dos Santos, 2002) se ha documentado la llegada de apifauna y la importancia de la polinización en la vegetación local. Las DC mantienen los ciclos de vida de himenópteros, los cuáles son importantes al coincidir con campos agrícolas (Everard *et al.*, 2010), dado que aumentan la variabilidad genética de los cultivos.

IV.1.12. Regulación de la Erosión

Se reportó que cada residencia cercana a las DC estaban dispuestas a pagar \$4.45 USD para preservar 8 km de playa en Maine y New Hampshire (Barbier *et al.*, 2011), dada las preocupaciones del avance del mar. Este modelo debería retomarse en zonas residenciales de alta densidad ubicadas cerca de las DC, donde se podrían recaudar las sumas de dinero necesarias para prevenir los procesos erosivos y resguardar el patrimonio de la población local. Para Everard *et al.* (2010), la regulación de la erosión no resultó importante en las DC.

IV.1.13. Regulación de la calidad del aire

La vegetación de DC purifica el aire debido a que captura carbono, lo cual al ser comunicado a la población, aumentó la plusvalía de los predios aledaños (de 0.60 a 150 US \$/m²) (Turno-Orellano e Isla, 2004) situación gana-gana. La conservación o incluso reforestación de DC, podría ser una alternativa en la que muchos actores resultarán beneficiados. Un mismo sitio de DC podría designarse como área verde que capta carbono y funcione como área recreativa, situación gana-gana desde la óptica de la conservación, regulación de los gases invernaderos y el desarrollo humano. El aumento en la plusvalía de los terrenos cercanos a la DC, es otra alternativa para evitar

el cambio de uso de suelo de las DC en zonas urbanas, terrenos altamente valorados dada la cercanía al mar. Si se llegara a cambiar el uso de suelo del área de DC reforestadas, los predios perderían la plusvalía de estar cercanos a una área natural que purifica el aire. La regulación a la calidad del aire fue reconocida por Everard *et al.* (2010) en las zonas inundables, por su capacidad para precipitar partículas y gases contaminantes.

IV.1.14. Regulación al control biológico y regulación del clima

Aunque en este trabajo no se encontró ninguna referencia sobre el SE de control biológico, Everard *et al.* (2010) identificaron que las DC albergan depredadores naturales de cultivos y de plagas. Sin embargo el autor observó que esta información aún no está bien estudiada. También mencionó que algunas DC en las que se producen zonas inundables durante el invierno, previenen el desarrollo de vectores de enfermedades como los mosquitos. No se identificaron publicaciones de DC sobre SE que regulen el clima.

IV.1.15 Culturales: oportunidades para la recreación y el turismo

La oportunidad para la recreación y el turismo fue el SE cultural más reconocido a nivel mundial (Martínez y Psuty, 2004), el cuál comúnmente es acompañado por el impacto del pisoteo y tránsito de vehículos de todo terreno en DC como las de Israel (Kutiel *et al.*, 2002), Australia (Thompson y Schlacher, 2008) e Irlanda (Kindermann y Gormally, 2010). Las DC son una atracción turística importante en Reino Unido y Holanda donde las personas asisten a caminar, practicar ciclismo y cabalgata (Everard *et al.*, 2010). Martínez (2009) reconoce las actividades recreativas como SE valorados por la sociedad.

El tránsito de vehículos tiende a destruir la vegetación, lo que promueve la erosión y pérdida de las DC. Sin embargo, una forma de preservar este ambiente para dicha actividad es a través de la sensibilización ambiental de los motociclistas e informarlos que si transitan desmesuradamente sobre toda el área, ésta podría perder vegetación que sujeta la arena y con ello se perderá la DC. Con este argumento se comunicará

que el uso descontrolado de vehículos sobre las DC, destruirá permanentemente su zona de esparcimiento. Se podría lograr que los motociclistas observen que con la conservación de la DC, ellos ganan también, al preservarse su pista recreativa.

Una vez que los usuarios hayan sido sensibilizados, se podrá sugerir el tránsito exclusivo en rutas predeterminadas, con señalamientos y datos referentes al ecosistema. Las rutas podrían trazarse en una zona exclusiva para paseo en vehículo, sobre brechas previamente erosionadas, de modo que las zonas conservadas se destinen a protección. De esta manera se respetarán espacios de vegetación nativa, lo que proporcionará estabilidad de la arena. Aunado a esto se recomendará que eviten el paso sobre zonas lodosas como La Lagunita, dado que impacta negativamente al compactar el suelo e interrumpir la filtración del agua y el desarrollo de microorganismos, que fungen como alimento para aves migratorias. Estas mismas prácticas podrán ser recomendadas a peatones, ciclistas, personas con caballos y otros vehículos.

IV.1.16. Culturales: información para el desarrollo cognitivo

Los SE para la generación de conocimiento fueron demostrados desde hace más de un siglo en Estados Unidos (Cowles, 1899) y actualmente estos ecosistemas se promueven como zonas de investigación (de Groot *et al.*, 2012). Everard *et al.* (2010) reconocieron a las DC como un recurso educativo importante.

IV.1.17. Culturales: inspiración a la cultura, el arte y el diseño

En Países Bajos, debido a que el territorio se encuentra varios metros bajo el nivel del mar, las DC protegen a la localidad, lo que ha impactado en el arte por medio de pinturas y canciones folclóricas (Martínez y Psuty, 2004). También se identificó la relación entre las DC y los vikingos, ya que se han encontrado restos arqueológicos en Escocia (Batey y Paterson, 2012). La inspiración a la cultura, el arte y al diseño fue documentado por Everard *et al.* (2010) dado que existen poemas y pinturas inspiradas en las DC.

IV.1.18. Culturales: experiencia espiritual

Se identificó una referencia que denotó el valor ancestral que tiene la cultura Maorí por las DC de Nueva Zelanda, en donde ahora existen ruinas arqueológicas (Hesp, 2002). El SE de experiencia espiritual no fue evaluado por Everard *et al.* (2010) dado que lo consideró un vacío de información.

IV.1.19. Culturales: información estética

La fotografía de paisajes es útil tanto para fines artísticos como científicos, debido a que es una prueba de cómo han lucido los ecosistemas en el pasado (Millington *et al.*, 2009). Este SE puede usarse para analizar retrospectivamente a las DC, ya que al comparar fotografías de paisajes tomadas en diferentes fechas, se mostraron los patrones de la erosión y deposición de la DC. La información estética anteriormente se observó con la popularidad de fotografías y comerciales de las DC (Everard *et al.*, 2010).

IV.1.20. Hábitat de la diversidad genética y mantenimiento del ciclo de aves migratorias

Las DC tienden a ubicarse en corredores migratorios, como fue el caso de las de Yucatán, donde descansan aves migratorias en otoño (Deppe y Rotenberry, 2009). Ofrecen también espacio para el crecimiento de la diversidad de especies de arañas (Bonte *et al.*, 2004), hormigas, abejas (Gordon, 2000) y tortugas marinas (Conrad *et al.*, 2011). Las tortugas marinas son especies carismáticas y podrían representar un recurso ecoturístico para las comunidades aledañas y en el caso de un buen manejo de la población, podrán ser aprovechadas como recurso alimenticio. El hábitat fue muy importante para Everard *et al.* (2010) debido a que las DC mantienen la diversidad de organismos donde se incluyen especies en peligro de extinción. Si desaparecieran de las DC, se perdería el sitio de descanso para dichas aves lo que reduciría su reproducción.

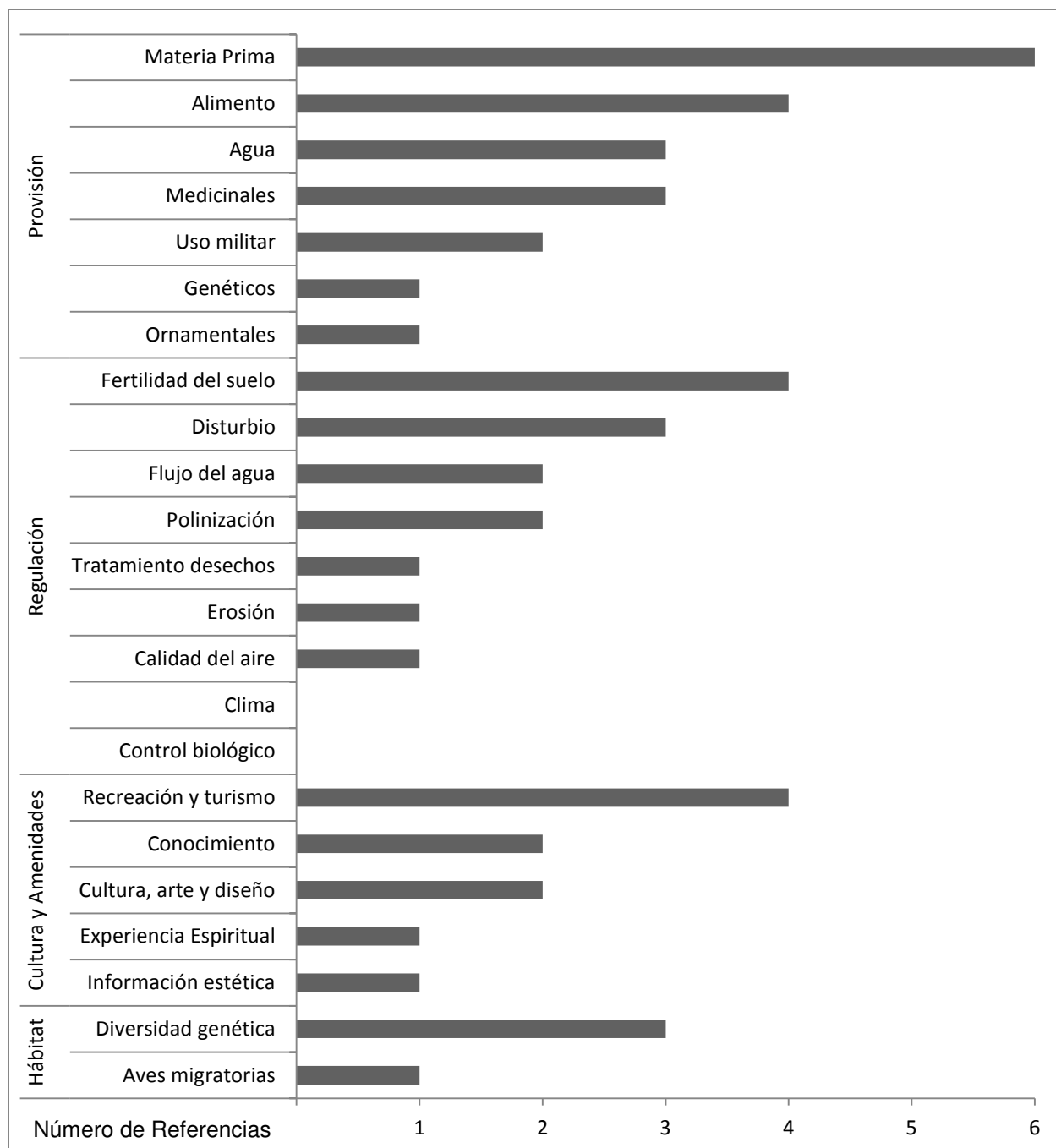


Figura 2. Número de estudios relacionados a la identificación de SE de las DC.

La figura 3 resume el orden cronológico acumulativo de la publicación de trabajos que comprueban los distintos SE de las DC. Se observa que el periodo con mayor número de publicaciones sobre este tema fue de 2000 a 2013. En fechas recientes, el reconocimiento de los SE de las DC es mayor, pues conforme ha avanzado la ciencia,

se descubren más casos de SE. Los autores reconocieron más de un SE de DC son Hesp (2002), Martínez y Psuty (2004), Martínez (2009), Seingier *et al.* (2009), Brenner *et al.* (2010) y recientemente Mendoza-González *et al.* (2012).

Estados Unidos, seguido de México fueron los países en donde han realizado una mayor cantidad de estudios (Tabla 2). Desde hace más de un siglo Estados Unidos ha dedicado recursos para estudiar las DC, lo cual contribuyó a que reconocieran los cuatro tipos de SE. Los SE mayormente reportados por este país fueron los de regulación que incluyen el mantenimiento a la fertilidad del suelo (Tacket y Craft, 2010), control a la erosión (Barbier *et al.*, 2011) y la filtración, purificación y retención del 97% de agua de lluvias (Price *et al.*, 2013). Identificaron el primer SE de información para el desarrollo cognitivo al demostrar una de las bases de la ecología de comunidades con la observación de la sucesión ecológica (Cowles, 1899). Otros SE identificados en este país, fueron la provisión de hongos comestibles (Pliz y Molina, 2002), extracción de minerales (Thornton *et al.*, 2006), diversidad genética de hormigas, abejas (Gordon, 2000) y tortugas marinas *Dermochelys coriacea* (Conrad *et al.*, 2011).

En México también se reconocieron los cuatro tipos de SE (tabla 2). La regulación al disturbio fue el SE más estudiado en años recientes, quizás por eventos desastrosos como los que han sucedido en Cancún, Quintana Roo debido a que los complejos turísticos se instalaron sobre las DC. Reportaron el impacto económico del SE recreativo (\$12,585 USD/ha/año) en las DC de Veracruz, aunado a los SE de regulación al disturbio (\$67,874 USD/ha/año). La población de La Mancha, del municipio de Actopan en Veracruz, utiliza 55 especies para diversos usos y reconocen la protección contra tormentas, la erosión, aparte de ofrecer alimento y refugio a la fauna (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). Mantienen el ciclo de vida de aves migratorias (Deppe y Rotenberry, 2008) y proveen de materia prima (Rodríguez-Revelo *et al.*, 2014). El reconocimiento de los SE de DC mexicanas, se ha descrito en fechas más recientes (Mendoza-González *et al.*, 2012; Rodríguez-Revelo *et al.*, 2014). Sin embargo su importancia no ha permeado en la toma de decisiones dado que es un ecosistema que está en disminución constante, debido principalmente a desarrollos

turísticos. La tabla 3 presenta un resumen en orden cronológico el reconocimiento paulatino de SE de DC.

