

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

“EVALUACIÓN INTEGRADA DE LA DUNA EL SOCORRO PARA PROPONER SU
MANEJO COMO RECURSO NATURAL EN EL EJIDO NUEVA ODISEA, SAN QUINTÍN,
BAJA CALIFORNIA”

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

NATALIA ALEJANDRA RODRÍGUEZ REVELO

Aprobado por



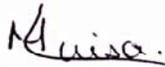
Dr. Martha Ileana Espejel Carbajal



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera



M. en C. Patricia Margarita Aceves Calderón



Dra. María Luisa Martínez Vázquez

Ensenada B.C. Agosto de 2012

RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	7
1.1. ANTECEDENTES	10
1.1.2 <i>Situación socio-ambiental</i>	10
1.2. <i>Planteamiento del problema</i>	18
1.3. <i>Marco Conceptual</i>	18
II. OBJETIVO GENERAL	19
2.1 OBJETIVOS PARTICULARES	20
BIBLIOGRAFÍA	23
III. METODOLOGIA GENERAL DE LA TESIS	26
IV. RESULTADOS	27
ARTICULO I. PARA ENVIARSE A INVESTIGACIÓN AMBIENTAL. CIENCIA Y POLÍTICA.	27
ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE UNA DUNA COSTERA DE EL SOCORRO, SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. PARTE I.	27
RESUMEN.....	27
I. INTRODUCCIÓN	28
1.1. <i>Las dunas costeras</i>	28
1.2. <i>La minería de arenas en México</i>	31
II. METODOLOGÍA	34
2.1. <i>Área de estudio</i>	34
2.2. NUESTRO OBJETO DE ESTUDIO ECOLÓGICO: LA DUNA COSTERA DEL EL SOCORRO.....	35
2.3. <i>El Ejido Nueva Odisea</i>	38
2.4. <i>Análisis documental y hemerográfico</i>	40
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1. <i>Etapas cronológicas del desarrollo del Ejido Nueva Odisea y sus repercusiones en la duna El Socorro.</i>	41
IV. CONCLUSIONES	50
V. REFERENCIAS	51
ARTICULO II. ENVIADO A LA REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS	57
PROVENIENCIA, CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y GRANULOMÉTRICA DE LAS ARENAS DE LA DUNA COSTERA EL SOCORRO, EJIDO NUEVA ODISEA, SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO	57
RESUMEN	57
ABSTRACT	58
INTRODUCCIÓN	59
AREA DE ESTUDIO	60
MÉTODOS	61
RESULTADOS	62

ANÁLISIS MODAL DE CONTEOS DE LÁMINAS DELGADAS	62
ANÁLISIS TEXTURALES.....	63
DISCUSIÓN	64
CONCLUSIONES	65
AGRADECIMIENTOS.....	66
REFERENCIAS.....	66
PIE DE FIGURAS	68
FIGURAS	69
TABLAS.....	73
ARTÍCULO III. PARA ENVIARSE A BOLETÍN DE LA SOCIEDAD BOTÁNICA DE MÉXICO.	75
LA FLORA Y VEGETACIÓN DE LA DUNA EL SOCORRO, SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO	75
RESUMEN	75
ABSTRACT	76
1. INTRODUCCIÓN	76
MÉTODO	79
1.1. ZONA DE ESTUDIO.....	79
1.2 LISTADO FLORÍSTICO.....	81
1.3 ANÁLISIS DE VEGETACIÓN.....	82
3. RESULTADOS	83
3.1. ANÁLISIS FLORÍSTICO	83
3.2. ASOCIACIONES VEGETALES	84
4. DISCUSIÓN.....	90
5. CONCLUSIONES	91
6. REFERENCIAS	92
ARTÍCULO IV. PARA ENVIARSE A INVESTIGACIÓN AMBIENTAL. CIENCIA Y POLÍTICA.....	96
ANÁLISIS PROSPECTIVO DE UNA DUNA COSTERA: EL SOCORRO, SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. PARTE II.	96
RESUMEN	96
ABSTRACT	96
I. INTRODUCCIÓN	97
1.1. ÁREA DE ESTUDIO	100
1.2 USO MINERO DE LAS DUNAS COSTERAS.....	101
1.3 ECOTURISMO EN DUNAS COSTERAS.....	102
II. METODOLOGÍA	104
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	104
3.1. IMPACTOS Y CAUSAS DEL USO MINERO ACTUAL VS. EL ECOTURISTICO POTENCIAL.	104
IV. CONCLUSIONES	117

VI. BIBLIOGRAFÍA	119
ANEXOS.....	123
ANEXO I. ARTICULO I	123
ANEXO 2. ARTICULO III.	124

RESUMEN

El enfoque del manejo de ecosistema, requiere necesariamente un marco conceptual pluridisciplinario. En esta tesis se eligió como objeto de estudio para analizarlo en términos para su manejo, al ecosistema de las dunas costeras, con un caso en Baja California el cual tiene una historia reciente muy interesante: El Socorro, en el Ejido Nueva Odisea en San Quintín, Baja California, México. La tesis consta de cuatro artículos que expresan la visión y los métodos propios de cuatro disciplinas: 1) un análisis retrospectivo de los acontecimientos que se han suscitado desde la formación del ejido hasta las actividades que actualmente se llevan a cabo para entender integradamente el estado actual de la duna, 2) un análisis de la proveniencia y caracterización de los minerales y los granos contenidos en la arena para entender su potencial económico como recurso mineral, 3) un análisis sobre la flora y vegetación de la duna para entender su valor ecológico en cuanto a biodiversidad y 4) un análisis prospectivo para el manejo futuro de la misma basado en dos actividades económicas contrastantes: el ecoturismo y la minería. En primer lugar se presentan los sucesos que han definido el estado actual del ecosistema costero y que caracteriza al poblado del Ejido Nueva Odisea, San Quintín y se identifican los factores contextuales que dispararon cambios en el uso de la duna costera. Esto se ve reflejado a lo largo del tiempo, en la década de los sesenta la formación de ejidos por el poblamiento de la península; en los años noventa por las modificaciones al artículo 127 de la Constitución que da lugar a la privatización de las parcelas ejidales y la explotación de los recursos por agentes externos, y después del año 2000, en que se fomenta el megaproyecto de desarrollo regional denominado Escalera Náutica que descubre el sitio con gran potencial de uso e invita a nuevos actores a usar la duna. El análisis mineralógico del las arenas indica que no hay hierro en cantidades explotables comercialmente, pero en cambio hay cuarzo con 61% y feldespatos con 62 % los cuales son minerales de mayor valor. Con este estudio también se pudo definir el origen de la arena que es el arroyo Santo Domingo, al norte de la misma. El estudio sobre la diversidad florística indica que hay 155 especies de plantas que componen tres asociaciones vegetales, la asociación 1 se distribuye en las crestas las cuales están dominadas por *Isocoma menziensis* var. *vernonioides*, *Cryptantha maritima* var. *maritima*,

Acmispon glaber var. *glaber*, *Helianthus niveus* ssp. *niveus*, *Astragalus trichopodus* ssp. *leucopsis* y *Camissonia crasifolia*; la asociación 2 se distribuye en las laderas (y alguna hondonadas perturbadas) y está dominado por *Isocoma menziensis* var. *vernonioides*, *Cryptantha maritima* var. *maritima*, y *Acmispon glaber* var. *glaber*, *Helianthus niveus* ssp. *niveus*, *Astragalus trichopodus* ssp. *leucopsis* y *Camissonia crasifolia*. La asociación 3 ocurre en las hondonadas y planicies cerca de saladares por lo que está dominada por *Frankenia palmeri*, *Frankenia salina* y *Atriplex leucophilla*. Las especies constantes, que se encuentran en casi todos los relevés son las nativas *Ephedra californica*, *Croton californicus*, *Cryptantha maritima*, *Encelia californica*, *Neumacaulis denudata* y *Hazardia squarrosa* y la introducida *Carpobrotus chilensis*. Las especies raras (que se encuentran en muy pocos relevés) son *Hazardia orcuttii*, *Cylindropuntia cholla*, *Acmispon strigosus*, *Acmispon distichus*, *Distichlis spicata* y *Lepidium nitidum*, y dos invasoras *Sonchus asper* y *Schismus barbatus*. La única especie de matorral y dunas que es endémica de Baja California *Aesculus parryi*, se concentra en la ladera barlovento de la duna frontal. Finalmente, se describe la importancia y el valor multifacético de este ecosistema (para la conservación-ecoturismo y la minería). Este análisis prospectivo se hizo como un insumo de apoyo a los ejidatarios para decidir el futuro del uso de este valioso ecosistema costero.

I. INTRODUCCIÓN

El enfoque del manejo de ecosistemas, requiere necesariamente un marco conceptual interdisciplinario. En esta tesis se eligió como objeto de estudio para analizarlo en términos de su manejo al ecosistema de las dunas costeras en general, con un caso en Baja California el cual tiene una historia reciente muy interesante: El Socorro, en San Quintín, Baja California, México (Figura 1).

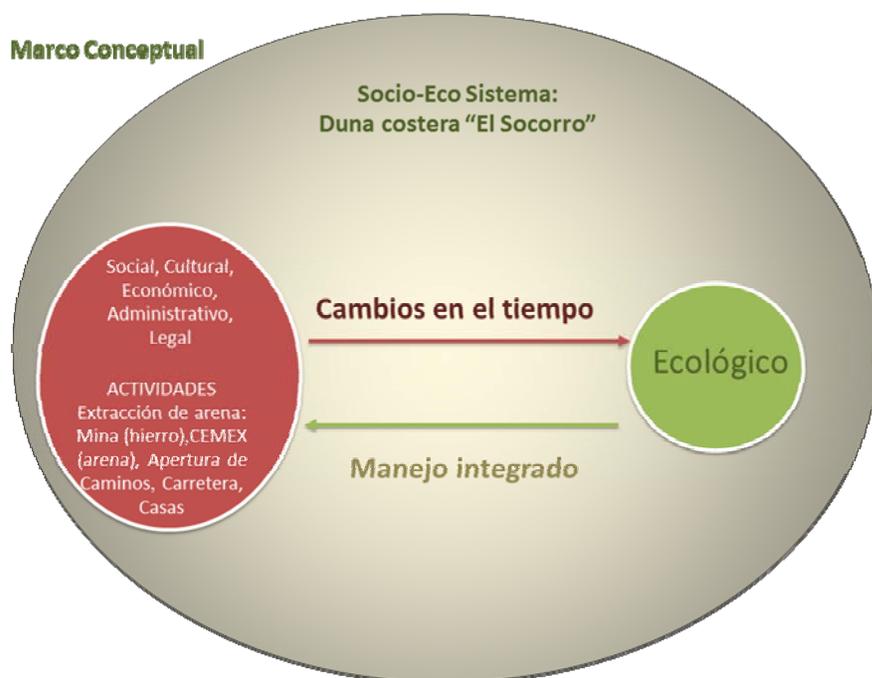


Figura 1. Marco conceptual del sistema socio-ecológico que integra a la duna El Socorro.

Las dunas costeras son importantes desde el punto de vista ecológico por el hecho de existir como ecosistemas, pero también por los servicios ambientales que le prestan a la sociedad. Por ejemplo, son una fuente esencial de sedimentos que a través de su capacidad para moverse y cambiar de forma en las zonas litorales, protegen las tierras interiores de la erosión provocada por las tormentas y el incremento potencial del nivel del mar, es decir,

juegan un papel fundamental en la interfase tierra-mar para la protección de la vida tierra adentro (Pilkey et al., 1998; Psuty, 2004 y Moreno-Casasola, 2006). Cuando las dunas están cubiertas por vegetación, atrapan la arena que acarrea el viento y estabilizan la playa y las dunas para así mantener el abasto de sedimentos que permite la protección de la costa.