Los SE de provisión han sido documentados a nivel global. Históricamente fueron reconocidos en Europa, Asia y más recientemente en América. Los SE de regulación y los de hábitat han sido estudiados en América y en Europa. Los SE culturales abordados pertenecieron a DC de América, Europa y Oceanía.

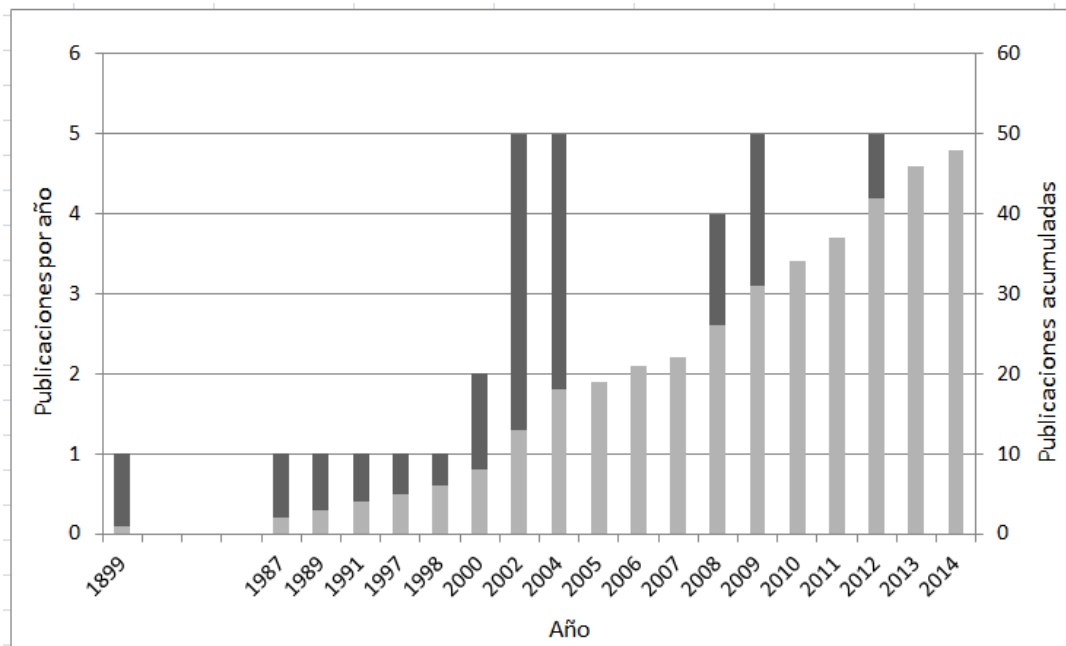


Figura 3. Cronología de la publicación de trabajos que comprueban los diferentes SE en comparación con los SE descubiertos.

Tabla 2. Tipos de SE identificados de las DC del mundo

País	Provisión	Regulación	Culturales	Hábitat
Estados Unidos	2	3	1	2
México	2	2		1
Holanda		1	2	1
Reino Unido	2		1	
Escocia	1	1	1	
Europa	1	1		
Irlanda		1	1	
Bélgica		1		1
India	2			
Nueva Zelanda	1		1	
España	1	1		
Argentina				
Brasil		2		
Israel	1		1	
Australia	1		1	
Mundo			1	
Dinamarca	1			
Japón	1			
Turquía	1			
Sudáfrica	1			
Uruguay		1		
Italia		1		
Francia				1
Argelia	1			
Polonia	1			

Tabla 3. Relación cronológica de los estudios que comprobaron los distintos SE.

Año	SE identificados
1899	Información para el desarrollo cognitivo: observación de la sucesión ecológica en Michigan (Cowles, 1899);
1987	Fertilidad del suelo: crecimiento de materia orgánica en Irlanda (Wilson, 1987);
1989	Fertilidad del suelo: por micorrizas que transportan nutrientes en Edimburgo, Escocia (Read, 1989);
1991	Fertilidad del suelo: formación de suelo por su baja retención de humedad y su capacidad de amortiguamiento de ácidos en Europa (Sevink, 1991);
1997	Materia Prima: extracción de carbón mineral, cobre, hierro y cromo en Turquía (Van der Maarel <i>et al.</i> , 1997);
1998	Polinización: en Holanda (Petanidou <i>et al.</i> , 1998);
2000	Diversidad genética: de nidos de varias especies de hormigas y abejas en Bahía Humboldt (Gordon, 2000);
2000	Provisión de agua: en DC de Mazagón, España debido a la recarga de acuíferos (Mottier <i>et al.</i> , 2000);
2000	Experiencia espiritual: primeros asentamientos humanos de Nueva Zelanda que practicaban religión vinculada con las DC, donde hay ruinas arqueológicas de la cultura maorí (Hesp, 2002);
2000	Materia prima: en más de 115,000 hectáreas de DC de Nueva Zelanda se extraen recursos forestales y agrícolas durante los últimos 80 años (Hesp, 2002);
2000	Oportunidades de recreación y turismo: impacto de la caminata y el uso de vehículos sobre las DC en la Costa Norte de Israel (Kutiel <i>et al.</i> , 2002);
2000	Recursos alimenticios: Recolección de hongos <i>matsutake</i> en Área de Dunas Nacionales Recreativas de Oregon (Pliz y Molina, 2002);
2002	Regulación a la polinización: diversidad de abejas en DC de Brasil (Viana y Alves dos Santos, 2002);
2002	Diversidad genética: de especies de arácnidos en Francia, Bélgica y Holanda (Bonte <i>et al.</i> , 2004);
2002	Oportunidades de recreación y turismo: en todo el mundo se ha convertido en una fuerza económica (Martínez y Psuty, 2004);
2002	Uso Militar: importante en Europa durante la segunda guerra mundial (Baeyensand y Martínez, 2004);
2002	Materia prima: en KwaZulu-Natal, Sudáfrica, se extraen metales pesados (circón, ilmenita y rutilo) de la arena de las DC (Van Aarde <i>et al.</i> , 2004);
2004	Regulación del aire: La forestación de DC captura carbono y aumenta la plusvalía de los predios \$0.60 USD/m ² a \$150 USD/m ² en Brasil, Uruguay y Argentina (Turno Orellano e Isla, 2004);

- Tratamiento de desechos:** Uso de la filtración natural de la DC para la reutilización del agua en Flanders, Bélgica (Van Houtte *et al.*, 2005);
- 2005
- Materia prima:** Minería en Monterey Bay, California se dio de 1909 a 1990. Señalaron la relación entre la explotación de arena con la erosión de la DC (Thornton *et al.*, 2006);
- Materia prima:** La recuperación después de la minería en New South Wales (Australia) resulta en invasiones de hierbas exóticas y de otras plantas nativas propias de otras comunidades por lo que se interrumpe la distribución típica de las especies (Brewer y Whelan, 2006);
- 2006
- Recursos alimenticios:** Dos especies de *Canavalia* presentaron nutrientes aptos para consumo humano en el suroeste de India (Sridhar y Bhagya, 2007);
- 2007
- Mantenimiento del ciclo de aves migratorias:** DC reciben aves migratorias en épocas de otoño en Yucatán, México (Deppe y Rotenberry, 2008);
- Oportunidades de recreación y turismo:** Tráfico de vehículos todo terreno como actividad recreativa, Fraser Island, Australia, (Thompson *et al.*, 2008);
- Recursos genéticos:** variantes genéticas de *Ammophila arenaria*, Gales, Inglaterra (Hol *et al.*, 2008);
- Regulación de flujos de agua:** actúan como atenuantes contra la intrusión de agua salada en Italia (Mollema *et al.*, 2008);
- 2008
- Información estética:** en Gales, Inglaterra usaron fotografías de paisaje para encontrar patrones de evolución de la DC (Millington *et al.*, 2009);
- Inspiración al arte, cultura y diseño:** los neerlandeses son enseñados a crecer respetando estos ambientes, lo que los inspiró a muchas pinturas y canciones folclóricas de Holanda (Martínez, 2009);
- Recursos ornamentales:** las plantas de DC de Veracruz, se utilizan en construcción de casas, postes, cercas vivas, leña, alimento y elaboración de muebles (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009);
- Recursos medicinales:** legumbres con propiedades medicinales, farmacológicos, industriales, nutritivas y de restauración ecológica usadas en el Suroeste de India (Bhagya y Sridhar, 2009);
- Regulación al disturbio:** las DC de México se consideran uno de los ecosistemas más útiles para la protección al embate de los efectos del cambio climático (Seingier *et al.*, 2009);
- 2009
- Oportunidades de recreación y turismo:** uso de vehículos que cruzan a la playa a través de las DC en Oeste de Irlanda (Kinderman y Gormally, 2010);
- Regulación al disturbio:** presentó el valor más alto de SE (\$67,400 USD/ha/año) en la costa Catalana (Brenner *et al.*, 2010);
- Fertilidad del suelo:** la biomasa de hojarasca y materia orgánica del suelo aumenta con la edad de DC en Georgia E.U.A. (Tacket y Craft, 2010);
- 2010
- Uso militar:** en Reino Unido y Escocia hay cinco sistemas de DC para uso militar (Jones *et al.*, 2011);
- 2011

- Diversidad genética:** anidación de tortugas marinas *Dermochelys coriacea* en Islas Vírgenes de Estados Unidos (Conrad *et al.*, 2011);
- Regulación a Erosión:** estabilización del sedimento y retención del suelo con ayuda de raíces de vegetación, de modo que controla la erosión costera y protege las playas recreativas en New Hampshire y Main (Barbier *et al.*, 2011);
- Inspiración arte, cultura y diseño:** restos arqueológicos vikingos en las DC de Balnakeil, Sutherland, Escocia (Batey y Paterson, 2012);
- Información para el desarrollo cognitivo:** Holanda es un lugar excelente para estudiar el proceso de formación de DC (de Groot *et al.*, 2012);
- Provisión de agua:** dada su recarga de acuíferos en Argentina (Carretero y Kruse, 2012);
- Regulación al disturbio:** los SE de las DC de Veracruz, México poseen los valores más elevados provenientes de la suma de la regulación al disturbio (\$67 874 USD/ha/año) (Mendoza-González *et al.*, 2012);
- 2012 **Recurso Medicinal:** Las raíces de *Eryngium maritimum* obtenidas en Argelia tienen propiedades antisépticas (Kholkhal *et al.*, 2012);
- Recursos alimenticios:** para ganado en Dinamarca (Damgaard *et al.*, 2013);
- Recursos alimenticios:** permite cultivos de plantas resistentes a la salinidad como las del género de *Salicornia* y *Sarcocornia* en Israel (Ventura y Sagi, 2013);
- Provisión de agua:** extraída de DC aportan nutrientes para la destilación de Sake (Kaneko *et al.*, 2013);
- 2013 **Regulación del agua:** filtran y retienen el 97% de agua de lluvia en Carolina del Norte E.U.A. (Price *et al.*, 2013);
- Materia prima:** el sistema de DC El Socorro en San Quintín, Baja California es un sitio potencial de explotación de minerales como cuarzo, feldespato, minerales más valiosos que el hierro. (Rodríguez-Revelo *et al.*, 2014);
- Recurso Medicinal:** *Eryngium maritimum* es una especie medicinal muy valorada. Desde que es una especie protegida, su colecta en el medio natural está prohibida, por lo que se propuso formas de propagar la especie, a partir de un individuo colectado en Polonia (Kikowska *et al.*, 2014)
-

IV.2. Objetivo específico 2. Identificar los SE que prestan las DC del CPE, Baja California.

IV.2.1. SE de las DC del CPE

Las DC del CPE prestan 13 de los 21 SE que se evidenciaron en todo el mundo, de los cuáles se encontraron todos los SE de hábitat. La presencia de todos los SE de hábitat

denota la importancia que tienen las DC para ser conservadas dada la diversidad genética presente en ellas (incluye a las aves migratorias como usuarios de los sitios). Este resultado coincide con los SE que resultaron más relevantes de acuerdo a los especialistas en DC (soporte/hábitat) (de la Vega, 2011).

El 64% de los SE documentados son provistos por todo el área de estudio e incluyen oportunidades para la recreación y el turismo (Rosas-Gómez, 2008; Lubinsky *et al.*, 2009), generación de conocimiento (comprobado en el objetivo #3), la inspiración para la cultura, el arte y el diseño (Anda-Martín *et al.*, 2013; Pro Esteros, 2005), información estética (de la Vega, 2011), diversidad genética (Sánchez-Oliveros, 1996), hábitat de especies de aves migratorias (Anda-Martín *et al.*, 2013), provisión de recursos genéticos (Seingier *et al.*, 2009), la regulación al disturbio (Guardado-France, 2012) y a la erosión (Peynador y Méndez-Sánchez, 2010; Castillo-Valdéz, 1995). La provisión de recursos alimenticios y medicinales sólo se observó en la zona del EPB, tanto históricamente (Pro Esteros, 2005) cómo en la actualidad (MEZA Generación 2010-2012), mientras que el uso militar sólo se ofrece en las DC de El Ciprés (Svenia, 2011). Se demostró la provisión de materia prima a los grupos yumanos para la elaboración de cestería (Pro Esteros, 2005).

En el presente trabajo se utilizó sólo información bibliográfica para la identificación de SE de las DC del CPE, lo cual puede resultar limitante y no reflejar todos los SE que se están prestando. Éste trabajo identificó 13 SE mientras que Michel-Villalobos (2014) demostró que las DC del CPE son el ecosistema con mayor número de SE ya que proveen 24, identificados con el uso de una clasificación que relaciona los beneficios obtenidos por los SE, con las actividades económicas. Algunos de los SE identificados por la autora, fueron englobados en un mismo SE según la clasificación propuesta por de Groot *et al.* (2010). Por ejemplo: 1) los SE de protección a operaciones e infraestructura acuícola, el control de inundaciones y la protección a estructuras costeras, se agruparon en la regulación al disturbio; 2) la retención, almacenamiento y la recarga de acuíferos con agua dulce purificada, se trataron como SE de provisión de agua, para el que el presente estudio no identificó referencia bibliográficas; 3) el

espacio para recreación de playa, oportunidad de recreación de campo y aves para cacería, se consideraron SE de recreación y turismo; 4) la herencia cultural, el uso de la naturaleza para motivos religiosos e históricos, se interpretaron como SE de inspiración a la cultura, arte y diseño; 5) la educación, el conocimiento científico y el valor de existencia se agruparon como SE de información para el desarrollo cognitivo, 6) el avistamiento de vida silvestre y albergue para peces de pesca deportiva fueron catalogados como SE del hábitat de la diversidad genética.

Los demás SE de Michel-Villalobos (2014) fueron fácilmente interpretables como la regulación de la purificación del agua y su tratamiento de desechos, regulación a la fertilidad del suelo por medio de formación de tierra cultivable, regulación del aire por la secuestro de carbono antropogénico para así mantener el clima favorable para cultivos de temporada, provisión de materia prima para construcción, recursos ornamentales, y escenarios estéticos los cuales no se identificaron en la bibliografía del CPE. Los únicos SE que no fueron identificados por Michel-Villalobos (2014) fueron la provisión de alimento (Pro Esteros, 2005; MEZA Generación 2010-2012), recursos medicinales (MEZA Generación 2010-2012), paisaje para el uso militar (Svenia, 2011) y el mantenimiento del ciclo de vida de las aves migratorias (Anda-Martín *et al.*, 2013).

Se necesita la monitorización del uso y aprovechamiento de las DC para constatar los SE ofrecidos por el CPE. Se recomienda un estudio de campo en el que las personas respondan que beneficios les prestan las DC, si han tenido problemas de invasión de arena en sus casas o en sus bienes debido a la inestabilidad de la misma por la falta de vegetación, etc. En próximos estudios, se deberá trabajar con el reconocimiento de los SE de las DC por parte de los vecinos (personas vulnerables a desastres) y los usuarios de actividades recreativas, debido a que estas personas valoran mayormente los SE de las costas ya que son quienes tienen mayor contacto con dichos ecosistemas (Burger, 2014). Paralelamente será necesaria la sensibilización ambiental de todas aquellas personas que no estén involucradas con la playa, de modo que también perciban los beneficios que surgen al conservar las DC.

Un ejemplo de SE no documentado es la especulación de la población local sobre el uso de arena de las DC. Durante la construcción del complejo habitacional Pacífica (ubicada entre el sitio de DC de CONALEP y La Lagunita) se observó el uso de arena para nivelar terrenos. A pesar de esto, Pacífica compensa el impacto ya que restringe el acceso a vehículos y peatones con el fin de conservar la flora y fauna de las DC en una modalidad de Reserva Privada de Conservación. La población que habita cerca del EPB, también ha reportado que algunas personas extrajeron arena de las DC, para rellenar sus terrenos ubicados dentro del humedal costero con el fin de evitar inundaciones. Esto demuestra que los mismos habitantes reconocen tanto la vulnerabilidad ante inundaciones por ubicar su vivienda en el EPB, como la provisión de arena por las DC. Estas prácticas no están documentadas en la literatura como SE y deben evitarse, dado que el EPB es una zona de crecimiento de larvas de muchas especies de peces, bivalvos y crustáceos, por lo que la modificación de la zona, impactará a estas especies, algunas de importancia comercial. De igual manera, la reducción en el banco de arena contenido en la DC, la hace más vulnerable frente a disturbios, lo cual podría mermar sus demás SE.

El avance de la investigación de SE de DC en el CPE aún es limitado, puesto a que sólo se identificaron tres trabajos locales que expresaran este concepto. Los dos primeros (de la Vega, 2011; Rodríguez Lizárraga, 2012) consideraron la importancia de los SE para un guión de educación ambiental y utilizaron el concepto de SE y de servicio ambiental como sinónimos. Quizás en el pasado, el concepto no era popular entre los grupos de investigación de Ensenada, sin embargo la necesidad del estudio de las DC era dado a que los mismos científicos reconocían dichos beneficios hacia la humanidad, lo cual motivó a su investigación. Esta fue una de las razones por las que se decidió interpretar los SE contenidos en la literatura de DC, pues aunque no se mencionaba el concepto de SE, si se mencionaba el beneficio para la sociedad. Posteriormente Michel-Villalobos (2014) diferenció el concepto de SE de los servicios ambientales. Bajo su definición, los servicios ambientales son los beneficios brindados por áreas verdes las cuáles son espacios con vegetación inducida por el hombre, mientras que los SE son aquellos brindados por los ecosistemas naturales, los cuales

existen sin la intervención del hombre. Por ende los servicios ambientales son ofrecidos por ecosistemas que requieren tiempo y dinero, mientras que los servicios ecosistémicos son gratuitos.

En la literatura internacional tampoco existe un consenso entre la diferencia de los servicios ambientales y SE. Se han propuesto otras formas de diferenciar ambos conceptos como el de Swallow *et al.* (2009) quien se basa en el concepto de "servicios ambientales" como un beneficio positivo para las personas a partir del ambiente. Mencionan que los SE son los de provisión como el alimento, fibras y combustible, recursos excluibles que pueden ser objeto de mercado. Por el contrario los servicios ambientales son todos los servicios regulatorios, de soporte y culturales, los cuales no son objeto de mercado.

En el presente trabajo se considera que la separación de conceptos propuesta por Michel-Villalobos (2014) es más útil en la toma de decisiones. Esto debido a que los SE son obtenidos a partir de ecosistemas que se autorregulan y no requieren gasto humano. De forma contraria para poder aprovechar los servicios ambientales es necesario invertir tiempo, dinero y energía, como la restauración de ecosistemas.

IV.2.2. Importancia y especificidad de los SE para el CPE.

Sólo seis SE de las DC presentaron los valores más altos en cuanto a importancia y especificidad dentro del CPE, de los cuales tres corresponden a los SE regulatorios, uno de provisión, uno de regulación y un último SE cultural.

1) La regulación del tratamiento de desechos, aunque no se documentó su aprovechamiento podría ser un SE potencial ya que es altamente importante debido a que Ensenada es de las pocas ciudades que tratan todas sus aguas residuales, las cuales son aptas para la recarga de acuíferos (Mendoza-Espinosa y Daesslé-Heuser, 2012). Su especificidad radica en que las DC son capaces de reciclar las aguas tratadas al mismo tiempo que evitan la intrusión salina que se agrava por la sobreexplotación de los acuíferos (Van Houtte, 2012).

La alta importancia del SE es debido a que la escasez de agua y la sobreexplotación de los acuíferos han provocado su desabasto por lo que es necesario recurrir a una fuente adicional. Ante esto, la población local ha enfrentado recortes de agua que en ocasiones han durado semanas, afectando en la vida familiar, el trabajo doméstico y comercial. Esto en el largo plazo podría reflejarse en problemas de salud debido a la falta de higiene, dado que a veces no se tiene la opción de usar agua. Aunque las DC, posiblemente no resuelvan el problema, pueden contribuir en la optimización del recurso y fomentar una cultura de su cuidado. Adicionalmente se podría trabajar con la sensibilización del público en general para que mejoren el uso del recurso, como la recolección agua en días lluviosos, reutilización, etc. Everard *et al.* (2010) también consideró a este SE como muy importante y muy específico dada su utilidad para la filtración de agua de ríos la cual es una alternativa para ciudades que padezcan el problema de desabasto de agua como en Bélgica (Van Houtte *et al.*, 2005).

2) No se observó en la bibliografía del CPE el SE de la regulación del agua a través de la atenuación de la intrusión salina pero se catalogó como muy importante debido a que los acuíferos locales presentan intrusión salina desde hace por lo menos 10 años (Daesslé-Heuser *et al.*, 2005). La especificidad es muy alta pues en otras partes del mundo, las DC detienen la intrusión salina (Mollema *et al.*, 2008), por lo que su conservación podría prevenir esta problemática.

La salinidad en acuíferos hace que el agua contenida, no esté disponible con fines domésticos, comerciales o agrícolas, dado que los minerales tienden a corroer las tuberías y prevenir el crecimiento de los cultivos agrícolas. Con la conservación de las DC, se minimizará la intrusión salina y se mantendrán los acuíferos en óptimo estado para su aprovechamiento. En la actualidad se han perdido DC y los acuíferos se han sobreexplotado, razones que pudieron acentuar la intrusión salina. A pesar de que en Ensenada si hay investigación sobre de la salinización de acuíferos (Daesslé-Heuser *et al.*, 2005; Mendoza-Espinosa y Daesslé-Heusser, 2012) y la factibilidad del uso de aguas tratadas (Acosta-Zamorano *et al.*, 2013), no se ha estudiado la filtración de

aguas tratadas, ni la detención de la intrusión salina por parte de las DC. El agua es un tema prioritario dada la escasez en Ensenada, por lo que continua su investigación, la cual hasta la fecha no se ha relacionado con las DC pero podría ser un nicho de estudio útil. Este SE no fue considerado por Everard *et al.* (2010).

Resulta necesario crear una cultura de la conservación de todos aquellos ambientes que contengan capas de arena y grava debajo de la tierra, para aprovechar la filtración de aguas subterráneas, la recarga de los acuíferos y la provisión de una mejor calidad de agua. La población ensenadense necesita agua de mejor calidad, ya que las sales contenidas en el agua resultan dañinas pues han provocado que las personas, particularmente los niños tengan problemas de fluorosis en los dientes, el cual es un problema de salud pública (Betancourt-Lineares *et al.*, 2013).

3) La regulación a los procesos erosivos resultó altamente importante dado que en los últimos años las playas del CPE han estado en constante erosión (Peynador y Méndez-Sánchez, 2010). Aunque otros ecosistemas como los arrecifes también previenen la erosión (Harris, 2009), al no estar presentes a nivel local, las DC son el único ecosistema que puede ofrecer el SE. En el CPE, las DC son reservas de arena, retenida por la vegetación que regula los eventos erosivos. De llegarse a perder la vegetación, la arena se desestabiliza y puede invadir tierra adentro o ir mar adentro. En el contexto de Everard *et al.* (2010), éste SE no fue importante en cuanto a la erosión del suelo y pendientes.

4) El uso militar es altamente importante para el CPE, dado que el sitio de DC El Ciprés es un espacio de entrenamiento militar el cuál es compatible con la conservación del ecosistema, ya que la restricción del acceso al público mantiene la mayor cobertura y calidad de vegetación con respecto a los otros sitios de DC donde si se permite el libre paso (Svenia, 2011). Su alta especificidad se debió a que al ubicarse adyacente a la costa, representó un espacio crucial para la estancia militar durante la segunda Guerra Mundial (Baeyesand y Martínez, 2004). Es un terreno idóneo para realizar maniobras

en vehículos de todo terreno y práctica de disparos que no ofrece ningún otro ecosistema.

Al igual que en el CPE, en otras partes del mundo, el entrenamiento militar predispone a la conservación de las DC (Jones *et al.*, 2011), puesto a que el uso de motocicletas y práctica de disparos restringe el paso a peatones para evitar accidentes. Aunque los militares impacten por el tránsito con vehículos, la restricción de paso al público permite la re estabilización natural de la vegetación por lo que el impacto se vuelve mínimo.

5) Las oportunidades de recreación y turismo son altamente importantes para el CPE, ya que los usuarios perciben que las playas y las DC están en buenas condiciones para actividades recreativas (Lubinsky *et al.*, 2009). Es un SE altamente específico, debido que los usuarios, aseguran que son de los pocos sitios recreativos disponibles, dada la falta de espacios públicos en la ciudad (Rosas-Gómez, 2008). Se ha reportado el tránsito de vehículos de todo terreno por las DC, actividad que ha resultado muy dañina ya que es una de las principales razones de pérdida de vegetación (Seingier *et al.*, 2009; Svenia, 2011). Otros usos recreativos dañinos para las DC son la construcción de casas de verano, complejos turísticos, tránsito peatonal y a caballo (Seingier *et al.*, 2009).

Everard *et al.* (2010) denotaron al SE recreativo como medianamente importante ya que no todas las DC reciben muchos turistas. Mencionaron su uso como pista de golf, la cual si es debidamente manejada, puede conservar algunos hábitats sucesivos.

En los últimos años las playas del CPE han sido el parque natural donde las personas van a disfrutar los días de calor. Es una zona de esparcimiento para la gente local y turista que van a pasar el día con la familia o amigos (Rosas-Gómez, 2008), la cual no implica costo por su acceso. Al aprovechar el SE recreativo, también ocasionan impactos ecológicos ya que es muy común que después de visitas masivas a la playa, a parte del impacto por pisoteo, quedan toneladas de basura que el gobierno municipal dispone posteriormente. Silva-Íñiguez y Fischer (2003) contaron 16,674 piezas de

residuos sólidos (equivalente a 1,252 piezas/m²) en la PM del CPE, compuestos en un 34.73% por madera, 28.04% de desechos naturales (macroalgas, organismos marinos, heces fecales y resto de animales terrestres), 16.3% de plásticos y 11.86% de vidrio. El estudio demostró que el 65.5% de la basura mayormente compuesta por madera, plástico y vidrio, se concentró en las DC.