Por otro lado, las dunas pueden presentar un ámbito único de estructuras geomorfológicas y de ecosistemas que tienen un alto valor natural, porque actúan como refugio para diferentes tipos de fauna residente y migratoria, proveen hábitats que van desde condiciones de fuerte aridez hasta ambientes acuáticos tanto temporales como permanentes, y proporcionan hábitats especializados para plantas y animales (Moreno-Casasola, 2006). También promueven un valor cultural ya que estos lugares han servido para el desarrollo de antiguas civilizaciones a lo largo del mundo (Hesp, 2000).

Otro servicio ambiental que proveen las dunas costeras a la sociedad es la capacidad de filtración del agua de lluvia hacia el subsuelo, lo cual ayuda a mantener una buena calidad de la misma. Además, la belleza escénica y las actividades recreativas son servicios ambientales altamente valorados por nuestra sociedad (Mendoza-Conzález et al. en prensa; Mendoza-González 2008). La belleza escénica de las dunas costeras es uno de los servicios ambientales más apreciados por los turistas así como el de (Daily,1997; Martínez, 2009).

Además de lo anterior, las dunas costeras también son de gran importancia para diferentes sectores económicos, uno de los principales es la minería (Carter, 1991; Van der Maarel, 1993;Moreno-Casasola,2006). De hecho, se ha visto en los últimos años que en la zona costera, específicamente las dunas costeras, son zonas con potencial para la extracción de arena. Según CAMIMEX (2006) la incursión y el desarrollo de la minería es una verdadera palanca de desarrollo económico para la sociedad. A través de la historia ha generado: ciudades, carreteras, redes de ferrocarriles, redes de comunicación, red de agua potable, electrificación y captación de tecnología por lo que su aprovechamiento acarrea beneficios para las comunidades como lo son el trabajo, la vivienda, educación, salud, servicios. Sin embargo, además de estos beneficios económicos esta actividad también deja grandes efectos sobre la calidad del ambiente que pueden ser devastadores, ya que tanto la flora, la fauna y las mismas dunas son destruidas (Martínez, 2009), debido a que las compañías no cumplen con los trámites necesarios para llevarlos a cabo o se les expide la concesión para cierto tipo de mineral y realmente el que aprovechan es otro.

El impacto que tienen todas estas actividades humanas sobre los sistemas de dunas costeras se puede analizar por medio de análisis de la vegetación, ya que ésta mantiene una estrecha relación con las geoformas presentes en el sistema. Así, lo anterior representa un factor de suma importancia para cuestiones de diagnóstico de un sitio. Por ejemplo, se ha observado que el cambio de uso de suelo que se genera a consecuencia de actividades como la minería es de suma importancia ya que desplaza a las especies endémicas del sitio dando espacio para la colonización de especies exóticas. Por lo anterior, el presente trabajo pretende evaluar la viabilidad de la extracción de arena de la duna El Socorro para su manejo y su probable aprovechamiento.

Encuentro la sección de antecedentes un poco desordenada. Los temas abordados van en este orden: Minería, dunas, valor cultural, uso minero de las dunas costeras.

1.1. Antecedentes

1.1.2 Situación socio-ambiental

La población del Ejido Nueva Odisea

El ejido nueva Odisea se encuentra en la delegación de San Quintín, en el municipio de Ensenada, Baja California. Este ejido está conformado por 60 ejidatarios, los cuales tienen repartidas las tierras en partes iguales, lo cual lo destaca por ser de los pocos ejidos que hicieron democrática y equitativamente la repartición de las tierras.

Demográficamente y de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del 2005 realizado por el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), el Ejido de Nueva Odisea se encuentra conformado por 264 habitantes, de los cuales prevalecen los hombres en relación a las 119 mujeres del lugar. La población dominante es gente adulta en un rango de edad de 18 a 60 años y las personas de edad avanzada representan la minoría (Rosales, 2009).

Para que el ejido se formara fue necesaria una fuerte movilización social, ya que el gobierno pedía como primer requisito que la estructura social estuviera formada por al menos 60 personas para otorgarles la cantidad de 8,656 hectáreas de terreno y únicamente vivían en la zona 10 personas. Con base en esa exigencia, se llevó a cabo un primer listado de ejidatarios potenciales donde se incluyó a toda persona que pasaba o quedaba detenida en la carretera (González, 2007, en Rosales, 2009). Una vez que se completaron las 60 personas, se efectuó el primer censo básico. Después para depurar la lista, se eliminó a toda persona que no cumpliera con la mayoría de edad y a los ausentes o difuntos (Rosales, 2009).

Y fue hasta el año de 1975 que el presidente ejidal Juan Camacho en presencia de la asamblea ejidal y las 69 personas ya constituidas como ejidatarios desde el 20 de noviembre de 1970 (Periódico Oficial, 1970), que se realiza la división territorial basada en

la ubicación, tamaño y tipo de parcela, en donde cada ejidatario firma el convenio de aceptación (Cuadro I) (Rosales, 2009).

Cuadro 1. División territorial del ejido Nueva Odisea con base en las características de clasificación de las parcelas, determinada por la asamblea ejidal en el año de 1975 (Tomado de Rosales, 2009)

Tipo de Parcelas	Extensión aproximada	Ubicación dentro del ejido	Observaciones
Normal	20 Ha	suroeste	
Lote para casa	600m ²	noroeste	
Cerril (agricultura)	100 Ha	noroeste	
Frente de carretera	1.2 Ha	suroeste	Dentro se localiza un sistema de dunas en forma de lengüeta, denominadas "El Socorro"
Frente de playa	7 Ha	suroeste	

La problemática actual en la duna El Socorro, San Quintín, Baja California es consecuencia de la actividad que la minería está llevando a cabo, con el fin de extraer hierro de esta zona y poder comercializarlo. La concesión de esta actividad la tiene legalmente uno de los ejidatario y fue emitida por la dirección general de minería. El permiso fue dado para explotación minera por un periodo de 50 años en un área de 300 ha (Anexo 1).

Aunque la minería está regulada por normas mineras que dan el permiso de extracción y de la cantidad permitida para extraer el material, esta actividad está generando dañando en el sistema dunar debido a la erosión y a la pérdida de especies de flora y fauna. Una situación importante a considerar es que la gente que es dueña de estas tierras no tiene un conocimiento histórico de la zona y no conoce otras opciones para usarla. Por lo tanto la venden o como es este caso, hacen un uso de ella, pero sin saber las consecuencias que esto a la larga le va a generar. Esta situación se acentúa por la falta de empleo, lo cual, obliga a las personas a tomar decisiones forzadas, por lo que venden sus tierras con tal de tener un poco de ganancias.

Las actividades económicas y los cambios en la regulación constitucional de 1992

Las actividades económicas que se desarrollan en el ejido Nueva Odisea son la agricultura y la pesca. Es a partir de la década de los cincuenta, con el descubrimiento de los acuíferos de la zona, que se inició una repoblación con gente procedente de diversos lugares del país y mexicanos repatriados de los Estados Unidos, originándose el auge agrícola en el Valle (INEGI, 2005).

El auge de la agricultura trajo beneficios para los ejidos cercanos a las empresas tomateras más relevantes de San Quintín y en particular el de Nueva Odisea, ya que por mucho tiempo se mantuvieron de la renta de sus terrenos (POESQ, 2001). No obstante, los lineamientos de los contratos de arrendamiento de las tierras no estipulaban la remediación de efectos de la agricultura intensiva como el abandono de plásticos, salinización del suelo, pérdida de la fertilidad, pérdida de la diversidad y contaminación por fertilizantes y fitosanitarios, además del agotamiento de mantos freáticos (Espejel et al., 2000), lo cual constituye la principal omisión de los ejidatarios por carencia de visión a largo plazo (Cuadro 2) (Rosales, 2009).

La evolución de la minería en México siguió el camino que los paradigmas económicos y políticos neoliberales marcaban para las acciones del Estado desde 1980. A lo largo de esta evolución, el papel del capital extranjero ha ido modificándose y adaptándose a los diferentes contextos, desde aquéllos prohibitivos resultado de las economías cerradas y proteccionistas, hasta los de libre comercio y globalización (Alvarado, 2009). Al igual que en tierras indígenas en otras latitudes, la minería revestía enorme importancia para las fuerzas colonizadoras, pero para las comunidades indígenas significó lesiones, muerte, destrucción ambiental y empobrecimiento. Persiste hasta hoy esta injusticia histórica (Alvarado, 2009).

El 26 de junio de 1992, uno de los cambios al Artículo 27 permitió la venta de tierras ejidales a particulares, ya sea personas físicas o morales (como las empresas transnacionales) o bien al mismo gobierno. Otros cambios en la regulación constitucional tanto a la Ley Minera de 1992 como a la Ley de Inversión Extranjera, permitieron que capitales extranjeros controlaran el 100 por ciento de las actividades de exploración y

producción minera. El Artículo 6 de la Ley Minera establece que la exploración y la explotación de minerales tendrán prioridad sobre cualquier uso alternativo de la tierra, inclusive la agricultura o la vivienda. Estas modificaciones permitieron la participación del sector privado en la explotación de minerales que, como el carbón y el hierro, antes eran reservados para el gobierno (Alvarado, 2009).

Capital extranjero, concesiones y el saqueo de recursos naturales

Adicionalmente, como el otorgamiento de concesiones mineras es facultad del gobierno federal, se limita seriamente la participación de los gobiernos estatales y municipales lo cual representa un grave obstáculo para la labor de los gobiernos locales como promotores y defensores de los intereses de sus gobernados. El Tratado de Libre Comercio agrava esta situación, como lo revela el caso del conflicto entre la empresa estadounidense Metalclad y el gobierno Mexicano (Alvarado, 2009), empresa que demandó al gobierno mexicano por pretender cobrar regalías sobre la extracción minera dado que las modificaciones y adiciones que se le han hecho a esta Ley no contemplan algún tipo de tasa impositiva sobre el usufructo minero.

La nueva Ley Minera establece que las concesiones se otorgarán al primer solicitante, no al que presente el mejor proyecto, pudiéndose considerar las mejores condiciones técnicas y económicas para el desarrollo (Art. 13°). Para obtener dicha concesión, las empresas mineras deben someter un informe preventivo —que debe incluir una declaración sobre su plan de trabajo y otra sobre el impacto ambiental que tendrá el proyecto, realizada por la propia empresa— al Instituto Nacional de Ecología (INE). El INE debe responder a la solicitud en un plazo no mayor a 90 días y si no lo hace se da por autorizado el permiso. Generalmente las autorizaciones establecen que la propia empresa realice un monitoreo para detectar posibilidad de contaminación, sin que las dependencias gubernamentales encargadas de vigilar y asegurar el cumplimiento de las normas ambientales tengan la capacidad real en términos humanos, técnicos, tecnológicos e institucionales para hacerlo de manera efectiva (Alvarado, 2009).

A partir del año 2000 hasta el día de hoy, casi el 10% del territorio nacional ya ha sido entregado a las transnacionales por medio de concesiones para la explotación minera. La amenaza sobre cientos de miles de kilómetros cuadrados de tierra, propiedad en su mayoría

de ejidatarios y comuneros campesinos e indígenas, crece por todo el territorio nacional donde se tienen identificados 23 depósitos minerales gigantes, lo que ubica al país entre los 12 mayores productores a nivel mundial en por lo menos 18 minerales (Alvarado, 2009).

Del total de proyectos operados por empresas con capital extranjero en nuestro país, 549 (87.42%) se encuentran en etapa de exploración; 56 (8.92%) en producción y 23 (3.66%) en etapa de desarrollo (Consejo de Recursos Minerales, 2003).

Aproximadamente 426 (68%) proyectos están asociados con metales preciosos Au y Ag; 103 (16%) con polimetálicos; 77 (12%) con Cobre; con hierro 17 (3%) y el resto con otros metales y materiales, como Germanio, Platino, Paladio, Cobalto, Amazonita, Wulfenita, Legrandita, Ágata, Wollastonita, y Tungsteno (1%); Sin embargo en la mayoría de los casos se considera a estos minerales como subproductos o asociados con los minerales metálicos (Consejo de Recursos Minerales, 2003).