La sociedad tiende a pensar que, con el hecho de pagar impuestos, tienen derecho a dejar sus residuos y esperar a que el gobierno solucione el problema. Esta idea la aleja del progreso, dado que constantemente el dinero se destina a esta problemática sin fin. Por el contrario, si cada persona se encargara de sus propios residuos, el gobierno destinaría recursos para otras actividades como el mejoramiento de las instalaciones, los accesos, baños y el mantenimiento de la reserva de arena por medio de la restauración de las DC.

6) El SE de hábitat es de alta importancia ya que las DC albergan aves migratorias, debido a su ubicación dentro del corredor de aves migratorias del Pacífico, las cuales tienden a asociarse a cuerpos de agua como La Lagunita y el EPB (Anda-Martín *et al.*, 2013). Se observaron 72 especies de aves migratorias (según la revisión documental presentada en la sección IV.2.3. Presencia de especies de flora y fauna) lo cual demuestra su dependencia hacia las DC y lagunas costeras asociadas. Su especificidad es muy alta debido a que las DC de otras partes del mundo también funcionan como corredores migratorios que proveen alimento y zona de descanso a dichas aves (Gosper, 1999).

La desaparición de sistemas naturales como estos, amenazarían con la dinámica de especies de importancia internacional. Las DC del CPE albergan a 24 especies enlistadas (ver sección IV.2.3), lo que concuerda con Everard *et al.* (2010), quienes consideraron que las DC mantienen especies en peligro de extinción, así como una alta diversidad de especies dada su variedad de microclimas húmedos o secos, de sucesión temprana o tardía y ácidos o calcáreos.

La regulación a disturbios ha sido mencionada en distintas partes del mundo como España (Brenner *et al.*, 2010) y México (Seingier *et al.*, 2009; Mendoza-González *et al.*, 2012), donde se incluyen también las DC del CPE (Guardado-France, 2012). Tendió a ser muy importante para el CPE en relación a los otros grupos. Sin embargo su especificidad es media dado que otros ecosistemas pueden ofrecer dicho SE. Las DC no son el único ecosistema que lo ofrecen, ya que los humedales costeros, manglares, marismas y arrecifes coralinos también lo proveen (Barbier *et al.*, 2013). La presencia de humedales costeros, como La Lagunita y el EPB contribuyen en la protección costera al estancar el agua excedente proveniente de tormentas o marejadas extremas.

Este SE es reconocido por los científicos ensenadenses quienes afirman que las DC protegen los desarrollos que tienen detrás y pese a que son de los ecosistemas que brindan más SE, son poco valoradas por las personas, por lo que se recomendó hacer énfasis en los SE en el guión interpretación ambiental de DC propuesto por de la Vega, (2011). Para orientar la educación ambiental de las DC, se les preguntó a los visitantes de las playas cuál era su interés sobre este ecosistema, a lo que respondieron que quieren saber de su importancia, biodiversidad, su proceso de formación y los usos ligados a los SE (Rodríguez-Lizárraga, 2012).

La regulación del flujo de agua por medio de la filtración del agua subterránea resultó muy importante para el CPE, debido a que es necesario aplicar medidas para la retención de agua de lluvias, dada la escasez de agua dulce (Acosta-Zamorano *et al.*, 2013). No es un SE específico de las DC, pues cualquier otro ambiente que contenga capas de grava y arena debajo de la tierra, como humedales, ríos y arroyos, también ofrecen dicho SE (Balke y Zhu, 2008), ecosistemas presentes en CPE. Por lo tanto es necesario conservar todos los ambientes del CPE que filtran el agua debido al desabasto actual.

La provisión del agua, materia prima y el material genético fueron muy importantes, aunque medianamente específicos pues todos estos SE son ofertados por otros ecosistemas.

La información para el desarrollo cognitivo se consideró muy importante, porque éste trabajo identificó 46 tesis de todos los grados que inciden en las DC. El SE contribuye con la generación de empleo beneficiando a posibles egresados de las distintas instituciones de nivel superior dado su uso como laboratorio natural. Son sitios usados como aula al aire libre, dado que se imparten talleres de educación y sensibilización ambiental (Rodríguez Lizzárraga, 2012; de la Vega, 2012). No es un SE específico pues cualquier fenómeno o ecosistema puede ofrecer oportunidades para la generación de información científica. La figura 4 muestra las puntuaciones asignadas a cada uno de los SE de las DC, según el método propuesto por Everard *et al.* (2010).

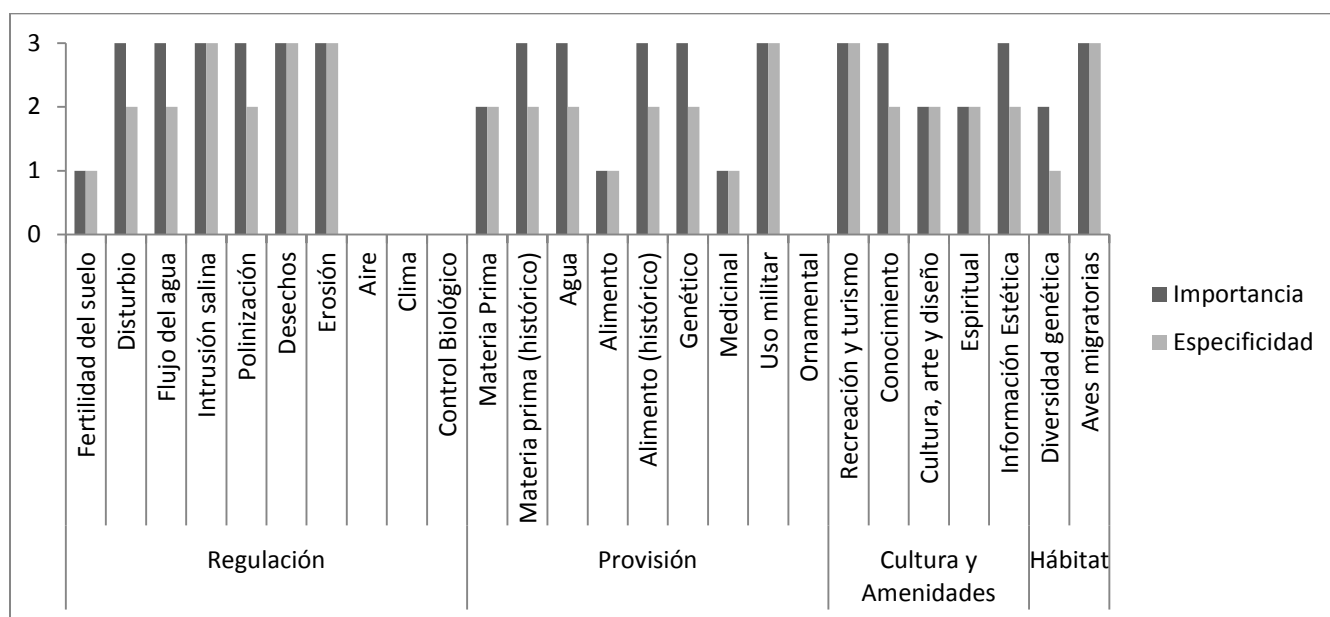


Figura 4. Importancia y especificidad de la provisión de los SE de las DC del CPE

IV.2.3. Presencia de especies de flora y fauna

Se identificaron las especies para tres porciones del área del estudio, con base en los distintos listados de especies contenidos en tesis (de la Vega, 2011; Rodríguez-Lizárraga, 2012), un informe técnico (MEZA, 2010-2012) y artículos locales (Anda-Martín *et al.*, 2013; Ruiz-Campos *et al.*, 2005; Jiménez-Pérez *et al.*, 2009) así como un

Estudio Técnico Justificativo (IMIPE, 2013). Las tres porciones incluyen las DC de la PM, al sur del puerto de Ensenada, las de La Lagunita y las del EPB.

La zona con mayor número de especies fue La Lagunita con 71 especies vegetales y 95 especies animales (Anda-Martín *et al.*, 2013; IMIPE, 2013; Ruiz-Campos *et al.*, 2005). Le sigue el EPB con 67 especies de flora y 38 de fauna (MEZA, 2010-2012; Jiménez-Pérez *et al.*, 2009). La zona con menor número de especies fueron las DC de la PM que abarca desde el sur del puerto hasta La Lagunita, donde se identificaron 22 especies de flora y 45 de fauna (Rodríguez-Lizárraga, 2012; de la Vega, 2012).

Aunque se trabajó exhaustivamente en recopilar los listados de especies de toda el área, la disponibilidad de la información se restringió a sólo tres porciones, lo cual representa un sesgo. La profundidad de cada una de las referencias difiere también, puesto que algunos trabajos sólo mencionaron las especies principales (de la Vega, 2011; Rodríguez-Lizárraga, 2012; Anda-Martín *et al.*, 2013), otros se enfocaron en el estudio de aves (Ruiz-Campos *et al.*, 2005; Jiménez-Pérez *et al.*, 2009) y otro fue un Estudio Técnico Justificativo (IMIPE, 2013). Este último incorporó muchas más especies en comparación a los demás trabajos, debido a que es necesario saber la composición de la biomasa de una zona, para que en caso de ser impactada por un proyecto, la información de su estado natural sirva para su reparación posterior.

IV.2.3.1. FLORA

De total de 134 especies vegetales, se identificaron 32 invasoras, de las cuales 28 se concentran en La Lagunita y cuatro en el EPB (*Atriplex lindleyi*, *Myoporum laetum*, *Schismus barbatus* y *Sisymbrium irio*).

Siete especies vegetales se encontraron en las tres porciones de las cuales una se caracteriza por ser formadora de DC (*Abronia maritima*) y tres son exóticas (*Cakile maritima*, *Carpobrotus aequilaterus* y *Mesembryanthemum crystallinum*). Seis especies nativas son compartidas por La Lagunita y el EPB de las cuales una es formadora de DC (*Camissonia lewisii*) y las demás son propias de humedales, marisma, matorral

costero y chaparral (*Atriplex canescens*, *Cressa truxilensis*, *Distichlis spicata*, *Frankenia salina*, *Isocoma menziesii* y *Lotus distichus*).

De las nueve especies restringidas para las DC de la PM, todas son nativas pero ninguna es formadora de DC. *Haplopappus venetus* es la única formadora de DC, dentro de las 55 especies exclusivas de la Lagunita, donde se incluyen 25 especies exóticas. Dentro de las 50 especies exclusivas del EPB, *Atriplex coulteri* y *Lotus nuttallianus* son las únicas formadoras de DC (Tabla 4).

Aparentemente, La Lagunita es el área con mayor número de especies, seguido del EPB y por último el sitio de DC de la PM. La vegetación de La Lagunita se encuentra degradada por la presencia especies invasoras, las cuales componen aproximadamente 40% de las especies vegetales totales. En el EPB, las especies invasoras representan sólo el 6% del total del número de especies. Se requiere un estudio más detallado que incluya la cobertura de cada una de las especies vegetales, para determinar la viabilidad de la remoción de exóticas y restablecer la calidad florística de la zona. Porque puede suceder que se registren más de 20 especies invasoras con baja cobertura en el área, lo cual facilitaría su remoción o todo lo contrario. La presencia de especies formadoras de DC es necesaria para mantenerlas como reserva en germoplasma, ya que en caso de rehabilitar un sitio de DC, estas son clave para iniciar la retención de la arena.

Tabla 4. Resumen de la frecuencia (Frec.) de especies de flora que albergan las DC del área de estudio

Hábito de la especie	Frec.	PM y Lagunita	PM y EPB	Lagunita y EPB	Todas las DC	PM	EPB	Lagunita
Cosmopolita	3							3
Exótica	32				3		4	25
Nativa	4					2		2
Nativa, chaparral desierto	12				2	1	4	5
Nativa, costera	9	1					3	4
Nativa, DC	5			1	1		2	1
Nativa, humedales	20			1			7	12
Nativa, marisma	12		1	2			8	1
Nativa, matorral costero	34	1	3	1	1	5	20	3
No encontrada	4			1		1	2	
Total	134	2	4	6	7	9	50	56

IV.2.3.2. FAUNA

Se identificaron sólo cuatro especies exóticas (*Columba livia*, *Gambusia affinis*, *Lepomis cyanellus* y *Mus musculus*) de las 131 especies animales. Cinco especies fueron registradas en los tres sitios de DC, de las cuales tres son residentes acuáticas marinas y dos son migratorias que descansan en humedales y marismas.

Siete especies de aves migratorias que prefieren la zona de arena, se distribuyeron mayormente en las DC de la PM y en La Lagunita, de las cuales cinco son compartidas (*Calidris alba*, *Calidris mauri*, *Limnodromus scolopaceus*, *Numenius americanus*, *Numenius phaeopus*), una se restringe al primer sitio de DC (*Heteroscelus incanus*) y otra al segundo (*Larus delawarensis*). Se identificó una especie residente de las DC de la PM y del EPB (*Charadrius alexandrinus*) (Tabla 5).

Tabla 5. Resumen de la frecuencia (Frec.) de especies de fauna que albergan las DC del área de estudio

Hábito de la especie	Frec.	PM y		PM y Lagunita		Lagunita y		
		EPB	Todas	EPB	Lagunita	EPB	PM	Lagunita
Cosmopolita	11					1	1	9
Exótica	4							4
Migratoria, árboles, arbustos, bosques	6						1	5
Migratoria, arena, playa	7				5		1	1
Migratoria, costera, cantiles	10			1		2	4	3
Migratoria, espacios abiertos	7			4				3
Migratoria, humedales	42		2	2	4	4	6	24
Nativa	7				3		4	
Nativa, desierto	14			3		2	8	1
Nativa, humedales	3							3
Nativa, vegetación adyacente	6					4	2	
Residente, acuática marina	13		3	2		8		
Residente, DC	1	1						
Total	131	1	5	12	12	21	27	53

Se encontraron 72 especies de aves migratorias de las cuales seis prefieren los árboles y arbustos, siete se asocian a la arena, diez a las costas y cantiles, siete a los espacios abiertos y 42 a los humedales. De estas últimas, 24 se restringieron en La Lagunita. Las aves migratorias tienden a descansar en zona de humedales, por lo que la conservación de los cuerpos de agua como La Lagunita y el EPB, resultan claves para el ciclo de vida de estas especies de importancia internacional. Ofrecen hábitat a 24 especies enlistadas con diferentes grados de protección por la NOM-059-2010 (Tabla 6). Si la sociedad en general reconociera las especies de aves migratorias, estas

podrían convertirse en especies carismáticas, valoradas por la población en general, lo que predispondría a su valoración y defensa por parte de la sociedad, hacia cualquier proyecto que pudiese atentar contra su existencia.