Problemática de la minería en Baja California

La actividad minera en el estado de Baja California, presentó en general una evolución favorable en la producción tanto de minerales metálicos y no metálicos durante el período 1996-2001, que se reflejó favorablemente en la generación de ingresos económicos para la entidad. Sin embargo, desde el año 2002, con el cierre de operaciones de la Minera San Felipe, S.A. de C.V., se tuvo una dramática baja en la producción de oro y plata de la entidad, dejando de ser un estado de importancia en la producción de estos metales. En los últimos años, la principal mina productora de oro y plata lo fue la minera Sinai, de la Minera San Felipe, S.A. de C.V., la cual dejó de operar durante el año 2001, ocasionando que la producción de oro y plata del estado de Baja California se desplomara (SGM, 2009).

Algunos de los principales problemas que afectaron el desarrollo de la actividad minera en el Estado fueron la baja en el precio de las cotizaciones internacionales de oro y cobre, la poca infraestructura minera y la dificultad de los mineros para obtener créditos, así como la urgente necesidad de contar con una confiable infraestructura geológico-minera, geoquímica y geofísica, como la que está realizando el Servicio Geológico Mexicano para apoyar a las empresas del sector privado en el desarrollo de sus actividades de exploración. La explotación de arena y grava es la que mayor valor aporta en la producción minera del

Estado, con \$211'719,944.95, que representa el 61% del valor de la producción minera de Baja California (SGM, 2009).

De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección General de Minas, en los últimos años el número de concesiones mineras tituladas se estuvo incrementando paulatinamente, hasta el año 2003 cuando se tuvieron un total de 441, que amparaban una superficie de 990,477.2516 ha. Se ha tenido un ligero incremento en el número de concesiones en los años siguientes, teniéndose al primer semestre de 2009 un total de 627 concesiones, que amparan una superficie de 1'486,897.4696 has, que representan el 21.27% de la superficie estatal (SGM, 2009).

El ecosistema formado por dunas costeras

Las dunas son acumulaciones de arena que miden desde centímetros (dunas embrionarias) hasta un sistema masivo de colinas de arena ondulantes que se extienden varios kilómetros tierra adentro. Los sedimentos que las forman provienen de la arena arrojada por el oleaje de las playas, donde queda expuesta al aire. Con el sol y la brisa, el sedimento se seca, los granos de arena quedan expuestos y son movidos por el viento. Las dunas se han formado por la acción eólica, ya que el viento levanta, acarrea y deposita los granos de arena unos sobre otro (Ranwell, 1972).

Las dunas se consideran activas o móviles cuando hay posibilidad de que arena expuesta, seca, sin vegetación, es susceptible de ser movida por la acción del viento. Las dunas fijas, estabilizadas o relictos, están cubiertas por vegetación y pueden formar estructuras relativamente estables mientras no se elimine la cubierta de vegetación (Moreno-Casasola, 2006).

El séptimo y último aspecto trascendente, es que se considera a los ecosistemas que forman los complejos de dunas, uno de los ecosistemas más dinámicos de la tierra.

En contraste, Carter (1988) menciona que entre todos los ecosistemas costeros, las dunas de arena son las que han estado sujetas a las mayores presiones por parte del hombre. Plantea que muchos sistemas de dunas han sido alterados de manera irreversible por las actividades humanas, tanto de manera accidental como de manera intencional. Los mayores impactos se han dado al modificar el transporte de sedimentos y por lo tanto altera de manera

permanente la dinámica de la duna. Algunas de las actividades y usos que se llevan a cabo en las dunas son: la extracción de arena, actividades mineras, construcción.

Valor Cultural

Las dunas costeras tienen un gran valor cultural. Estos lugares han servido para el desarrollo de antiguas civilizaciones a lo largo del mundo. En Nueva Zelanda, por ejemplo, algunos de los asentamientos humanos más antiguos se ubicaron en las costas, sobre las dunas, donde hoy en día existen ruinas arqueológicas de la cultura maorí (Hesp, 2000). En los Países Bajos, las dunas han sido usadas y explotadas intensamente desde hace seis siglos y han tenido un gran impacto en la cultura neerlandesa. Las dunas juegan un papel muy importante en la protección de este país, ya que funcionan como barreras naturales. Sin sus sistemas de dunas, la mitad del territorio Holandés quedaría cubierto por el mar (Martínez, 2009).

En otros lugares del mundo, las dunas costeras eran consideradas como territorios inútiles, que necesitaban ser estabilizados, incrementando la cobertura vegetal (de preferencia con árboles, muchos de ellos traídos de otro lugar) (Martínez, 2009). Sólo recientemente, en las últimas décadas, fue que se les empezó a considerar como áreas naturales valiosas y dignas de ser conservadas. En el caso particular de México, estos ambientes aún no son considerados tan valiosos, y existen pocas reservas ecológicas que contengan dunas costeras.

Uso minero de las dunas costeras

Una de las actividades económicas más importantes que se llevan a cabo en las dunas costeras, es la minería. Este tipo de actividades ocurre a lo largo del mundo en Turquía se extrae carbón mineral, cobre, hierro y cromo (Van der Maarel, 1993). En otros países se puede extraer titanio y carbonato de calcio (Carter, 1991).

La actividad de la minería puede realizarse por medio de túneles o a cielo abierto en la superficie del terreno, como es el caso de las minas en las zonas de dunas. Este tipo de extracción tiene grandes repercusiones en la calidad ambiental, implica la alteración de las comunidades tanto de flora y fauna así como de las mismas zonas de dunas costeras.

Para mitigar estos efectos, existen diferentes estrategias de manejo para restaurar y recuperar las comunidades perdidas por este tipo de actividad. Por ejemplo, en el noreste de Sudáfrica, en una zona conocida como KwaZulu-Natal, se extraen metales pesados (circón, ilmenita y rutilo) de la arena de las dunas. Durante estas labores, y con el fin de restaurar la vegetación original al finalizar las labores mineras, se conserva una franja de 400 metros de ancho con plantas. En la zona donde se tiene programada la extracción de metales se corta, como primer paso, toda la vegetación existente y se colecta la arena de la superficie para labores posteriores de restauración (Van Aarde, 2004).

Oliva (2010) menciona que en las dunas guatemaltecas se firmó un convenio con la empresa canadiense-china, G4G Resources Ltd., para la explotación del hierro en las arenas de la costa del Pacífico. Este autor menciona que este tipo de dunas no solo contienen hierro (Fe), también Aluminio (Al), Silicio (Si) y Titanio (Ti), los cuales tienen un costo más elevado en el mercado. Las playas guatemaltecas poseen gran cantidad de hierro en las arenas de la costa del Pacífico. En algunos sectores el hierro constituye entre el 28 y el 33% de la arena, pero también contiene alrededor de un 3% de titanio, que en el mercado de metales es muy elevado. Debido a su resistencia y ligereza, el titanio se usa en aleaciones metálicas y como sustituto del aluminio. Aleado con aluminio y vanadio, se utiliza en los fuselajes de aviones. Su uso también es apreciado en la construcción de los misiles y sondas espaciales. El convenio autoriza a la empresa G4G Resources Ltd. a revolver las playas en busca de estos materiales, no importa a qué profundidad se encuentren. Ya que ellos pueden explorar y explotar hasta gran profundidad. Oliva (2010) menciona que seguramente no sacarán la arena que está cubierta por el mar, ya que este tipo de arena contiene solo el 6% de hierro y la cantidad de Titanio también se reduce drásticamente.

Las actividades mineras ejercen una fuerte presión en los ecosistemas de dunas costeras en varios lugares del mundo, lo cual crea impactos ambientales irreversibles y que a largo plazo dañan al sistema. La duna costera El Socorro presenta cambios a causa de las actividades mineras por la extracción de hierro, es por esto que el presente estudio pretende conocer la proveniencia de los sedimentos, las características mineralógicas, granulométricas, geomorfológicas y el tipo de vegetación que presenta la duna El Socorro y los cambios que a habido a lo largo de cuatro décadas por diferentes actividades que se han llevado a cabo en la zona.

1.2. Planteamiento del problema

El propósito de este trabajo consistió en evaluar a la duna El Socorro como un recurso natural y ver la viabilidad que tiene la actividad de la minería dentro de este sistema, que se localiza en el Ejido Nueva Odisea (ENO), San Quintín, Baja California para generar recomendaciones para el manejo de la duna, que permita incorporar la mayor parte de las ventajas que ofrece este ambiente para un uso sustentable.

La duna El Socorro pertenece a 60 ejidatarios que forman parte del Ejido Nueva Odisea, y se encuentra repartida equitativamente entre estas personas. Seis de los ejidatarios decidieron hacer un aprovechamiento minero en 600 metros de la zona sur-este de la duna, en conjunto con una compañía de origen Coreana hicieron una exploración y efectuaron excavaciones con la finalidad de determinar la cantidad de hierro contenido en la arena. Este mineral sería pagado a razón de cinco dólares por tonelada de arena a los ejidatarios, no obstante el impacto que se efectuó en la zona ya es irreversible.

Por lo anterior, es importante estudiar los diferentes aspectos asociados a este ambiente costero. Especialmente en la zona de estudio y determinar el grado de afectación que causa la extracción de arena en la duna El Socorro y determinar cuáles han sido los cambios físicos de ésta a lo largo de las últimas cuatro décadas, tomando en cuenta los acontecimientos que han surgido en este periodo y que han dado cabida a estas actividades que se realizan hoy en día.

Una de las mayores aportaciones que este trabajo tendrá es poderle dar a la gente diferentes opciones de qué hacer con sus tierras, y hacerlos ver que, un lugar como lo son las dunas tiene un gran valor ambiental y económico y que a la larga tendrán muchísimos más beneficios resguardando el lugar y dándole un buen aprovechamiento.

1.3. Marco Conceptual

El marco conceptual del presente trabajo estuvo enfocado en la evaluación ambiental de la duna El Socorro. Este enfoque se abordó desde diferentes disciplinas ya que es un trabajo que engloba la perspectiva del desarrollo sustentable, visualizando el enfoque Social, Ecológico y Económico (figura 2).



Figura 2. Diagrama de las tres esferas en la que se desglosa el desarrollo sustentable (Fuente: MI WORK Innovacion, http://www.miwork.cl/web/desarrollo_sustentable.html)

El trabajo estuvo visualizado desde diferentes enfoques para comprender lo que pasaba en los diferentes niveles y entender mejor el objeto de estudio. El sistema que compone a la duna El Socorro se abordó por la parte ecológica desde dos visiones: 1) El origen de la duna y sus características mineralógicas, por la disciplina geológica y 2) La flora y biodiversidad del sitio, enfocado desde la ecología de las comunidades y la botánica de la flora. El aspecto social y económico estuvo alimentado por las disciplinas de la sociología, y la antropología. Esta parte ayudó a desarrollar el análisis retrospectivo que se hizo del ejido Nueva Odisea para conocer los diferentes cambios que se han dado a lo largo de los años. El análisis prospectiva donde se hizo una comparación de dos actividades con potencial a desarrollarse en la duna El Socorro consideró todos los enfoques mencionados.

II. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una estrategia de manejo para la duna El Socorro, con la finalidad de que contribuya al desarrollo sustentable de la comunidad del Ejido Nueva Odisea, en San Quintín, B. C.

2.1 OBJETIVOS PARTICULARES

1. Realizar un análisis cronológico para identificar las causas que han generado cambios en la duna El Socorro.
2. Caracterizar, analizar y valorar la duna en términos físicos (geomorfológicos, edafológicos, mineralógicos) y de biodiversidad florística de vegetación.
3. Contrastar dos actividades con diferentes grados de impacto ambiental, la minería y el ecoturismo.

Geografía de la zona de estudio

El área de estudio se localiza en el estado de Baja California que se encuentra ubicado en el extremo más noroccidental de la república mexicana. Limita al norte con el estado de California en los Estados Unidos de América, al sur con el estado de Baja California Sur, al este con el estado de Sonora y Golfo de California y al oeste con el Océano Pacífico. Abarca una extensión territorial de 69,921 km² correspondiente al 3.7% de la superficie total del país, lo que lo ubica en duodécimo lugar entre las entidades federativas que lo integran. Cuenta con un litoral de 1,280 km de los cuales 720 km dan al Océano Pacífico y 560 km al Golfo de California (SGM, 2009).