Hay siete especies de aves migratorias y una residente que utilizan para descansar principalmente en sitios con arena (playas y DC). Se tiene la incertidumbre de lo que ocurriría con estas especies en caso de desaparecer el sistema de DC. Probablemente las migratorias continúen su camino sin pasar a descansar a las DC del CPE, pero no se sabe qué pasaría con la especie residente *Charadrius alexandrinus*, por mencionar un ejemplo.

Tabla 6. Especies enlistadas en la NOM-059

Sitio de DC	Especie y su estatus en la lista
Tres porciones	<i>Falco peregrinus</i> , residente sujeta a protección especial.
PM	<i>Choeronycteris mexicana</i> y <i>Notiosorex crawfordi</i> , son especies amenazadas. <i>Dipodomys gravipes</i> se catalogó como extinta en el medio.
PM y La Lagunita	<i>Calidris canutus</i> , especie migratoria en peligro de extinción
PM y el EPB	<i>Charadrius alexandrinus</i> , especie residente amenazada
PM y el EPB	<i>Branta bernicla</i> y <i>Buteo jamaicensis</i> , especies migratorias catalogadas como amenazadas; <i>Sterna elegans</i> , migratoria y <i>Larus heermanni</i> , residente sujetas a protección especial; <i>Passerculus sanwicensis</i> , <i>Pelecanus occidentalis</i> y <i>Rallus longirostris</i> , residentes amenazadas.
La Lagunita	<i>Accipiter cooperi</i> , <i>Accipiter striatus</i> y <i>Thalaseuss elegans</i> son migratorias catalogadas bajo protección especial y <i>Polioptila californica</i> es nativa amenazada
EPB	<i>Aquila chrysaetos</i> y <i>Falco mexicanus</i> son migratorias, amenazadas; <i>Asio flammeus</i> , <i>Buteo swainsoni</i> y <i>Sterna antillarum</i> que son migratorias bajo protección especial y <i>Egretta rufescens</i> residente, sujeta a protección especial.

IV.3. Objetivo 3. Estimar el valor económico de dos SE que prestan las DC del CPE, Baja California:

IV.3.1. Información para el desarrollo cognitivo

El valor económico de la inversión necesaria para el desarrollo cognitivo en DC de Ensenada resultó en \$2,883,921 pesos mexicanos en valores nominales correspondientes a 224.72 ha (\$12,874/ha de DC del CPE). Este valor fue invertido para la investigación de diversas temáticas que incluyen los SE, educación ambiental, vulnerabilidad, etc. Los valores equivalen a \$233,875 USD reales por el total de DC del CPE y \$1,041 USD/ha (Tabla 7). La zona con mayor número de investigaciones de posgrado y por lo tanto el mayor valor económico, fueron las DC del EPB (Tabla 8 y Figura 5) las cuales representaron el 45% del valor económico de todo el área de estudio.

Los estudios de posgrado que estudiaron a las DC comenzaron desde hace más de dos décadas, siendo más recurrentes desde 2008 hasta la actualidad. La fecha que presentó el mayor valor en becas de posgrado fue en 1996 (figura 6).

Tabla 7. Obtención de beca total en valor nominal y valor real. Según el año de cada titulación de tesis, fue el salario mínimo (SM) utilizado. Celdas de título en gris claro pertenecieron al grado de especialidad (en Administración de Recursos Marinos y en Gestión Ambiental), gris término medio es de Maestría (Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas o MEZA y de Oceanografía costera) y gris oscuro de doctorado (Oceanografía costera). El tema en gris claro significa que se usó todo el área de estudio (desde la PM hasta la barra del EPB). Gris término medio significa que el estudio consideró desde la PM hasta el arroyo El Campillo. Tema en gris oscuro fue llevado a cabo sólo en las DC del EPB.

Año	IPC	SM	beca total		Título	Tema
			VN	VR		
2014	112.7 2	65	212,479	188,498	"Valoración relativa de los sistemas costeros de la Bahía de Todos Santos. Línea base para el futuro "Manejo Basado en Servicios Ecosistémicos (ESBM)" por Michel Villalobos, C. A.	SE
2012	107.2 5	62	201,949	188,305	"El diseño gráfico como mediador de la educación ambiental de las dunas costeras, el caso de Ensenada B.C., México" por Rodríguez Lizárraga, L. G.	Educación ambiental
2011	103.5 5	59	86,141	83,187	"Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, B. C." por Svenia Acosta, S.	Vulnerabilidad
2011	103.5 5	59	86,141	83,187	"Actualización de un estudio para un plan de manejo de la Playa Municipal de Ensenada, Baja California, México" por Castro Figueroa, P.	Manejo de playas
2011	103.5 5	59	86,141	83,187	"Índice antropocéntrico de Vulnerabilidad Costera de la Bahía de Todos Santos, B. C." por Rojas Legunes, X.	Vulnerabilidad
2011	103.5 5	59	193,817	187,171	"Propuesta de interpretación ambiental para el ecosistema de dunas costeras: el caso de Punta Banda, Ensenada" por de la Vega Carvajal, T. G.	Educación ambiental
2011	99.74	57	82,742	82,956	"Cambios en la vegetación de dunas	Cambio de

0					costeras de la playa municipal de Ensenada entre los años 1979, 1980, 1993 y 1998" por Jiménez Esquivel, V. M.	uso de suelo
2009	95.53	53	172,335	180,386	"Estudio exploratorio de los intereses de los propietarios de la tierra en el uso del territorio de Punta Banda, Ensenada, Baja California; México." por Camacho Jiménez, G.	Percepción social
2008	92.24	52	75,730	82,100	"Propuesta de Plan de Manejo para la Playa Municipal de Ensenada, Baja California, México" por Rosas Gómez, R.	Manejo de playas
2004	77.61	43	140,282	180,744	"Evaluación de la calidad ambiental para uso recreativo en 14 playas de Baja California" por López Mendoza, J. A.	Manejo de playas
2002	70.96 19138	42	273132	384,899	"Evaluación de la basura marina en la Playa Municipal de Ensenada B. C., México", Silva Iñiguez, L.	Basura
2000	64.30	37	122,796	190,964	"Índices ecológicos para la evaluación y la gestión ambiental: Aplicación en un estudio de caso (Punta Banda, Ensenada, Baja California, México)." por Ahumada Cervantes, B.	Índices ambientales
2000	64.30	37	122,796	190,964	"Definición de Áreas con Potencial de Conservación a partir de Indicadores Ambientales. Caso estudio: Región Península de Punta Banda-Estero Punta Banda, B. C. México." por Alvarado Aguilar, D.	Planificación ambiental
1998	52.54	34	49,608	94,414	"Análisis multicriterio para la política de uso en La Barra del Estero de Punta Banda, B. C., México." por Sepúlveda Trujillo, M. A.	Planificación ambiental
1996	38.28	26	85,698	223,859	"Germinación y establecimiento de <i>Abronia maritima</i> en las dunas de Punta Banda, B. C." por Sánchez Oliveros, R.	Revegetación / reforestación
199	38.28	26	85,698	223,859	"Variación de la tasa de pastoreo de	Diversidad

6					<i>Acartia californiensis</i> Trinast (Copepoda: Calanoidea), en el Estero de Punta Banda, B. C., México" por Badillo Padilla, M. M.	genética
1991	15.24	12	17,401	114,173	"Estudio de vocación de uso de suelo en una región de la Bahía de Todos Santos, Municipio de Ensenada, Baja California." por Martínez Rocha, I. A.	Planificación ambiental
1990	12.82	10.7	15,532	121,068	"Vocación de uso turístico de la planicie costera del Estero de Punta Banda, Baja California." por Bennet Domínguez, J.	Planificación Ambiental
			\$ Total		2,883,921	

Tabla 8. Inversión real (pesos mexicanos) calculados por zona. Celdas en gris claro pertenece a especialidad, gris término medio es de maestría y gris oscuro de doctorado.

Zona	Total \$	Monto por cada tesis (\$)						
1. Todo	911,091	188,498	188,304	83,186	83,186	187,170	180,744	
2. PM-Ciprés	934,485	83,186	187,170	82,956	82,099	114,172	384,899	
3. EPB	1,225,514	180,0386	190,963	190,963	94,413	223,859	223,859	121,068

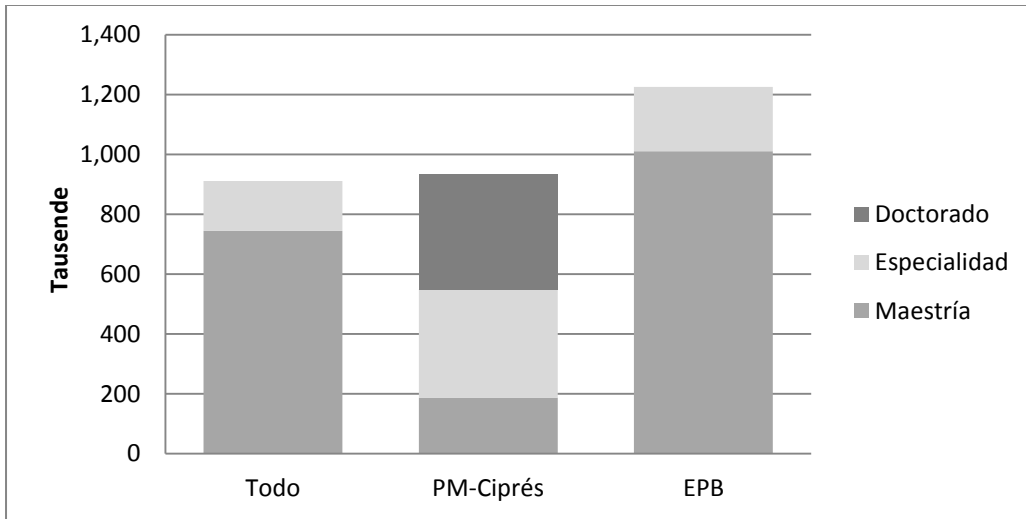


Figura 5. Distribución del monto económico real (en pesos mexicanos) de acuerdo a los estudios de posgrado.

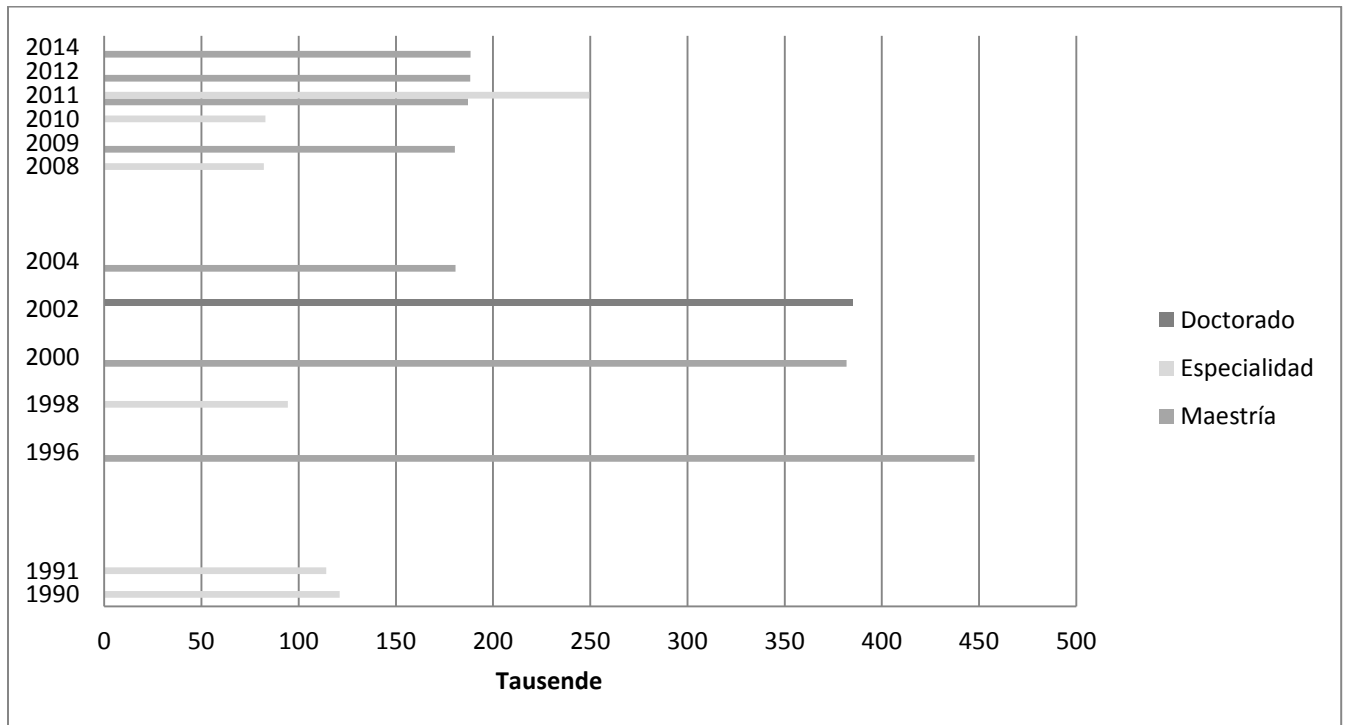


Figura 6. Comparación cronológica de la inversión real en investigación (pesos mexicanos).