Fisiográficamente el estado de Baja California queda comprendido por dos provincias: la del suroeste, conocida como Provincia Península de Baja California y la del extremo noroeste denominada como Provincia de Sierras Sepultadas. La Provincia Península de Baja California se divide a su vez en dos subprovincias: la Sierras de Baja California Norte, que cubre casi toda la entidad y la Sierra de la Giganta, en la porción sureste del Estado; además se encuentra la discontinuidad fisiográfica denominada Desierto de San Sebastián Vizcaíno al SSW del Estado (SGM, 2009).

La mayor parte del Estado se caracteriza un clima desértico y lluvias escasas. El clima está bien definido en sus diferentes provincias, y en general es caliente y seco, pero por estar al norte del Trópico de Cáncer, su estación fría se presenta en los meses de noviembre, diciembre y enero. La temperatura media anual oscila entre 8° y 25° C con máximos hasta de 45°C durante el verano en las zonas desérticas, así como mínimos -6°C (GobBC, 2011) en la montaña. La vegetación predominante está directamente relacionada con las

características climatológicas y fisiográficas, en cada una de las diferentes regiones. (SGM, 2009).

Geopolíticamente el estado está organizado en cuatro municipios: Mexicali, Tijuana, Rosarito y Ensenada. Es en este último municipio donde se ubica el área de estudio, que es el municipio que tiene una extensión territorial más grande en todo el país.

Hidrología

El Estado de Baja California es una de las entidades que presenta baja precipitación pluvial. El 60% del territorio estatal registra una precipitación menor a los 100 mm anuales y el 40 % restante 250 mm. Subsecuentemente y debido a las condiciones geológicas adversas, los acuíferos permeables de espesores reducidos no permiten grandes recargas. Cuando ocurren precipitaciones extraordinarias, los excedentes de agua fluyen en forma de escurrimientos superficiales o por flujo subterráneo hacia el mar (PDUCP-SQ, 2007). Según la clasificación hidrológica nacional, el área del Valle de San Quintín se encuentra en la zona baja de tres cuencas y tres subcuencas, que abarcan los arroyos de Santo Domingo, Escopeta, Nueva York, Agua Chiquita y San Simón con origen en la vertiente occidental de la Sierra de San Pedro Mártir, donde ocurren las precipitaciones pluviales de verano y de invierno acompañadas de nieve. La vegetación boscosa y las praderas en la altiplanicie retienen el agua permitiendo su infiltración al subsuelo y la formación de escurrimientos permanentes en las cuencas medias. En las zonas bajas de las cuencas, el escurrimiento es intermitente (PDUCP-SQ, 2007)

Descripción del área de estudio

El ejido de Nueva Odisea se localiza en el municipio de Ensenada a veinte kilómetros al sur de la delegación San Quintín, Baja California que se encuentra aproximadamente a 200 kilómetros de la frontera norte de México. Este ejido está de 30° 24' Latitud Norte y a 115° 57' de Longitud de Oeste con altitud de 20 msnm. La región de San Quintín, es una de las zonas agrícolas más dinámicas del Estado, tanto poblacional como económicamente debido a que es polo de atracción para mano de obra jornalera del sur de México para el trabajo del campo (POESQ, 2001).

El rápido desarrollo en los últimos 15 años de la agricultura de exportación, la convierte en una región eminentemente exportadora de tomate, chile y fresa entre otras frutas y hortalizas. Las principales inversiones que existen, son fundamentalmente de firmas extranjeras y los cultivos se caracterizan por utilizar tecnologías modernas, con uso intensivo de mano de obra, proveniente de otros estados como Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, Chiapas y Puebla (Espejel et al, 2000).

Según la clasificación Köppen, en la costa del Pacífico en el municipio de Ensenada, hasta los 100 msnm, se tiene un tipo de clima es Bwks, sub-tipo muy seco templado con lluvias en invierno, precipitación invernal mayor de 36% y verano cálido. Entre los 100 y 300 msnm, el clima es Bwhs subtipo muy seco semicálido con lluvias de invierno, precipitación invernal mayor de 36% y con invierno fresco (Carta Estatal de Climas, escala 1:1'000,000). Los vientos predominantes son de Noroeste a Sureste, con una velocidad promedio de 12 metros por segundo (Cartas de Efectos Climáticos, escala 1:250,000) (PDUCP-SQ, 2007)

En la región del Valle San Quintín, la formación geológica es parte de los procesos de deriva continental, y está influenciada por la formación del batolito peninsular. Este último es un producto del levantamiento del arco volcánico y tiene un origen geológico, tectónico y plutónico. Las formaciones geológicas de las bahías y el valle, se formaron con conglomerados del Terciario y aluviones del Cuaternario, por sedimentación de la erosión de las formaciones geológicas batolíticas del Cretácico y prebatolíticas del Jurásico Pleozoico (PDUCP-SQ, 2007). La mayor extensión del Valle de San Quintín está formada por rocas sedimentarias posbatolíticas de origen marino, donde se localiza actualmente el ejido Nueva Odisea.

La geomorfología de este sistema dunar está compuesta de dunas parabólicas imbricadas alargadas perpendicularmente a lo largo de la línea de costa. El tipo de vegetación que se presenta es principalmente matorral costero, donde predominan especies como *Hazardia squarrosa*, *Lotus scoparus*, *Isocoma menziesii*, *Neumacaulis denudata*, *Bromus rubens*, entre otras. Se pueden observar hondonadas muy cerca del manto freático, con una composición florística principalmente de *Astragalus trichopodus* y *Encelia californica*. Estas zonas presentan un material arcilloso bastante abundante en comparación de las diferentes geoformas que se encuentran en la duna de El Socorro.

Este sistema presenta una zona de duna móvil a una distancia de la costa de cuatro kilómetros tierra adentro. Esta zona es de gran peculiaridad ya que el nivel de estabilización es muy reducido en las partes más altas de las crestas, presentando solo manchones de vegetación que se encuentran en las partes colindantes con la duna estabilizada de vegetación secundaria.

En la duna “El Socorro” en su cara oeste presenta el mismo tipo de vegetación característica de las dunas costeras que se encuentran localizadas en toda la costa del lado Oeste hasta el extremo sur del municipio de Ensenada, predominando las especies *Monanthchloe littoralis*, *Cressa truxillensis* y *Arthrocnemum subterminale*, que son distintas a las especies que se presentan en la cara Este de esta misma duna (PDUCP-SQ, 2007).

Las dunas son ecosistemas frágiles con alto grado de endemismos, con especies vegetales pequeñas y suculentas que son características de estos ambientes. *Abronia maritima*, *Carpobrotus aequilaterus* son consideradas clave en el proceso de sucesión ecológica porque juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena (PDUCP-SQ, 2007)

En la duna “El Socorro” también se presentan especies que son características del matorral costero, como *Dudleya pulverulenta*, *Simmondsia chinensis*, *Euphorbia misera*, *Lotus scoparus*, *Cryptantha maritima*, *Mammillaria dioica*, *Carpobrotus chilensis* (PDUCP-SQ, 2007).

Dada la fragilidad del complejo de la Duna El Socorro que es objeto de este trabajo se efectuó un análisis tanto de sus características mineralógicas, una exploración de la biodiversidad vegetal y la revisión del cambio de uso de suelo de este sitio. Las técnicas, métodos e instrumentos utilizados para recopilar esta información se detallan en la siguiente sección.

Bibliografía

- Carter, R. W.G. 1991. Coastal Environments. Academic Press. Gran Bretaña. 617pp.
- Consejo de Recursos Minerales. 2003. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2002. 479 pp.

- Daily, G. C. 1997. Introduction: What are ecosystems services?, En: G. C. Daily (ed.) Nature's services: societal dependence on natural ecosystems, Island press, Washington, D. C. p.10
- Dirección General de Minas. 2009. Tarjeta de registro informática de título y concesión. http://www.economia-dgm.gob.mx/info_gen.htm.
- Hesp, P. A. 2000. Coastal sand dunes: form and function. En: Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. P 189
- Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. Vol.226 P 189.
- Moreno-Casasola, 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? En: Moreno-Casasola P., Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Oliva, J. 2010. Conflictos mineros. Las arenas de hierro y titanio de las playas guatemaltecas para una minería.
- PDR-RSQ, 2007. Programa de desarrollo regional-Región de San Quintín. Secretaría De desarrollo social (SEDESOL). PP.162
- Pilkey, O. H., Bullock, J. y B. A. Cowan. 1998. The north Carolina shore and its barrier islands, Duke University press, EUA.
- Psuty, N. P. 2004. The coastal foredune: Morphological basis for regional coastal dune development. En: M. L. Martínez y N. Psuty (eds.), Coastal dunes: Ecology and conservation, Springer-Verlag, Heidelberg, capítulo 2, pp386.
- Periódico Oficial, 1970. Solicitud de dotación de tierras. Periódico Oficial. Órgano del Gobierno del Estado de Baja California. Tomo LXXVII. Núm. 35. Mexicali, B. C., 20 de Noviembre de 1970.
- Rosales, V. 2009. "Diagnóstico participativo como base de un proyecto de turismo de naturaleza: Ejido Nueva Odisea, San Quintín Baja California, México". Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias.
- Van Aarde, R. J., T. D. Wassenaar, L. Niemand, T. Knowles y S. Ferreira. 2004. Coastal dune forest rehabilitation: A case study on Rodent and bird assemblages in northern

- Kwa-Zulu-Natal, South Africa. En: M. L. Martínez y N. Psuty (eds.), Coastal Dunes: Ecology and Conservation, Springer-Verlag, capítulo 8.
- Van der Maarel, E. 1993. Dry Coastal Ecosystems: Polar regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania, Elsevier Science Publishers, The Netherlands.

III. METODOLOGIA GENERAL DE LA TESIS

La metodología del trabajo consistió en la aplicación de técnicas cualitativas y cuantitativas. En donde cada objetivo tuvo un enfoque dependiendo de la disciplina por la que se veía localizada desde el marco conceptual (Figura 3).

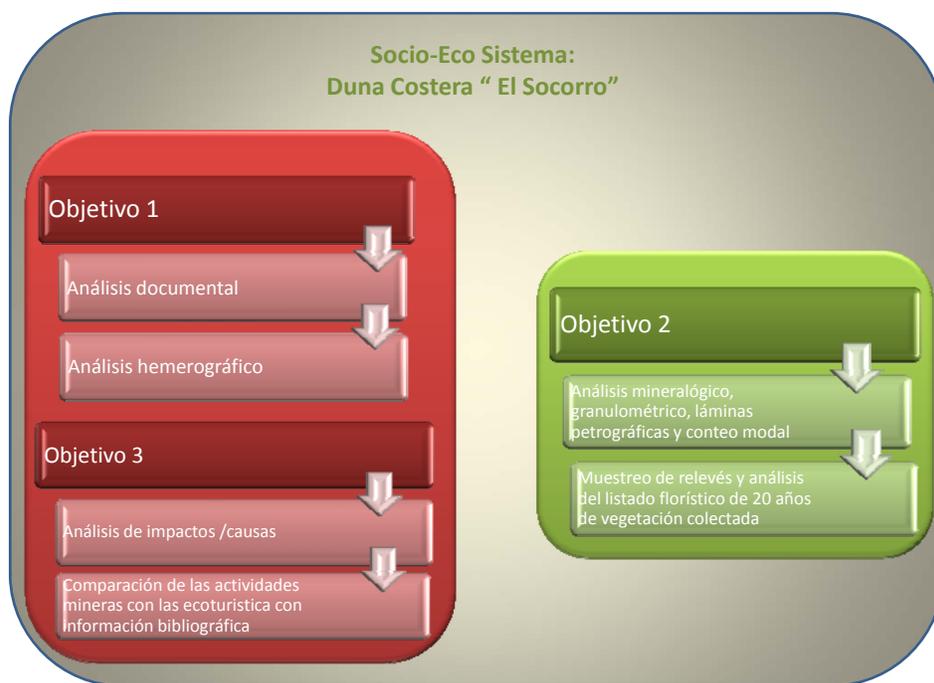


Figura 3. Diagrama metodológico en donde se ubican los objetivos del trabajo respecto al enfoque socio-económico y ecológico.

En el objetivo uno se desarrollan dos metodologías cualitativas. El análisis documental consistió en la recopilación de información de fuentes primarias y secundarias (Montemayor et al., 2009), en donde esta información se localizó a nivel de ejido, estatal (Baja California), nacional e internacional en un periodo de 1960-2011. Por otro lado, en el análisis hemerográfico se generó una síntesis de contenidos de artículos periodísticos (Soriano, 1989).

El objetivo dos engloba dos técnicas cuantitativas enfocadas a la parte de la geología y la ecología. En el aspecto físico se llevó a cabo un análisis petrográfico y granulométrico (Rendón, 1995), para poder determinar la caracterización mineralógica, la proveniencia y la granulometría y se describió la geomorfología (Hesp, 2000). En los aspectos bióticos se

abarcó la parte florística y de biodiversidad en donde se llevaron a cabo colectas de vegetación por el método de Relevé y un análisis de 20 años de colectas de vegetación para generar asociación entre flora y un listado completo de la biodiversidad florística del sitio con bases de datos Baja Flora, Proyecto de Conabio (HJ007) y el listado de Van der Plank (2011).

En el objetivo tres se identificaron los impactos ambientales y sus causas en el Ejido en general y en la duna El Socorro, en particular, siguiendo algunas cuestiones básicas del esquema de TNC para la selección de prioridades de conservación (Andrade- Hernández *et al.*, 1999) pero modificándolo y concentrándose en la identificación de las causas futuras. Se generó una matriz de impactos y sus causas para la minería que actualmente se está llevando a cabo por los autores de este trabajo asistido de consultas bibliográficas y de internet.

IV. RESULTADOS

Artículo I. Para enviarse a Investigación Ambiental. Ciencia y Política.

Análisis retrospectivo de una duna costera de El Socorro, San Quintín, Baja California, México. Parte I.

Natalia Rodríguez-Revelo¹, Ileana Espejel¹, Patricia Aceves-Calderon¹, Claudia Leyva¹

¹ Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California.

Resumen

Se elaboró un cronología para documentar los sucesos que han definido el estado actual de un ecosistema costero que caracteriza al poblado del Ejido Nueva Odisea, San Quintín, y se identifican los factores contextuales que dispararon cambios en el uso de la duna costera. En los sesentas la formación de ejidos por el poblamiento de la península; en los noventas por las modificaciones al artículo 127 de la Constitución que da lugar a la privatización de las parcelas ejidales y la explotación de los recursos por agentes externos y después del

2000, en que se fomenta el megaproyecto de desarrollo regional denominado Escalera Náutica que descubre el sitio ante los ojos del mundo e invita a nuevos actores a usar la duna. Se describe la importancia y el valor multifacético de este ecosistema y se plantean escenarios de uso alternativos más acordes con un futuro de desarrollo sustentable.

Palabras clave. Ejidos de México, ecosistemas costeros, minería de arena, cambio de uso del suelo,

I. Introducción

El relato de la historia de un sitio, generalmente es para expresar el orgullo de sus habitantes por el desarrollo del poblado, para mostrar lo interesante de su cultura, para que queden plasmados en un texto los cuentos que tiene que contar un pueblo. Sin embargo, cuando el tema son recursos naturales, es raro hablar del éxito y el orgullo, en general, los temas de los conservacionistas, son las desgracias que trajo la sobrepesca, la deforestación, la contaminación del río, las plagas, etc. Esta historia que vamos a contar, no es diferente pero hay que contarla porque creemos que si todos la conocen, algo podremos hacer para cambiar el rumbo de la historia de los pobladores del Ejido Nueva Odisea, el pueblo de El Socorro y de un ecosistema, que ante escenarios de cambio climático se torna clave, no sólo para la protección de la flora y fauna, sino como ecosistemas protectores (Leyva, 2009) de los habitantes y de las actividades económicas más redituables de las costas del país.

1.1. Las dunas costeras

Las dunas son acumulaciones de arena que miden desde centímetros (dunas embrionarias) hasta un sistema masivo de colinas de arena ondulantes que se extienden varios kilómetros tierra adentro. Los sedimentos que la forman provienen de la arena arrojada por el oleaje de las playas, donde queda expuesta al aire. Con el sol y la brisa, el sedimento se seca, los granos de arena quedan expuestos y son movidos por el viento. Las dunas se han formado por la acción eólica, ya que el viento levanta, acarrea y deposita los granos de arena unos sobre otro (Ranwell, 1972).

Las dunas se consideran activas o móviles cuando hay posibilidad de que la arena expuesta, seca, y sin vegetación, sea susceptible a ser movida por la acción del viento. Las dunas

fijas, estabilizadas o relictos, están cubiertas por vegetación y pueden formar estructuras relativamente estables mientras no se elimine la cubierta de vegetación (Moreno-Casasola, 2006).

Las dunas son importantes desde el punto de vista ecológico por el hecho de existir como ecosistema, pero también por los servicios ambientales que le prestan a la sociedad. Van der Maarel (1993) y Hesp (2000) distinguen varios aspectos que permiten clarificar la trascendencia de este ecosistema desde una perspectiva de manejo:

3) Este ecosistema provee a las tierras interiores de protección contra la erosión provocada por las tormentas y del incremento potencial del nivel del mar, por lo que es fundamental en la interface tierra-mar para la protección de la vida tierra adentro. Por ejemplo, en los Países bajos, las dunas han sido usadas y explotadas intensamente desde hace seis siglos y han tenido un gran impacto en la cultura neerlandesa. Sin esta barrera protectora, la mitad del territorio Holandés quedaría cubierto por el mar (Martínez, 2009). 4) Otro aspecto trascendente se refiere a que las dunas costeras propician la estabilización y formación de las playas: ya que cuando las dunas están cubiertas por vegetación, las plantas atrapan la arena que acarrea el viento, manteniendo de esta manera el abasto de sedimentos para permitir que lleve a cabo su papel de protección. 5) Las dunas costeras también actúan como un área de filtración de agua de lluvia hacia el subsuelo y de esta manera ayudan a mantener una buena calidad de la misma, al impedir la salinización de los mantos freáticos de las zonas terrestres contiguas. 2) Además, proporcionan una variedad de microambientes, que van desde condiciones de alta aridez hasta ambientes acuáticos, tanto temporales como permanentes, que constituyen hábitats especializados para plantas y animales. 6) Uno de los aspectos más preciados de estos ambientes es su alto valor recreacional. En estos ecosistemas se suscitan una variedad de actividades que van desde las puramente contemplativas hasta algunas otras que propician su deterioro o eventual desaparición. 1) Se considera a los ecosistemas que forman los complejos de dunas, uno de los ecosistemas más dinámicos de la tierra. Por último, 7) Estos ambientes tienen un gran valor cultural, ya que han servido para el desarrollo de antiguas civilizaciones a lo largo del mundo, otorgándoles un alto valor arqueológico. En Nueva Zelanda, por ejemplo, algunos de los asentamientos humanos más antiguos se ubicaron en las costas, sobre las dunas, donde hoy en día existen ruinas arqueológicas de la cultura Maorí (Hesp, 2000). Por todo lo

anterior, recientemente se ha considerado que las dunas costeras son áreas naturales valiosas y dignas de ser conservadas (Ritter,1991,1994,1995,1997,1998,2000) Además de sus atributos de gran relevancia para la sociedad, las dunas costeras también son únicas en cuanto a su aspecto ecológico. La flora de las dunas está altamente especializada ya que soportan fuertes vientos y un sustrato sumamente inestable (Maun, 1998). De hecho, las adaptaciones de las especies que crecen en las dunas no han podido ser sustituidas por ninguna estructura ingenieril, por lo que su función como estabilizadoras de suelos arenosos es inigualable todavía y por lo tanto de suma importancia económica y ecológica.

En las dunas costeras también se realizan actividades económicas de gran relevancia, como es la minería. Este tipo de actividades ocurren a lo largo del mundo. Por ejemplo, en Turquía se extrae carbón mineral, cobre, hierro y cromo (Van der Maarel, 1993) y en otros países se puede extraer titanio y carbonato de calcio (Carter, 1991).

La actividad de la minería puede realizarse por medio de túneles o a cielo abierto en la superficie del terreno, como es el caso de las minas en las zonas de dunas. Este tipo de extracción tiene grandes repercusiones en la calidad ambiental, lo cual implica la alteración de las comunidades tanto de flora y fauna así como de las mismas zonas de dunas costeras. Para mitigar estos efectos, existen diferentes estrategias de manejo para restaurar y recuperar las comunidades perdidas por este tipo de actividad.

En el noreste de Sudáfrica, en una zona conocida como KwaZulu-Natal, se extraen metales pesados (circón, ilmenita y rutilo) de la arena de las dunas. Durante estas labores, y con el fin de restaurar la vegetación original al finalizar las labores mineras, se conserva una franja de 400 metros de ancho con plantas. En la zona donde se tiene programada la extracción de metales se corta, como primer paso, toda la vegetación existente y se colecta la arena de la superficie para labores posteriores de restauración (Van Aarde, 2004).

Oliva (2010) menciona que en las dunas guatemaltecas se firmó un convenio con la empresa canadiense-china, G4G Resources Ltd., para la explotación del hierro en las arenas de la costa del Pacífico. Este autor menciona que este tipo de dunas no sólo contienen hierro (Fe), también aluminio (Al), silicio (Si) y titanio (Ti), los cuales tienen un costo más elevado en el mercado. Las playas guatemaltecas poseen gran cantidad de hierro en las arenas de la costa del Pacífico, algunos sectores constituye entre el 28 y el 33% de la misma, también contiene titanio (3%), que en el mercado de metales es muy elevado y

también se encuentra en cantidades altas. Debido a su resistencia y ligereza, el titanio se usa en aleaciones metálicas y como sustituto del aluminio. Aleado con aluminio y vanadio, se utiliza en los fuselajes de aviones. Su uso también es apreciado en la construcción de los misiles y sondas espaciales. El convenio autoriza a la empresa G4G Resources Ltd. a revolver las playas en busca de estos materiales, no importa a qué profundidad se encuentren. Ya que ellos pueden explorar y explotar hasta gran profundidad. Oliva (2010) menciona que seguramente no sacarán la arena que está cubierta por el mar, ya que este tipo de arena contiene solo el 6% de hierro y la cantidad de Titanio, también se reduce drásticamente.

1.2. La minería de arenas en México

La evolución de la minería en México siguió el camino que los paradigmas económicos y políticos neoliberales marcaban para las acciones del Estado desde 1980. A lo largo de esta evolución, el papel del capital extranjero ha ido modificándose y adaptándose a los diferentes contextos, desde aquéllos prohibitivos resultado de las economías cerradas y proteccionistas, hasta los de libre comercio y globalización (Alvarado, 2009). Al igual que en tierras indígenas en otras latitudes, la minería revestía enorme importancia para las fuerzas colonizadoras, pero para las comunidades indígenas significó lesiones, muerte, destrucción ambiental y empobrecimiento. Persiste hasta hoy esta injusticia histórica (Alvarado, 2009).

En el año de 1992 uno de los cambios al Artículo 27 permitió la venta de tierras ejidales a particulares, ya sea personas físicas o morales (como las empresas transnacionales) o bien el mismo gobierno. Otros cambios en la regulación constitucional tanto a la Ley Minera de 1992 como a la Ley de Inversión Extranjera, permitieron que capitales extranjeros controlaran el 100 por ciento de las actividades de exploración y producción minera. El Artículo 6 de la Ley Minera establece que la exploración y la explotación de minerales tendrán prioridad sobre cualquier uso alternativo de la tierra, inclusive la agricultura o la vivienda. Estas modificaciones permitieron la participación del sector privado en la explotación de minerales que, como el carbón y el hierro, antes eran reservados para el gobierno (Alvarado, 2009).