IV.3.2. Hábitat

Para el proyecto de Pro Esteros A. C., se le otorgaron \$238,479 pesos mexicanos para reforestar dos ha de DC. La rehabilitación por la pérdida de la vegetación nativa por la invasión por *Carpobrotus edulis* para el total remanente de DC, que comprende una superficie de 224.72 ha, requerirá \$26,795,500 pesos más los \$119,239 pesos para rehabilitar el vivero dando un total de \$26,914,739. Estos datos fueron obtenidos en valor nominal de abril de 2014 con Índice Inflacionario de 112.88. Lo que finalmente representa \$23,843,674 en pesos reales (\$1,927,538 USD) por el área de estudio y \$106,103 pesos/ha (\$8,578 USD/ha). En el caso de Portugal, observaron que la presencia de *C. edulis* como invasora, tiene impactos débiles sobre la estructura y composición de las comunidades nativas de las DC (Maltez-Mouro *et al.*, 2010). Será necesario el estudio de los efectos de esta especie en las comunidades de las DC del CPE y determinar si resulta necesario invertir en su remoción.

Se obtuvo que la inversión preventiva realizada para la investigación (\$1,041 USD/ha) y la rehabilitación del hábitat (\$8,578 USD/ha), resultaron menores en comparación con las acciones de reemplazo para el control al disturbio valorados en \$67,000 USD/ha/año, una vez desaparecida la DC de Veracruz, México (Mendoza-González *et al.*, 2012) y de Cataluña (Brenner *et al.*, 2011).

Aunque los valores obtenidos en el presente estudio podrían observarse como bajos, en comparación de otros SE, no deben ser considerados menos importantes, ya que son sólo dos SE de los 21 que pueden prestar las DC. De esta manera resulta económicamente viable la inversión para rehabilitar el hábitat de las DC, ya que promueve el mantenimiento del sistema y la efectividad para brindar otros SE, como el ahorro de estructuras de protección, que es casi ocho veces mayor que el valor de inversión. Los gastos de la rehabilitación y de la investigación en DC que pueden servir para adecuar las técnicas de rehabilitación del hábitat, implican un ahorro posterior en estructuras de protección.

La experiencia en México con mayores costos económicos debido a la pérdida de SE (\$1,740 millones de USD obtenido por García *et al.*, 2006) fue el caso de Cancún, Quintana Roo. Esta cantidad es casi mil veces mayor al monto económico necesario para restaurar el total de DC del CPE (\$1.9 millones de USD). Aun así, requirieron adicionalmente de \$650 millones de pesos (\$52.546 millones de USD) para rellenar las playas de manera artificial (Mendoza *et al.*, 2015). Los costos de recuperación por lo regular tienden a ser gastos mayores y continuos a diferencia de los costos preventivos o de rehabilitación. Este es un claro ejemplo del costo necesario para mantener las condiciones de un ecosistema, y poder obtener sus servicios ambientales, bajo la conceptualización de Michel-Villalobos (2014).

El SE recreativo también presentó mayor valor en comparación con los SE evaluados en el presente estudio, que abarcan desde \$36,687 USD/ha/año en Cataluña (Brenner *et al.*, 2012) a los \$12,585 USD/ha/año, de acuerdo a las ganancias por los paseos en motocicletas en Veracruz (Mendoza-González *et al.*, 2012). El uso de este SE contribuye en la degradación de las DC (Kutiel *et al.*, 2002), por lo que dejan de prestar los demás SE. Al degradar el ecosistema, éste requiere inversión de tiempo y dinero para beneficiar a las personas por medio de servicios ambientales. Con estas ganancias se podrían subsanar los costos de restauración, que en el caso de estudio resultaron de \$8,551 USD/ha, para lograr un uso recreativo sustentable. Dado que resulta más costoso reemplazar los SE de las DC, se recomienda conservarlas o invertir en su rehabilitación para que puedan brindar todos sus SE.

En la legislación mexicana, se identificó el método oficial para valorar la pérdida de la vegetación, llamado "Compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales". El método no fue llevado a cabo en las DC del CPE debido a las siguientes razones. Se tratan de medidas de compensación de impactos necesarias en caso de planear la instalación de un proyecto que cambie el uso de suelo de las DC. Bajo este método, las DC están definidas como vegetación de ecosistema de humedales o de transición tierra y mar, con alto contenido de humedad y en algunas ocasiones son terrenos cubiertos completamente por agua dulce o salobre durante una

parte del año o por todo el año. Proponen reforestar con densidad de 2500 plantas/ha con el argumento de que la vegetación de galería presenta alta densidad de árboles. Estas no son características de las DC del CPE, puesto que son ecosistemas áridos, con vegetación abierta y aislada en manchones. Sin embargo el costo de referencia para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo es de \$160,678.76 pesos por hectárea (\$12,544 USD/ha), el más alto de los demás ecosistemas. Esta diferencia es debido a que según el acuerdo, necesita la suavización de taludes el cual tiene un costo de \$144,700 pesos/ ha, que no se incluye en las actividades de reforestación de otros ecosistemas. Aun así, el valor tan elevado para recuperar las DC podría disminuir el cambio de uso de suelo, lo cual es favorable para su conservación. Estas son evidencias del alto valor por compensar el hábitat de las DC.

El método se enfoca en rehabilitar terrenos forestales con vegetación producida en viveros. Dichas plantas tienen un costo de \$2.22 pesos por producción de cada una y \$2.06 pesos por su reforestación unitaria, mas \$0.11 pesos para el transporte unitario al área a reforestar según la información del tabulador aunque el costo real puede ser muy superior. Este valor se considera inexacto, dado que es un valor genérico oficial, el cual es asignado a todas las plantas por igual que serán destinadas a rehabilitar ecosistemas. En la Ley no se muestran las diferencias del costo entre plantas de DC o plantas de selvas, solo hacen diferencias entre plantas de lento crecimiento (\$2.22 pesos) y plantas de rápido crecimiento (\$1.96 pesos). Bajo su lógica, el lento crecimiento solo implica unos centavos de diferencia para su mantenimiento.

En el caso local, sólo las plantas formadoras o pioneras de DC, son las que se restringen al ecosistema (*Abronia maritima*, *Camissonia lewisii*, *Haplopappus venetus*, *Atriplex coulteri* y *Lotus nuttallianus*). Las demás especies son propias de tipos de vegetación aledañas como los humedales, el matorral costero, chaparral, desierto, etc. Esto dificulta la rehabilitación de las DC, puesto que están compuestas por diferentes grupos de vegetación, lo cual aumenta tanto la diversidad genética como la complejidad de asociaciones entre las comunidades ecológicas. Sin embargo, el uso de

plantas pioneras, que son todas aquellas restringidas a DC, promueven la colonización de otras especies por medio de sucesión ecológica.

Las especies animales contenidas en las DC del CPE en su mayoría fueron aves migratorias, por lo que no son fauna exclusiva de DC. Sin embargo la conservación de las DC contribuyen como zonas de descanso para dichas aves de importancia internacional. Las 24 especies enlistadas en la NOM-059 presentes en el CPE, aumentarían el valor en la proporción de hectáreas a recuperar por hectáreas modificadas por un proyecto en el caso del método citado. El presente trabajo propone que una DC puede tener altos valores en SE, aunque su diversidad genética esté afectada por la presencia de 32 especies invasoras. El valor de la DC no depende del número de especies endémicas. Bajo la presente óptica, sería sólo uno de los múltiples SE que prestan a la sociedad.

V. RECOMENDACIONES DE MANEJO

V.1. Aprovechamiento de SE

Los usuarios de los SE necesitan reconocer que el disfrute del SE en el largo plazo depende de la conservación de la dinámica natural del ecosistema. Es necesario mantener las características naturales de las DC, para que estas provean los SE, por medio del mantenimiento de la arena, tanto en DC como en arroyos. Es imposible que la extracción de arena sea sustentable, ya que los requerimientos de arena para la construcción o la remediación de playas son superiores a la velocidad del transporte de sedimento por los arroyos (Everard *et al.*, 2010). Si se interrumpe la dinámica natural es muy probable que se pierdan los demás SE. Al manejar los recursos, en función de sus entradas, es decir del aporte de arena o del nacimiento de organismos, se podrán aprovechar en el largo plazo. Un mayor control del uso de los SE de provisión provocará menor impacto en la dinámica natural de las DC, por lo que se podrán aprovechar los demás SE.

Los SE de provisión tienen un límite de uso debido a que son bienes excluibles los cuales tienden a ser objetos de mercado (Swallow *et al.*, 2009). El uso intensivo tiende

a impactar en el suministro de los demás SE. Si se llega a extraer gran parte de la arena o de la vegetación de las DC, se perderán los otros SE. Por el contrario, la provisión de recursos genéticos como los que confieren resistencia a la salinidad, sequía, enterramiento, entre otros, podrían ser estudiados, aislados y replicados, con ayuda de técnicas moleculares, que no requiere extracción excesiva. De manera similar algunos recursos medicinales también podrían ser replicados con ayuda de técnicas biotecnológicas.

Los SE de hábitat, de regulación y algunos culturales, no son bienes excluibles debido a que no son extractivos. El único requisito necesario para poder ofrecer sus SE, es el mantenimiento de su funciones ecológicas, por medio de su conservación. El SE cultural que si tiene límite de uso son las oportunidades de recreación y turismo, ya que sólo soportan una cantidad finita de usuarios. Este SE puede ser un bien excluible, lo que requiere un pago monetario por parte del usuario. Su aprovechamiento pudiera ir en detrimento del ecosistema, como el tránsito de motocicletas o el desarrollo turístico masivo.

V.2 Tendencias de uso

El agua potable escaseará por lo que el uso de acuíferos de DC es un recurso prometedor para el CPE como lo fue para Argentina (Carretero y Kruse, 2012). Otra tendencia es la intrusión salina en acuíferos y en el suelo, condición que se tiene en muchas partes del mundo, debido a la sobre explotación de los acuíferos. Se espera que los terrenos cercanos al mar estén salinizados y los cultivos convencionales no sean factibles. El uso de plantas halófitas en los cultivos salinizados, podría ser una oportunidad para la venta de alimentos como *Salicornia* (Ventura y Sagi, 2013). Con el sólo hecho de que se conserven las DC se obtendrán varias interacciones gana-gana ya que se evitará la escasez de agua potable, por medio de su filtración y prevención de la intrusión salina, así como la provisión de especies que puedan resistir suelos salinizados.

En el caso de elegir cuál actividad sería gana-gana ambiente-sociedad, se recomienda optar el aprovechamiento de un SE, que permita ofrecer el mayor número de sus otros SE y satisfacer el máximo número de sectores sociales con una sola acción. De esta manera se considera que las DC son ecosistemas de multiservicios.

V.3. ¿De qué ha servido saber cuántos SE ofrecen las DC?

La publicaciones de la existencia y el reconocimiento de los SE de las DC han servido para informar el valor del ecosistema con respecto a la sociedad, hacia un público científico internacional. Esta información ha sido útil en la identificación de problemas comunes, como la pérdida de DC, extinción de recursos medicinales, alimenticios, mineros, recreativos, etc. Se pueden compartir experiencias y soluciones a problemas que han tenido anteriormente y servir de ejemplo, para otros países que están sufriendo dichos problemas.

En caso de ser un conocimiento tradicional, al reportarse en un artículo científico, queda perpetuado y se evitará la pérdida del conocimiento ancestral o tradicional. La información científica también está restringida a la comunidad científica y no se transmite a las personas ajenas a este ámbito. La información de SE actualmente se encuentra en escritos largos, con vocabulario sofisticado (Martínez y Psuty, 2004; MEA, 2005; UK National Assessment) que no promueve su lectura, debido que son textos tediosos y poco interesantes para el público en general. Por esta razón, las personas no se apropian de las DC, debido a que no saben lo que aportan a su bienestar lo que contribuye en a la disminución del ecosistema.

Si los SE se popularizaran, la sociedad reconocería la dependencia hacia los ecosistemas. La facilitación de la sensibilización de los SE, será a través de un lenguaje coloquial, en materiales sencillos de percibir como comerciales en video o en radio, redes sociales y páginas de internet intuitivas. La educación ambiental debe dirigirse a todos los sectores, todas las edades, oficios y clases sociales. Algunos lugares tienen senderos interpretativos, los cuáles podrían ser enriquecidos con códigos de realidad aumentada, para que cualquier persona que tenga un teléfono

inteligente a la mano, pueda consultar mayor información como videoclips con datos de SE. Esta podrá ser una manera de sensibilizar a las personas a conservar el ecosistema, por lo que contribuirá en mantenimiento de su dinámica natural y los SE que aporta. El uso de herramientas de comunicación de los SE que prestan las DC, ampliará el conocimiento de las personas y estas reconocieran más SE. Los ejercicios de de la Vega (2011) y Rodríguez Lizárraga (2012) en México, son ejemplo de las posibilidades para comunicar los valores de las DC de cualquier ciudad que las tenga.

Es posible que en el futuro se comprueben nuevos hallazgos de SE, sobre todo de recursos genéticos, fuentes nutricionales y fármacos, dada la actual falta de conocimiento sobre la diversidad genética de las DC. Su estudio es importante, sin embargo resulta más urgente su conservación, de modo que con el tiempo, se puedan estudiar otras propiedades de las DC. Es necesario buscar mecanismos que promuevan la conservación y mejoren la calidad ecológica, para que prevalezcan como fuente de SE. Se recomienda también identificar los SE y funciones ecológicas de otros ecosistemas, ya que algunos ecosistemas dependen de otros, como es el requerimiento de la DC por el aporte sedimentario de arroyos.