Adicionalmente, como el otorgamiento de concesiones mineras es facultad del gobierno federal, se limita seriamente la participación de los gobiernos estatales y municipales lo cual representa un grave obstáculo para la labor de los gobiernos locales como promotores y defensores de los intereses de sus gobernados. El Tratado de Libre Comercio agrava esta situación, como lo revela el caso del conflicto entre la empresa estadounidense Metalclad y el gobierno Mexicano (Alvarado, 2009). Esta empresa demandó al gobierno mexicano por pretender cobrar regalías sobre la extracción minera dado que las modificaciones y adiciones que se le han hecho a esta Ley no contemplan algún tipo de tasa impositiva sobre el usufructo minero.

La nueva Ley Minera establece que las concesiones se otorgarán al primer solicitante, no al que presente el mejor proyecto, pudiéndose considerar las mejores condiciones técnicas y económicas para el desarrollo (Art. 13°). Para obtener dicha concesión, las empresas mineras deben someter un informe preventivo —que debe incluir una declaración sobre su plan de trabajo y otra sobre el impacto ambiental que tendrá el proyecto, realizada por la propia empresa— al Instituto Nacional de Ecología (INE). El INE debe responder a la solicitud en un plazo no mayor a 90 días y si no lo hace se da por autorizado el permiso. Generalmente las autorizaciones establecen que la propia empresa realice un monitoreo para detectar posibilidad de contaminación, sin que las dependencias gubernamentales encargadas de vigilar y asegurar el cumplimiento de las normas ambientales tengan la capacidad real en términos humanos, técnicos, tecnológicos e institucionales para hacerlo de manera efectiva (Alvarado, 2009).

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

Del total de proyectos operados por empresas con capital extranjero en nuestro país, 549 (87.42%) se encuentran en etapa de exploración; 56 (8.92%) en producción y 23 (3.66%) en etapa de desarrollo (Consejo de Recursos Minerales, 2003). Aproximadamente 426 (68%) proyectos están asociados con metales preciosos Au y Ag; 103 (16%) con

polimetálicos; 77 (12%) con Cobre; con hierro 17 (3%) y el resto con otros metales y materiales, como Germanio, Platino, Paladio, Cobalto, Amazonita, Wulfenita, Legrandita, Ágata, Wollastonita, y Tungsteno (1%); sin embargo en la mayoría de los casos se considera a estos minerales como subproductos o asociados con los minerales metálicos (Consejo de Recursos Minerales, 2003).

En el estado de Baja California se tiene un contexto geológico en el que las rocas que afloran varían en edad del Paleozoico al Reciente. La actividad minera en el estado de Baja California, presentó en general una evolución favorable en la producción tanto de minerales metálicos y no metálicos durante el período 1996-2001, que se reflejó favorablemente en la generación de ingresos económicos para la entidad; sin embargo, desde el año 2002, con el cierre de operaciones de la Minera San Felipe, S.A. de C.V., se tuvo una dramática baja en la producción de oro y plata de la entidad, dejando de ser un estado de importancia en la producción de estos metales. En los últimos años, la principal mina productora de oro y plata lo fue Sinai, de la Minera San Felipe, S.A. de C.V., la cual dejó de operar durante el año 2001, ocasionando que la producción de oro y plata del estado de Baja California se desplomara (SGM, 2009).

Algunos de los principales problemas que afectaron el desarrollo de la actividad minera en el Estado fueron la baja en el precio de las cotizaciones internacionales de oro y cobre, la poca infraestructura minera y la dificultad de los mineros para obtener créditos, así como la urgente necesidad de contar con una confiable infraestructura geológico-minera, geoquímica y geofísica, como la que está realizando el Servicio Geológico Mexicano para apoyar a las empresas del sector privado en el desarrollo de sus actividades de exploración. La explotación de arena y grava es la que mayor valor aporta en la producción minera del Estado, con \$211'719,944.95, que representa el 61% del valor de la producción minera de Baja California (SGM, 2009).

De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección General de Minas, en los últimos años el número de concesiones mineras tituladas se estuvo incrementando paulatinamente, hasta el año 2003 cuando se tuvieron un total de 441, que amparaban una superficie de 990,477.2516 ha. Se ha tenido un ligero incremento en el número de concesiones en los años siguientes, teniéndose al primer semestre de 2009 un total de 627

concesiones, que amparan una superficie de 1´486,897.4696 has, que representan el 21.27% de la superficie estatal (SGM, 2009).

Con base en lo anterior, las modificaciones a la Ley Minera publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 21 de abril de 2005, actualmente se considera el modelo de la Concesión Única, el instrumento legal que permite la exploración y explotación minera.

Dada la importancia de los ecosistemas de dunas y la importancia económica de la minería de arenas, el propósito de este trabajo consiste en analizar el contexto histórico que ha afectado el uso de los últimos 40 años de la duna de El Socorro.

II. Metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio se localiza en el estado de Baja California que se encuentra ubicado en el extremo más noroccidental de la república mexicana, limita al norte con el estado de California en los Estados Unidos de América, al sur con el estado de Baja California Sur, al este con el estado de Sonora y Golfo de California y al oeste con el Océano Pacífico. Con una extensión territorial de 69,921 km² correspondiente al 3.7% de la superficie total del país, ocupa el duodécimo lugar entre las entidades federativas que lo integran. Cuenta con un litoral de 1,280 km de los cuales 720 km dan al Océano Pacífico y 560 km al Golfo de California (SGM, 2009).

La mayor parte del Estado se caracteriza un clima desértico y lluvias escasas. El clima está bien definido en sus diferentes provincias, y en general es caliente y seco, pero por estar al norte del Trópico de Cáncer, su estación fría se presenta en los meses de noviembre, diciembre y enero. La temperatura media anual oscila entre 8° y 25° C con máximos hasta de 45°C durante el verano en las zonas desérticas, así como mínimos -6°C (GobBC, 2011) en la montaña. La vegetación predominante está directamente relacionada con las características climatológicas y fisiográficas, en cada una de las diferentes regiones (SGM 2009).

El ejido de Nueva Odisea se localiza en el municipio de Ensenada a veinte kilómetros al sur de la delegación San Quintín, Baja California que se encuentra aproximadamente a 200 kilómetros de la frontera norte de México. Este ejido está de 30° 24' Latitud Norte y a 115°

57' de Longitud de Oeste con altitud de 20 msnm. La región de San Quintín, es una de las zonas agrícolas más dinámicas del Estado, tanto poblacional como económicamente debido a que es polo de atracción para mano de obra jornalera del sur de México para el trabajo del campo (Figura1).

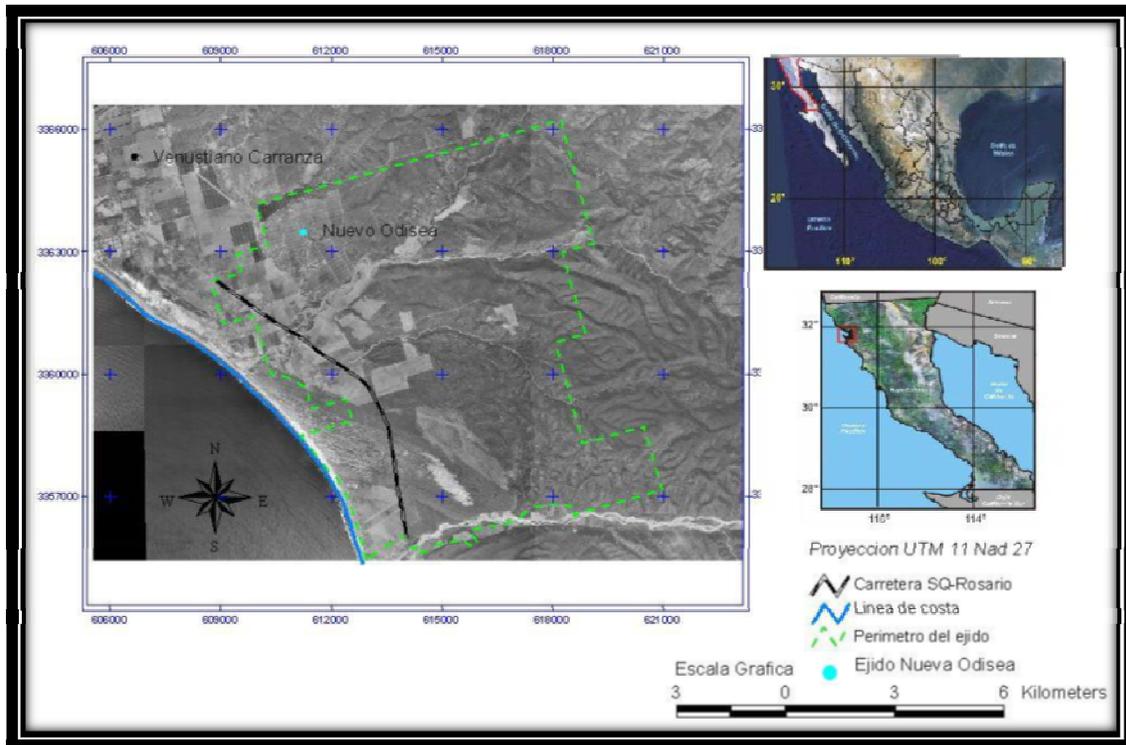


Figura 1. Localización geográfica del Ejido Nueva Odisea y la duna El Socorro, San Quintín, BC. La línea punteada verde es el límite ejidal (Fuente: Rosales, 2009).

El rápido desarrollo en los últimos 15 años de la agricultura de exportación, la convierte en una región eminentemente exportadora de tomate, chile y fresa entre otras frutas y hortalizas. Las principales inversiones que existen, son fundamentalmente de firmas extranjeras y los cultivos se caracterizan por utilizar tecnologías modernas, con uso intensivo de mano de obra, proveniente de otros estados como Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, Chiapas y Puebla (Garduño *et al.*, 1989; Angiano, 1991; Velazco, 1995).

2.2. Nuestro objeto de estudio ecológico: La duna costera del El Socorro

La geomorfología de la duna costera El Socorro está compuesta de dunas parabólicas imbricadas alargadas perpendicularmente a la línea de costa, y la composición mineralógica

del sedimento es de cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas, minerales densos y opacos (magnéticos).

La presencia y características de la vegetación están definidas por el clima tipo Mediterráneo, el cual sólo ocurre en este extremo noroeste de México (PDR-RSQ, 2007). El tipo de vegetación que se presenta es principalmente un matorral costero rosetófilo con especies dominantes como *Hazardia squarrosa*, *Acmispon glaber* var. *glaber* (*Lotus scoparus*), *Isocoma menziesii*, *Neumacaulis denudata*, *Bromus rubens*, entre otras. Se pueden observar hondonadas muy cerca del manto freático, con una composición florística principalmente de *Astragalus trichopodus* y *Encelia californica*. Estas zonas presentan un material arcilloso bastante considerable en comparación de las diferentes geoformas que se encuentran en la duna de El Socorro. La fauna de la duna El Socorro está compuesta de mamíferos como la liebre (*Lepus californicus*), coyote (*Canis latrans*), y ratones de campo (*Neotoma fiscipes* y *Peromyscus eremicus*); reptiles como la víbora de cascabel (*Crotalus ruber*) la cual se encuentra en la categoría de riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 (PDR-RSQ, 2007).

Esta duna fue dividida en dos poco después del 1967, que es cuando se inauguró la carretera Tijuana-Ensenada y que posteriormente se continuó hasta La Paz (Piñera, 1987). Asimismo, actualmente se encuentran varios caminos que la fragmentaron y se puede distinguir el paso de las motos y camiones que compactaron la arena o la extrajeron para construcciones (Figura 2). Sin embargo, ninguno de estas agresiones la había amenazado tanto como un proyecto de minería, para explorar la presencia de hierro. Muy recientemente, seis de los ejidatarios permitieron que en 600 metros de la duna, en conjunto con una compañía de origen Coreana hicieran una exploración y efectuaran excavaciones con la finalidad de determinar la cantidad de hierro contenida en la arena. Este mineral sería pagado a razón de cinco dólares por tonelada de arena a los ejidatarios, no obstante el impacto que se efectuó en la zona ya es irreversible, esta mina se abandonó (Figura 3) y son los permisionarios de las arenas del arroyo vecino quienes la están afectando (Figura 4).