V.4. Aprovechamiento de SE en el CPE

Para poder continuar con el aprovechamiento de SE de DC, es necesario la conservación tanto de su vegetación y los cuerpos de agua asociados, así como la propuesta de actividades que sean compatibles con la conservación. El uso militar, las actividades científicas, la educación ambiental y el ecoturismo regulado son un ejemplo. Se podría recomendar formas para lograr que impacten menos las actividades instaladas en las DC. Algunas de las actividades turísticas como la construcción de casas de verano, podría efectuarse de manera similar al complejo turístico Pacífica, en donde mantienen a las DC como áreas verdes y promueven el valor estético, al ser visualmente atractiva por la combinación de arquitectura y naturaleza. Hay recomendaciones para elaborar un guión de educación ambiental en DC (de la Vega, 2011; Rodríguez-Lizárraga, 2012), más no se han elaborado manuales para lograr un turismo consciente e informado para que impacte menos, ni un instrumento para que

los motociclistas aprecien el sitio que utilizan como pista y traten de mantenerla para las generaciones futuras.

Cuando uno o más SE de las DC son muy importantes para la localidad, su relevancia es tal que es necesario conservar su estado natural. Prescindir de estos SE limitaría las actividades económicas que pudieran surgir a partir de su aprovechamiento.

VI. CONCLUSIONES

Se determinó la importancia de las DC por medio de sus SE y su valor económico. Es necesario contar con métodos de valoración en los que se puedan evaluar los impactos de los SE en las vidas humanas y reconocer la importancia que cada uno de ellos tiene.

Las DC ofrecen 21 SE, excepto los de regulación a la calidad del clima y el control biológico, de acuerdo al modelo de clasificación usado. El SE de provisión de materia prima fue el más documentado, aunque algunos países han prohibido la actividad en DC debido a la pérdida de sus otros SE. La fertilidad del suelo fue el SE regulatorio más reconocido. La regulación al disturbio presentó los valores económicos más altos en comparación con los demás SE costeros, debido a su prevención ante los desastres provocados por el cambio climático. La recreación y el turismo es el SE cultural más reconocido, el cual es comúnmente acompañado por el impacto del pisoteo y el tránsito de vehículos.

En México la regulación al disturbio fue el SE mayormente documentado, quizás por eventos como los sucedidos en Cancún, Quintana Roo. Su valor económico (\$67,874 USD/ha/año) aunado al del SE recreativo (\$12,585 USD/ha/año) demuestra el ahorro en estructuras de protección costera y las ganancias en su uso. Sin embargo su importancia no ha permeado en la toma de decisiones dado que es un ecosistema en constante disminución. Otra razón de su desaparición es la falta de apropiación de las personas hacia estos ecosistemas, puesto que no saben lo que contribuyen en su bienestar, ni lo que implica su recuperación.

La diferenciación entre un SE y un servicio ambiental es una buena referencia ante la sociedad, para ejemplificar el aprovechamiento gratuito de servicios ofertados por parte de ecosistemas naturales que sólo han requerido ser conservados y los servicios ambientales, los cuales necesitamos invertir en ellos para volver a gozar de sus beneficios. Para lograr el reconocimiento de su importancia, se debe popularizar la idea de que dependemos de las DC, a través de la sensibilización por medio de SE, con ayuda de materiales rápidos de percibir, donde se utilice lenguaje coloquial, dirigido a todos los sectores, personas de todas las edades, oficios y clases sociales.

La principal conclusión que surgió de esta investigación fue saber el aporte de la investigación en las DC, el beneficio de la sociedad por recibir los SE y por qué se destruyen continuamente. Se buscó proponer formas para que las actividades recreativas dejen de ser destructivas y se aprovechen de manera sustentable. Se necesitará dar un seguimiento a todas las preguntas, saber si se contestaron completamente, si en el futuro pueden ser actualizadas y cuáles serían las nuevas cuestiones y tendencias de las DC.

Las DC del CPE prestan 13 de los 21 SE documentados en el mundo, de los cuáles se encontraron todos los SE de hábitat, lo que denota la importancia para ser conservadas dada la diversidad genética presente, lo cual ya había sido reconocido en el pasado por los especialistas del tema. El 64% de los SE documentados son provistos por todo el área de estudio.

Las actividades que restringen el paso peatonal y vehicular como las actividades militares, resultan compatibles con la conservación del ecosistema. De lo contrario en otras áreas accesibles, debido a que las DC son de los pocos sitios recreativos disponibles, el constante pisoteo y la construcción de infraestructura turística son las principales razones de pérdida del ecosistema.

En Ensenada las DC representan un sitio de descanso a 72 especies de aves migratorias y albergan 24 especies enlistadas, en donde se encuentran algunas migratorias. Es necesaria la conservación de las DC y cuerpos acuáticos (agua dulce y salada) asociados, ya que en el ecotono mar y tierra, la diversidad florística y faunística es mayor.

El desarrollo cognitivo a partir de la DC en Ensenada se valoró en \$233,875 USD en 224.72 ha. Esto equivale a 1,041 USD/ha de DC en el CPE. El sitio del EPB ha sido el más investigado, y por lo tanto tiene el mayor valor económico en el SE de información. La restauración de las 224.72 ha de DC, requerirá \$1,927,540 USD o \$8,578 USD/ha. Ambos valores resultaron menores en comparación con otros SE como el control al disturbio en Veracruz, sin embargo no los hace menos importantes, ya que son sólo dos SE de los 21 que pueden prestar las DC.

Se determinó que resulta más rentable la inversión para rehabilitar el hábitat de las DC, para promover el mantenimiento del sistema y la efectividad para brindar otros SE, como el ahorro de estructuras de protección, que es casi ocho veces mayor que el valor de inversión. Con el caso de Cancún, Quintana Roo se observó que los costos en recuperación son mucho mayores a los costos preventivos de rehabilitación. Con las ganancias por el aprovechamiento del SE recreativo, se podrían subsanar los costos de restauración, para lograr un uso recreativo sustentable. Sin embargo con el sólo hecho de conservar la DC, se ahorraría el costo de rehabilitación del hábitat y se podrían ofrecer los SE de manera gratuita. Resulta más costoso reemplazar los SE de las DC que invertir en rehabilitación o su conservación para que puedan brindar todos sus SE.

BIBLIOGRAFÍA:

Acosta-Zamorano D., Macías-Carranza V., Mendoza-Espinosa L. y Cabello-Pasini A. 2013. Efecto de las aguas residuales tratadas sobre el crecimiento, fotosíntesis y rendimiento en Vides Tempranillo (*Vitis vinifera*) en Baja California, México. *Agrociencia* **47 (8)**: 753-766.

- Anda-Martín B.I., Chavira-Silva J., Del Toro-Kobzeff A., Flores-Zavala R.A., Jaimes-Lugo M.E., y González-Acevedo Z.I. 2013. Características ambientales de La Lagunita de El Cirpés, Mpio. de Ensenada, Baja California y las amenazas a su conservación. *GEOS* **33 (2)**: 1-19.
- Alves F., Roebeling P., Pinto P. y Batista P. 2009. Valuing Ecosystem Service Losses from Coastal Erosion Using a Benefits Transfer Approach: a Case Study for the Central Portuguese Coast. *Journal of Coastal Research Special Issue* **56**: 1169-1173
- Baeyensand G. y Martínez M.L. 2004. Animal Life on Coastal Dunes: From Exploitation and Prosecution to Protection and Monitoring. Book Section (2004). En: Martínez M.L., Psuty N. Eds. *Coastal Dunes. Ecological Studies*, pp.1-386, Springer.
- Banco de México. 2014. Índices de Precios al Consumidor y UDIS. <<http://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarSeries>> (consultado 16 de julio 2014)
- Balke K-D y Zhu Y. 2008. Natural water purification and water management by artificial groundwater recharge. *Journal of Zhejiang University Science B* **9(3)**:221-226
- Barbier E.B., Hacker S.D., Kennedy C., Koch E.W., Stier A.C. y Silliman B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs* **81 (2)**: 169-193
- Barbier E.B., Georgioum I.Y., Enchelmeyer B. y Reed D.J. 2013. The Value of Wetlands in Protecting Southeast Louisiana from Hurricane Storm Surges. *PLoS ONE* **8(3)**:1-6
- Batey C. y Paterson C. 2012. A Viking burial at Balnakeil, Sutherland. In: Reynolds A. y Webster L. Eds. *Early Medieval Art and Archaeology in the Northern World: Studies in Honour of James Graham-Campbell*, pp. 1-1024, Brill, Leiden, Netherlands.
- Betancourt-Lineares A., Irigoyen-Camacho M.E., Mejía-González A.; Zepeda-Zepeda M. y Sánchez-Pérez L. 2013. Prevalencia de fluorosis dental en localidades mexicanas ubicadas en 27 estados y el D.F. a seis años de la publicación de la Norma Oficial Mexicana para la fluoruración de la sal. *Revista de Investigación Clínica* **65 (3)**:237-247

- Bhagya B., y Sridhar K.R. (2009). Ethnobiology of coastal sand dune legumes of Southwest coast of India. *Indian Journal of Traditional Knowledge* **8 (4)**: 611-620
- Bonte D., Criel P., Vanhoutte L., Van-Thournout I. y Mealfait J.P. 2004. The importance of habitat productivity, stability and heterogeneity for spider species richness in coastal grey dunes along the North Sea and its implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* **13**: 2119–2134
- Brenner J., Jiménez J.A., Sardá R. y Garola A. 2010. An assessment of the non-market value of the ecosystem services provided by the Catalan coastal zone, Spain. *Ocean & Coastal Management* **53**: 27–38
- Brewer I.M. y Whelan R.J. 2006. Changes in dune vegetation over 60 years in a sand-mined area of the NSW lower North Coast. *Cunninghamia* **8(1)**: 85–92
- Burger, J. 2014. Ecological concerns following Superstorm Sandy: stressor level and recreational activity levels affect perceptions of ecosystem. *Urban Ecosystem* **18(2)**:553-575
- Carretero S.C., Kruse E.E. 2012. Relationship between precipitation and water-table fluctuation in a coastal dune aquifer: northeastern coast of the Buenos Aires province, Argentina. *Hydrogeology Journal* **20**: 1613–1621
- Castillo Valdez H.F. 1995. Cambios en la Línea de Playa en la Boca del Estero de Punta Banda. Tesis Profesional para obtener el grado de Licenciatura en Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 51 pp.
- Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI). 2014. Tabla de Salarios Mínimos Generales y Profesionales del área geográfica A. <http://www.conasami.gob.mx/t_sal_mini_prof.html> (consultado 22 de agosto 2014)
- Conrad J.R., Wyneken J., Garner J.A., y Garner S. 2011. Experimental study of dune vegetations impact and control on leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* nests. *Endangered Species Research* **15**: 13-27
- Costanza R., d'Arge 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. y van den Belt M. 1997.

- The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**: 253-260.
- Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anerson S.J., Kubiszewski I., Farber S. y Turner R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* **26**: 152-158.
- Cowles H.C. 1899. *Ecological Relations of the Vegetation on the Sand Dunes of Lake Michigan*. 119 pp. Reimprimió Kessinger Publ. 2010.
- Daesslé L.W., Sánchez E.C., Camacho-Ibar V.F., Mendoza-Espinosa L.G., Carriquiri J.D., Macías V. & Castro P. 2005. Geochemical evolution o groundwater in the Maneadero coastal aquifer during a dry year in Baja California. *Hydrogeology Journal* **13**: 584-595.
- Damgaard C., Thomsen M.P., Borschsenius F., Nielsen K.E. y Strandberg M. 2013. The effect of grazing on biodiversity in coastal dune heathlands. *Journal of Coastal Conservation* **17**: 663-670.
- de Groot R.S. 1992. *Functions of nature: Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Groningen, The Netherlands: Wolters, Nordhoff BV.
- de Groot R.S., Wilson M.A. y Boumans R.M.J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* **41**: 393-408.
- de Groot R.S., Fisher B., Christie M., Aronson J., Braat L., Haines-Young R., Gowdy, J., Maltby E., Neuville A., Polasky S., Portela R. y Ring I. 2010. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. En: Kumar, P. Eds. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, pp. 1-37, Earthscan, London.
- de Groot A.V., de Vries S., Keijsers J.G.S., Riksen M.J.P.M., Ye Q., Poortinga A., Arens S.M., Bochev-Van der Burgh L.M., Wijnberg K.M., Scretlen J.L. y van Theil de Vries J.S.M. 2012. Measuring and modeling coastal dune development in the Netherlands. *Jubilee Conference Proceedings* pp. 105-110
- de la Vega-Carbajal T.G. 2011. Propuesta de interpretación ambiental para el ecosistema de dunas costeras: el caso de Punta Banda, Ensenada. Tesis de

- Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas (MEZA), Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 168 pp.
- Deppe J.L., Rotenberry J.T. 2008. Scale-dependent habitat use by fall migratory birds: Vegetation structure, Floristics, and Geography. *Ecological Monographs* **78 (3)**: 461-48
- Doody Patrick J. 2013. *Sand Dune Conservation, Management and Restoration. Human Occupation, Use and Abuse*. Coastal Research Library. Volume 4. pp 303
- Everard M., Jones L. y 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
- Fisher B., Turnera R.K. y Morlingb P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* **68**: 643 – 653
- García, N., Marin, R., Méndez, K. y Bitrán, D., 2006. *Características e impacto socioeconómico de los huracanes Stan y Wilma en la República Mexicana en el 2005*. Centro Nacional de Prevención de Desastres/ Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas, México D. F., pp. 325.
- Gómez-Pina G., Muñoz-Pérez J.J., Ramírez J.L. y Ley C.. 2002. Sand dune management problems and techinques, Spain. *Journal of Coastal Research Special Issue* **36**: 325-332
- Gordon D.M. 2000. Plants as indicators of leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae) nest habitat in coastal dunes. *Pan-Pacific Entomologist* **76(4)**: 219-233
- Gosper C.R. 1999. Plant food resurces of birds in coastal dune communities in New South Wales. *Corella* **23 (3)**: 53-62
- Guardado-France, R. 2012. Dunas costeras: ¿las destruimos o las cuidamos? *Revista De Divulgación Científica y Tecnológica De La Universidad Veracruzana* **25 (2)**
- Guido, P.A., Ramírez-Camperos A., Godínez-Orta L., Cruz-León S. y Juárez-León A. 2009. Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México. *Avances en recursos Hidráulicos* (**20**): 41-56