Figura 2. Las imágenes fueron tomadas en la duna El Socorro, donde se observa (izq.) la fragmentación del paisaje por los caminos y senderos trazados a lo largo de la duna en la planicie cercana a la costa, (der.) se observó un camino muy compactado en la zona de transición de matorral costero a duna móvil.



Figura 3. Fotografías tomadas en el mes de Mayo de 2011 de la zona donde se encontraba la mina a cielo abierto para extraer hierro de la duna El Socorro.



Figura 4. Fotografía panorámica de la zona sureste de la duna El Socorro y el arroyo El Socorro, donde se muestra la extracción de arena que hacen los permisionarios del arroyo hacia terrenos de la duna.

2.3. El Ejido Nueva Odisea

El ejido está conformado por 69 ejidatarios, los cuales tienen repartidas las tierras en partes iguales (figura 5) (Juan Camacho, comunicación personal), hecho que lo destaca por ser de los pocos ejidos que hicieron democrática y equitativamente la repartición de las tierras después de los cambios al artículo 127 de la Constitución.

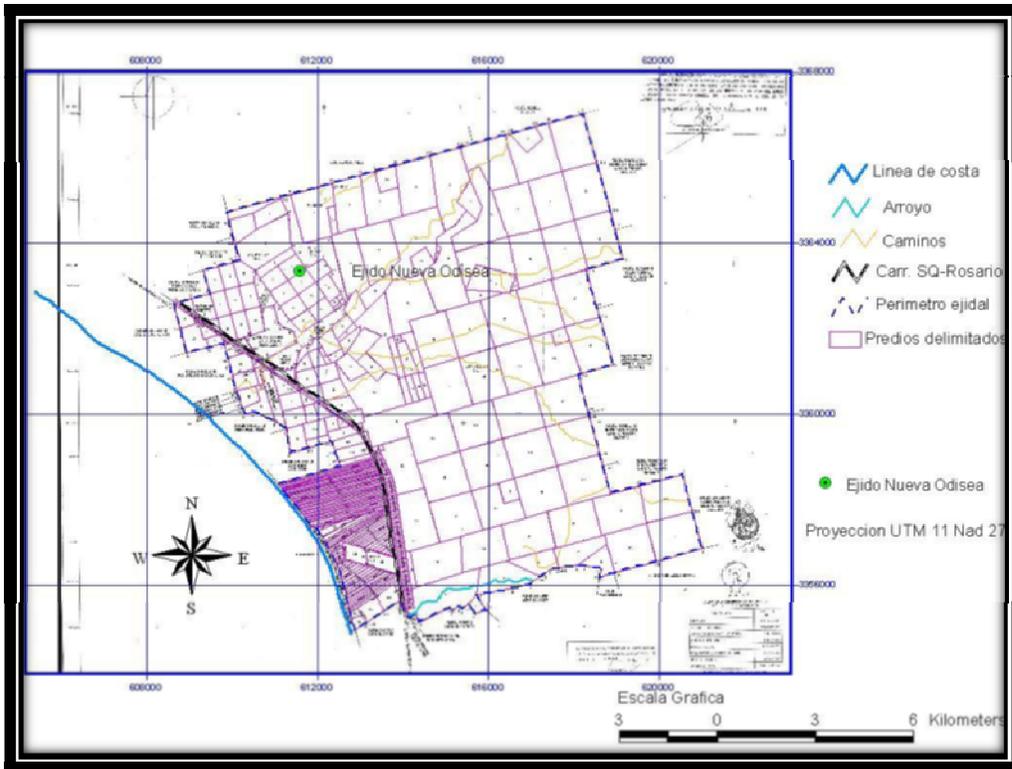


Figura 5. Mapa de tenencia de la tierra del Ejido Nueva Odisea. Fuente: Rosales, V. 2009. “Diagnóstico participativo como base de un proyecto de turismo de naturaleza: Ejido Nueva Odisea, San Quintín Baja California, México”. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias

Demográficamente y de acuerdo al conteo de población y vivienda del 2005 realizado por el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), el Ejido de Nueva Odisea se encuentra conformado por 264 habitantes de las cuales 119 son mujeres. La población dominante es gente adulta en un rango de edad de 18 a 60 años y las personas de edad avanzada representan la minoría. En el censo de 2010 del INEGI el total de la población fue de 282 habitantes, siendo 160 hombres y 122 mujeres, de los cuales sólo 17 personas eran mayores de 60 años.

Las actividades económicas que se desarrollan en el ejido Nueva Odisea son la agricultura y la pesca. Es a partir de la década de los cincuenta, con el descubrimiento de los acuíferos de la zona, que se inició una repoblación con gente procedente de diversos lugares del país y mexicanos repatriados de los Estados Unidos, originándose el auge agrícola en el Valle (INEGI, 2005).

Para el caso de los ejidos cercanos a las empresas tomateras más relevantes de San Quintín y en particular el de Nueva Odisea, el auge de agricultura trajo beneficios ya que por mucho tiempo se mantuvieron de la renta de sus terrenos. No obstante, los lineamientos de los contratos de arrendamiento de las tierras no estipulaban la remediación de efectos de la agricultura intensiva como el abandono de plásticos, salinización del suelo, pérdida de la fertilidad, pérdida de la diversidad y contaminación por fertilizantes y fitosanitarios, además del agotamiento de mantos freáticos (POESQ, 2001; Espejel *et al.*, 2000).

2.4. Análisis documental y hemerográfico

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica mediante un análisis documental, el cual consistió en recopilar información proveniente de fuentes primarias. Éstas son observaciones directas de un hecho, lo que se conoce como información de primera mano como documentos personales y de cualquier testimonio histórico. También se analizaron fuentes secundarias las cuales usualmente se consultan para realizar una investigación documental como son los libros y artículos escritos por personas especializadas en un área del conocimiento (Montemayor *et al.*, 2009). Se realizó una búsqueda bibliográfica de todos los acontecimientos que se han generado sobre la extracción de arena de dunas y arroyos a nivel de ejido (ejido Nueva Odisea-San Quintín), estatal (Baja California), nacional e internacional en un periodo aproximado de 40 años, entre 1960 y 2011 años.

La búsqueda se hizo tanto en documentos impresos como en la Web, se obtuvo información de documentos oficiales como Leyes, Diario Oficial de la Federación, Periódico Oficial del estado de Baja California, SEMARNAT, INE, INEGI, Servicio Geológico Mexicano, Comisión Nacional de Agua, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población-San Quintín, Cámara Minera de México. El análisis hemerográfico es una síntesis del contenido de un artículo periodístico (Soriano, 1989), el cual se obtuvo de la revisión de datos de periódicos locales como El Vigía, El Mexicano, El Frontera y de periódicos nacionales como El Universal, La Jornada y El Reforma.

Se llevó a cabo una búsqueda en la Web del tema “extracción de arena de dunas” y “extracción de arenas de arroyos”, esto con la finalidad de poder ampliar la búsqueda y poder encontrar los acontecimientos que se han dado sobre este tema a nivel local, estatal, nacional e internacional.

El resultado se dividió en etapas de acuerdo a sucesos clave. Se ligaron los eventos locales con sucesos nacionales e internacionales, para contextualizar lo local.

III. Resultados y discusión

3.1. Etapas cronológicas del desarrollo del Ejido Nueva Odisea y sus repercusiones en la duna El Socorro.

El análisis hemerográfico muestra que la información disponible del ejido Nueva Odisea es muy escasa y puntual, ya que los acontecimientos que se encontraron estaban localizados en periodos muy alejados entre sí. Para visualizar los cambios, se definieron etapas (Cuadro 2) en las cuales se reflejan las distintas fases por las que ha pasado el ejido Nueva Odisea desde 1960, fecha de su creación, hasta el 2011.

Al parecer, los impactos que hemos identificado sobre la duna, antes de que se formara el ejido, son los provenientes de la construcción de la carretera, quedando las dunas móviles y los cordones de dunas hacia el mar, separados de los grandes montículos de arena que se encuentran hacia tierra adentro. Suponemos que la duna móvil, que se encuentra sobre la parte más alta, es inestable por extracción de material arenoso para la carretera, sin embargo, no se localizaron los planos de construcción y las bitácoras de SCT para evidenciar esta hipótesis. La hipótesis es que antes de la formación del ejido, la duna estaba casi intacta.

Etapa 1. Formación del ejido.

Ocurrió entre 1969, cuando el ejido Nueva Odisea obtiene su registro ante el Registro Agrario Nacional (RAN) (González-Fragoso, 1996) y 1971. En 1971 en el Diario Oficial de la Federación, se publica la dotación de tierras donde les asignan 9,400 hectáreas. Según reporta Rosales (2009), en talleres que realizó para identificar usos alternativos en el ejido, le comentaron que para que el ejido se pudiera formar, fue necesario una fuerte convocatoria social, ya que el gobierno pedía como primer requisito que la estructura social estuviera formada por al menos 60 personas para otorgarles las hectáreas mínimas de terreno que requerían los ejidos californianos y únicamente vivían 10 personas. Con base en esa exigencia, se llevó a cabo un primer listado de ejidatarios potenciales donde se incluyeron familiares, amigos y hasta personas que pasaban por la carretera. Una vez que se

completaron las 60 personas, se efectuó el primer censo básico. Después, para depurar la lista, se eliminó a toda persona que no cumpliera con la mayoría de edad y a los ausentes o difuntos. En esa época, los ejidatarios se dedicaban a la agricultura en los campos de San Quintín, o a la pesca en la Bahía del mismo nombre.

Etapa 2. Consolidación del ejido.

Es una etapa larga que comienza en 1975 ya que sólo se tiene el dato donde se realiza la división territorial y aparece el ejido en el primer censo básico del INEGI (Rosales, 2009). Esta etapa dura toda la década de 1980 en una especie de estabilidad porque no fueron motivo de alguna noticia relevante.

Etapa 3. Desincorporación del ejido.

En 1991 es nombrado como presidente ejidal el Lic. Juan Adolfo Camacho Acosta y en presencia de la asamblea ejidal y las 69 personas ya constituidas como ejidatarios, se realizó la división territorial basada en la ubicación, tamaño y tipo de parcela, en donde cada ejidatario firmó el convenio de aceptación (Tabla 1). Así las cosas, cada ejidatario tenía parcelas con frente de carretera, con frente de mar, parcialmente planas y con potencial agrícola, en cerros con matorral y, con dunas (Figura 5).

Tabla 1. División territorial del ejido Nueva Odisea con base en las características de clasificación de las parcelas, determinada por la asamblea ejidal en el año de 1975. (Tomado de Rosales, 2009)

Tipo de Parcelas	Extensión aproximada	Ubicación dentro del ejido	Observaciones
Normal	20 Ha	suroeste	
Lote para casa	600m ²	noroeste	
Cerril (agricultura)	100 Ha	noroeste	
Frente de carretera	1.2 Ha	suroeste	Dentro se localiza un sistema de dunas en forma de lengüeta, denominadas "El Socorro"
Frente de playa	7 Ha	suroeste	

Las modificaciones al 127, también se refieren a la minería, ya que menciona que cualquier persona moral o física y empresas transnacionales pueden pedir una concesión y hacer aprovechamiento minero en cualquier lugar. Es importante mencionar que en 1995 comenzó la primera etapa de un proyecto arqueológico cuyo objetivo era encontrar sitios arqueológicos de gran importancia a lo largo de la costa pacífico de Baja California (Moore y Gasco, 1996). También en estos años, 1990, comienza el proyecto de flora de playas y dunas de la UABC el cuál continua ahora financiado por CONABIO.