- Harris L.E. 2009. Artificial Reefs for Ecosystem Restoration and Coastal Erosion Protection with Aquaculture and Recreational Amenities. *REEF Journal* **1(1)**: 235-246
- Hesp P.A. 2002. Coastal sand dunes form and function. *New Zealand Journal of Geography* **114(1)**: 34pp
- Hol G.W.H., van der Wurff A.W.G., Skøt L. y Cook R. 2008. Two distinct AFLP types in three populations of marram grass (*Ammophila arenaria*) in Wales. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* **6**: 201-207
- Hutchinson L., Montagna P., Yoskowitz D., Scholz D. y Tunnel J. 2015. Stakeholder Perceptions of Coastal Habitat Ecosystem Services. *Estuaries and Coasts* **38 (Suppl 1)**:S67-S80
- IMIPE, A.C. (Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada, Asociación Civil), Pro Esteros, A.C., Haciendo lo Necesario, A.C., Centro Mexicano de Estudios para la Conservación, A.C., Pro Playitas, A.C.; Lorax Consultores S.A. de C.V., Dirección de Ecología del XX Ayuntamiento de Ensenada, Arte y Medio Ambiente en Armonía, Ensenada Artist Association, A.C. y Héctor Benet Contreras. 2013. Estudio previo justificativo para la creación del área natural protegida: Parque Estatal "La Lagunita", Ensenada, B.C. <<http://www.spabc.gob.mx/noticias/view/id/114/dep/0>> (consultado abril 2013)
- Jiménez Esquivel V.M. 2010. Cambios en la Vegetación de Dunas Costeras de la Playa Municipal de Ensenada entre los años 1979, 1980, 1993 Y 1998. Trabajo Terminal de Especialidad en Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 43 pp
- Jiménez-Pérez L.C., de la Cueva H., Molina-Peralta F. y Estrada-Ramírez A.. 2009. Avifauna del Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Acta Zoológica Mexicana* **25(3)**:589-608
- Jones L., Angus S., Cooper A., Doody P., Everard M., Garbutt A., Gilchrist P., Hansom J., Nicholls R., Pye K., Ravenscroft N., Ree S., Rhind P. y Whitehouse A. 2011. Chapter 11: coastal margin habitats. En: UK National Ecosystem Assessment. Eds. *The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of a Key Findings*, pp.1-47, UNEP-WCMC, Cambridge

- Kaneko K., Oshida K. y Matsushima H. 2013. Ecosystem services of coastal sand dunes saw from the aspect of Sake breweries in Chiba Prefecture, Japan: A comparison of coastal and inland areas. *Open Journal of Ecology* **3 (1)**: 48-52
- Kholkhal W., Ilias F., Chahrazed B. and Bekkara F.A. 2012. *Eryngium maritimum*: A Rich Medicinal Plant of Polyphenols and Flavonoids Compounds with Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Activities. *Current Research Journal of Biological Sciences* **4(4)**: 437-443
- Kikowska M., Thiem B., Siliwinska E., Rewers M., Kowalczyk M., Stochmal A. y Oleszek W. 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. *Journal of Plant Growth Regulation* **33**:809–819
- Kindermann G. y Gormally M.J. 2010. Vehicle damage caused by recreational use of coastal dune systems in a Special Area of Conservation (SAC) on the west coast of Ireland. *Journal of Coastal Conservation* **14**:173-188
- Kutiél P., Eden E. y Zhevelev Y. 2002. Effect of experimental trampling and off-road motorcycle traffic on soil and vegetation of stabilized coastal dunes, Israel. *Environmental Conservation* **1**: 14-23
- Lubinsky D., Victoria D.N., Cervantes O., Espinoza-Tenorio A., Delhumeau S. y Espejel I. 2009. El valor de dos playas turísticas de Ensenada, Baja California según la percepción de los usuarios. *Revista de Medio Ambiente, Turismo y Sustentabilidad* 45-56
- Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, (MEZA) Generación 2010-2012. 2011. Propuesta de manejo para el Ejido Coronel Esteban Cantú, Ensenada, Baja California, México. Informe Técnico de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 182 pp.
- Maltez-Mouro S., Maestre F.T. y Freitas H. 2010. Weak effects of the exotic invasive *Carpobrotus edulis* on the structure and composition of Portuguese sand-dune communities. *Biological Invasions* **12**:2117–2130
- Martínez M.L., Psuty N. 2004. *Coastal Dunes. Ecological Studies*, pp.1-386, Springer

- Martínez M.L. 2009. *Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento*. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Mendoza E., Silva R., Enriquez-Ortiz C., Mariño-Tapia I. y Félix A. 2015. Analysis of the Hazards and Vulnerability of the Cancun Beach System: The Case of Hurricane Wilma. En: Chávez M., Ghil M. y Urrutia-Fucugauchi J. Eds. *Extreme Events: Observations, Modeling and Economics*. pp. 462 American Geophysical Union, Wiley-Blackwell
- Mendoza-Espinosa L., Daesslé-Heuser W. 2012. Maneadero Aquifer, Ensenada, Baja California, Mexico. *Guidelines for water reuse* Appendix E International Case Studies: E79-E81
- Mendoza-González G., Martínez M.L., Lithgow D., Pérez-Maqueo O. y Simonin P. 2012. Land use and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecological Economics* **82**: 23-32
- Michel-Villalobos C.A. 2014. Valoración relativa de los sistemas costeros de la Bahía de Todos Santos. Línea base para el futuro "Manejo Basado en Servicios Ecosistémicos (ESBM). Tesis para obtener el grado de Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 213 pp
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2003. *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment*, pp. 1-137, Washington, D.C.: Island Press.
- Millington J.A., Booth C.A., Fullen M.A., Moore G.M., Trueman I.C., Worsley A.T., Richardson N. y Baltrenaite E. 2009. The role of long-term landscape photography as a tool in dune management. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* **17(4)**: 253-260
- Mollema P.N., Antonellini M., Minchio A. y Gabbianelli G. 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, pp. 151-154
- Moreno Casasola P. y Paradowska K. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques* **15 (3)**: 21-44

- Mottier V., Brissaud F., Nieto P. y Alamy Z. 2000. Wastewater treatment by infiltration percolation: A case study. *Water Science and Technology* **41 (1)**: 77-84
- Pérez-Maqueo O., Martínez M.L., Mendoza-González G., Feagin R.A. y Gallego-Fernández J.B. 2013. The Coasts and Their Costs. En: Martínez M.L., Gallego-Fernández J.B. y Hesp P.A. Eds. *Restoration of Coastal Dunes*, pp. 1-347, Springer Series on Environmental Management.
- Petanidou T., Ellis-Adam A.C., den Nijjs J.C.M. y Oostermeijer J.G.B. 1998. Pollination ecology of *Gentianella uliginosa*, a rare annual of the Dutch coastal dunes. *Nordic Journal of Botany* **18(5)**: 537–548
- Peynador C. y Méndez-Sánchez F. 2010. Managing coastal erosion: A management proposal for a littoral cell in Todos Santos Bay, Ensenada, Baja California, Mexico. *Ocean and Coastal Management* **53(7)**:350-357
- Pliz D. y Molina R. 2002. Commercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management, and monitoring for sustainability. *Forest Ecology and Management* **155**: 3–16
- Price W.D., Burchell II M.R., Hunt W.F. y Chescheir G.M. 2013. Long-term study of dune infiltration systems to treat coastal stormwater runoff for fecal bacteria. *Ecological Engineering* **52**: 1– 11
- Pro Esteros A. C. 2005. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) del Estero de Punta Banda, Ensenada, Baja California, México.
- Read D.J. 1989. Mycorrhizas and nutrient cycling in sand dune ecosystems. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences*, **96**: 89-110
- Rodríguez-Lizárraga L.G. 2012. El diseño gráfico como mediador de la Educación ambiental de las dunas costeras, el caso de Ensenada B.C., México. Tesis de Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 142 pp.
- Rodríguez-Revelo N., Espejel I., Aceves-Calderón P. y Leyva C. En prensa. Análisis retrospectivo de una duna costera de El Socorro, San Quintín, Baja California, México. *Investigación Ambiental. Ciencia y Política*

- Rodríguez-Revelo N., Rendón-Márquez G., Espejel I., Jiménez-Orocio O. y Martínez-Vázquez M.L. 2014. Análisis de la 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)**
- Rosales-Ortiz V.G. 2006. Variación de la cobertura vegetal del campo de dunas de la playa municipal de Ensenada, B.C., México, durante el periodo 1979-2002. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C. México. 39 pp.
- Rosas-Gómez R. 2008. Propuesta de plan de manejo para la playa municipal de Ensenada, Baja California, México. Tesina de Especialidad en Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México. 110 pp.
- Ruiz-Campos G., Palacios E., Castillo-Guerrero J.A., González-Guzman S. y Batche-González E.H. 2005. Composición espacial y temporal de la avifauna de humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. *Ciencias Marinas* **31(3)**: 553-576
- Sánchez-Oliveros R. 1996. Germinación y establecimiento de *Abronia maritima* en las dunas de Punta Banda, B.C. Tesis de Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B. C., México. 55 pp.
- Seingier G., Espejel I. y Almada J.L.F. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental* **1(1)**: 54-69.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2013. *Manejo de Ecosistemas de Dunas Costeras, Criterios Ecológicos y Estrategias*. Dirección de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial. Primera edición 2013. Impreso en México, D. F.
- Sevink J. 1991. Soil development in the coastal dunes and its relation to climate. *Landscape Ecology* **6 (1/2)**:49-56

- Silva-Iñíguez L. y Fischer D.W. 2003. Quantification and classification of marine litter on the municipal beach of Ensenada, Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* **46**: 132-138
- Sridhar K.R. y Bhagya B. 2007. Coastal sand dune vegetation: a potential source of food, fodder and pharmaceuticals. *Livestock Research for Rural Development* **19(6)**
- Stancheva M., Ratas U., Orviku K., Palazov A., Ravis R., Kont A. Peychev V. Tõnisson H. y Stanchev H. 2011. Sand Dune Destruction Due to Increased Human Impacts along the Bulgarian Black Sea and Estonian Baltic Sea Coasts. *Journal of Coastal Research. Special Issue* **64**: 324-328
- Svenia-Costa S. 2011. Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, B.C. Trabajo terminal de Especialidad en Gestión Ambiental. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B. C., México. 50 pp.
- Swallow B.M., Kallesoe M.F., Iftikhar U.A., van Noordwijk M., Bracer C., Scherr S.J., Raju K.V., Poats S.V., Kumar Duraiappah A., Ochieng B.O., Mallee H., y Rumley R. 2009. Compensation and rewards for environmental services in the developing world: framing pan-tropical analysis and comparison. *Ecology and Society* **14(2)**: 26.
- Tackett N.W. y Craft C.B. 2010. Ecosystem Development on a Coastal Barrier Island Dune Chronosequence. *Journal of Coastal Research* **26 (4)**: 736-742.
- Thompson L.M.C. y Schlacher T.A. 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. *Journal of Coastal Conservation* **12**: 67-82
- Thornton E.B., Sallenger A., Conforto-Sesto J., Egley La., McGee T. & Parsons R. 2006. Sand mining impacts on long-term dune erosion in southern Monterey Bay. *Marine Geology* **229**: 45-58
- Turno-Orellano H.A. e Isla F.I. 2004. Developing sinks for CO2 through forestation of temperate coastal barriers: an environmental business. *Regional Environmental Change* **4**:70-76

- UK National Ecosystem Assessment. 2011. *The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of a Key Findings*, pp.1-47, UNEP-WCMC, Cambridge
- Van Aarde R.J., Wassenaar T.D., Niemand L., Knowles T. y Ferreira S. 2004. Coastal dune forest rehabilitation: A case study on Rodent and bird assemblages in northern Kwa-Zulu-Natal, South Africa. En: Martínez M.L., Psuty N. Eds. *Coastal Dunes. Ecological Studies*, pp.1-386, Springer
- Van der Maarel E. 1997. *Dry Coastal Ecosystems: Polar regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania*, pp.1-600. Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Van Houtte E., Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (Intermunicipal Water Company of the Veurne, IWVA). 2012. Water Reclamation for Aquifer Recharge in the Flemish Dunes. *Guidelines for Water Reuse E21-E23*
- Van Houtte E., Verbauwhede J., y Driessens R. 2005. Sustainable groundwater management of a dune aquifer by re-use of wastewater effluent in Flanders, Belgium. En: Herrier J.L., Mees J., Salman A., Seys J., Van Nieuwenhuysse H. and Dobbelaere I. Eds. *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005'* – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium, pp. 327-333
- Ventura Y. y Sagi M. 2013. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. *Environmental and Experimental Botany* **92**: 144-153
- Viana B.F. y Alves dos Santos I. 2002. Bee Diversity of the Coastal Sand Dunes Of Brazil. IEn: Kevan P. y Imperatriz-Fonseca V.L. Eds. *-Pollinating Bees- The Conservation Link Between Agriculture and Nature* - Ministry of Environment / Brasília. p.135-153.
- Wilson P. 1987. Soil formation on coastal beach and dune sands at Magilligan Point Nature Reserve, Co. Londonderry. *Irish Geography* (**20**): 43-50
- Yoskowitz D., Santos C., Allee B., Carollo C., Henderson J., Jordan S. y Ritchie J. 2010. Proceedings of the Gulf of Mexico Ecosystem Services Workshop: Bay St. Louis, Mississippi, June 16-18, 2010. pp. 16. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Texas A&M University-Corpus Christi