Etapa 4. Cesión de derechos ejidales.

En 2001 inicia la privatización de las parcelas, se dan a conocer los minerales que se comercializan a nivel local y las cantidades monetarias de la arena natural y sílicas que se exporta hacia Estados Unidos (U.S Census Bureau, 1997). En esta etapa comienzan las denuncias ante las irregularidades de la extracción de la arena de arroyos de Baja California hacia Estados Unidos (Jiménez, 2011).

Asimismo, en esta etapa se promueve un proyecto de desarrollo regional, el cual tenía la intención de impulsar el turismo náutico en diversos puntos de la península de Baja California, en lo que llamaban escalas, y por eso se conoció como Escalera Náutica (FONATUR, 2007). Este megaproyecto, puso a la región en la prensa nacional e internacional y los ojos de inversionistas extranjeros descubrieron decenas de poblados y ecosistemas, como el Ejido Nueva Odisea y las dunas de El Socorro, que nunca antes habían *aparecido en la foto*.

Finalmente, en esta etapa también comienzan las actividades ilegales, se encontró información sobre la comercialización ilícita y la falta de regulación sobre esta actividad (Osuna, 2002; Cruz, 2006). Se obtuvieron datos en su mayoría a nivel estatal (El Mexicano, 2011; Martínez, 2002; Cruz, 2011; Agaton, 2011; El Vigía, 2011; Cruz, 2012) y nacional (El Mexicano, 2003; El Universal, 2009; Informador, 2009; Economy watch, 2010; Rodríguez, 2011). Siendo el tema que predominaba el de la venta clandestina de arena de arroyos hacia Estados Unidos (Gómez, 2002). En 2009 la minería comienza con un permiso de exploración con el fin de extraer hierro de esta zona y poder comercializarlo. La concesión de esta actividad la tiene legalmente un ejidatario; ésta fue emitida por la dirección general de minería (Anexo 1) donde el permiso fue dado para exploración por un

periodo de 50 años en un área de 300 ha (Dirección general de minas, 2009). Sin embargo hay algo extraño con este permiso, ya que los permisos de exploración son de 3 años y los explotación son de 50 años, y este permiso en particular esta dado para exploración con una vigencia de 50 años, de 2009 a 2059 (Dirección general de minas, 2009). En el proyecto de tesis de Rosales (2009) realizó talleres con los ejidatarios del ejido Nueva Odisea para identificar los diferentes impactos y el daño y/o afectación que estos representan. Esto con la finalidad de poder categorizarlos respecto al ámbito que afectan y la forma en la que se ven evidenciados, todo esto para desarrollar diferentes alternativas de uso, siendo el ecoturismo la actividad que se prefiere. Este proyecto denominado “Turismo de naturaleza” se enfoca en generar un campo amplio de oportunidades para los ejidatarios (Rosales, 2009), ya que el ejido tiene un gran potencial para el desarrollo de actividades al aire libre, como el turismo de naturaleza, el ecoturismo botánico, senderismo.

Tabla 2. Análisis cronológico del ejido Nueva Odisea y los acontecimientos a nivel, local, estatal, nacional e internacional referente a la extracción de arena de dunas y arroyos. Cada tono de color indica una nueva etapa, en rojo se marcan eventos que son el parteaguas para los cambios de uso de suelo y el impacto ambiental en la duna El Socorro.

	Años	Local. Ejido Nueva Odisea-San Quintín	Estatad (Baja California)	Nacional	Internacional
ETAPA UNO. FORMACIÓN DEL EJIDO	1960		El 23% de la tierra cultivada ya era territorio de entidad ejidal		
	1963		Comienza movilización para adquirir tierras las cuales formen organizaciones sociales.		
				Creación de los primeros ejidos en BC	
	1964		La ganadería de borregos de libre pastoreo disminuyó por el aumento de la agricultura		
	1969	Es registrado el Ejido Nueva Odisea en el Registro Agrario Nacional, entrega de 8,656 ha a los 63 ejidatarios inscritos.			

ETAPA DOS. CONSOLIDACIÓN DEL EJIDO	1970	Dotación de tierras del ejido Nueva Odisea, SQ, BC, En el diario oficial de la federación			
	1971	Firma de ejido Nueva Odisea, 9,400 hectáreas			
	1975	Se realizó la división territorial en el Ejido Nueva Odisea			
Censo básico en el ejido Nueva Odisea					
Reconocimiento de nuevos ejidatarios (Nueva Odisea)					
ETAPA TRES. DESINCORPORACION DEL EJIDO	1991	El presidente ejidal Juan Camacho asume la presidencia del ejido Nueva Odisea y comienza la repartición equitativa de las tierras			
	1992			Se expide la Ley Agraria	
				Se modifica el artículo 27 Constitucional	
			Son otorgados los primeros títulos de propiedad a algunos ejidatario en BC		
			Inicia una investigación etnohistórica sobre la demografía indígena durante la época colonial		
	1993			El INEGI, RAN y la Procuraduría Agraria, superan las dificultades del Programa de Certificación y Titulación	
	1994		La primería entrega masiva de documentos del programa de		

ETAPA CUATRO. CESIÓN DE DERECHOS EJIDALES E INICIO DE PROPIEDAD PRIVADA	1995		certificación y titulación		
			Alrededor de mil núcleos agrarios recibieron sus títulos y sus certificados		
			Primera temporada de campo del Proyecto Arqueológico de San Quintín-El Rosario		
				Programa de certificación de derechos ejidales y titulación de solares urbanos (PROCEDE)	
	1996	En la región de San Quintín se explotan 7 tipos de materiales de importancia económica: piedra de construcción, grava, salinas, arena, ceniza roja, ceniza negra y piedra bola			Documento de U.S.A. Exportaciones e Importaciones por Harmonized Commodity, reporte anual
		La arena comercializada proviene de 4 cauces de arroyos: Nueva York, Santo domingo, La escopeta y El Socorro			E.U.A. importo \$34 mil dólares de arenas naturales de México
		La producción y/o capacidad de extracción de los 4 cauces de arroyo no está calculada			Consumo de arenas sílicas y arenas cuarzicas de \$ 711 mil dólares importados de México
	1998	Es registrada la concesión de extracción de agua para uso agrícola en el Registro Público de Derechos del Agua (REDPA)	Segunda temporada de campo del Proyecto Arqueológico de San Quintín-El Rosario		
	1999		Tercera temporada de campo del Proyecto Arqueológico de San Quintín-El Rosario		
			Por el puerto de Ensenada salieron 137 mil 63 toneladas de arena con destino California		

ETAPA IV. CESIÓN DE DERECHOS EJIDALES	2000		La compañía Amaya Curiel exporto 257 mil toneladas de arena hacia California, E.U.A			
	2001		Amaya Curiel exporto 344 mil toneladas de arena hacia Estados Unidos	Proyecto de Escalera Náutica en el Mar de Cortés		
	2002		La minería en BC tuvo una dramática baja en la producción de oro y plata	Va arena de México robada a Hawai		
			Cinco clausuras por extraer arena de forma irregular en aprovechamientos de arena en los arroyos San Carlos, El Zorrillo o Buena Vista y Uruapan, Ensenada, BC			
			Ningún permiso más para extraer arena en Baja California: PROFEPA			
			Cierre de la terminal de productos pétreos Amaya Curiel, pérdida de \$2 millones diarios			
			La CNA autorizó la reapertura de 17 empresas para la extracción de arena			
			A una de estas 17 empresas se le otorgó un permiso para que pueda explotar 7 millones 590 mil 650 metros cúbicos de materiales pétreos durante los próximos 42 años, lo que significa que esta empresa podrá extraer 180 mil 729 metros cúbicos de arena			

			por año.		
	2003		Regulación de la extracción de arena en arroyos de Baja California	Frenan el saqueo de arena, sanciones a quienes hacen mal uso del permiso	
	2005			Modificaciones a la Ley Minera publicada en el Diario Oficial de la Federación	
		Conformado por 264 habitantes			
		El ejido Nueva Odisea es representado por el código de localidad 1527			
	2006	La compañía Maquinaria doble cruz S.A de C.V. tiene un proyecto de aprovechamiento de materiales pétreos en fracción de El rancho El Socorro y extracción de materiales en greña del arroyo El Socorro	Gobierno del estado y federal realizó actividades en apoyo al sector minero.	Ley de comercio exterior, artículo 15 y 19, restricción de exportación de mercancías	
			Lista de empresas que extraen arena de arroyos por la Subdelegación de Impacto Ambiental y Riesgo Ambiental, SEMARNAT, Delegación de Ensenada, B.C.		
	2007		En el estado de Baja California, los materiales pétreos extraídos se destinan totalmente a la industria de la construcción local, "No hay exportación de arena a Estados Unidos"	El Registro Público de Derechos de Agua tiene inscritos 2 mil 484 títulos de concesión que amparan la extracción de 99.7 millones de metros cúbicos de	

				materiales al año	
			Programa de Ordenamiento ecológico de la región San Quintín	Clausura de centros ilegales de extracción sobre las márgenes de los ríos Ameca y Mascota, en los límites de Jalisco y Nayarit, en la zona costera de Bahía de Banderas	
			Plan de conservación de la bahía de San Quintín	Más de la mitad del volumen concesionado corresponde a Baja California y Veracruz	
			Programa de ordenamiento ecológico de la región de San Quintín publicado en el periódico oficial de Baja California-		
	2009	Se expide el título de concesión minera del lote El Socorro en la duna costera, por la Dirección General de Minas	Dirección general de minas expidió un total de 169 títulos	La producción de agregados pétreos tuvo un importante incremento.	
		Superficie de la concesión del lote El Socorro por 300 Ha		La explotación de grava también fue de importancia.	
		Tipo de permiso de la concesión del lote El Socorro de exploración con una vigencia de 50 años		Producción de arcillas y yeso-constante	
				Las dunas de Chachalacas están a punto de desaparecer a causa de los vehículos 4x4 (Veracruz)	
				Ejidatarios venden tierras de dunas costeras en chachalaca,	

				creación de complejo turístico	
2010		Un total de 648 concesiones mineras		Extracción ilegal de materiales pétreos en Río Grande, Puebla	Arenas de hierro y titanio de playas Guatemaltecas para una minería, proyecto empresa G4G
		Actualización del inventario de banco materiales El Socorro, núm. 0017			Empresa Nacional Minera de Ecuador recibe apoyo de organismos de Canadá y de Venezuela
2011	Venta de terrenos de playa y dunas en San Quintín, B.C, por Viva Real Bienes y Raíces	Emplaza legisladora a autoridades de CNA		Proyecto Cabo Cortés, creación de una marina instalada sobre dunas costeras (BCS)	
		Proponen regular empresas areneras		El Arco, megaproyecto minero(BC)	
		Sin rumbo ecológico, Ensenada, BC.			
		40 % de la arena es exportada a San Diego			

IV. Conclusiones

El contexto histórico del uso del ecosistema de dunas costeras situado en el Ejido Nueva Odisea representa, quizás, lo que está sucediendo en muchos sitios de la península y que según nuestro análisis se desencadenaron por tres eventos importantes a nivel nacional. En los años sesenta por la formación de ejidos y poblamiento de la península; en la década de los noventa por las modificaciones al artículo 127 de la Constitución que da lugar a la privatización de las parcelas ejidales y la explotación de los recursos por agentes externos y finalmente; después del año 2000, en que se propone un megaproyecto de desarrollo regional que descubre ante los ojos del mundo un territorio en venta y con la invitación explícita para desarrollarlo, a pesar de la escasez de agua y la gran cantidad de superficie protegida para la conservación de la biodiversidad. A partir de este evento, se han dado una

serie de actividades ilegales que ponen en riesgo a un ecosistema y, de cierta manera, a una población. Es importante mostrarles estos resultados a los habitantes del ejido para que estén informados y decidan su propio desarrollo en cuanto respecta a las actividades a desarrollar en la duna El Socorro.

V. Referencias

- Alvarado, G. A. M. 2009. La minería canadiense en México caso: minera san Xavier en cerro de san Pedro. Replanteando la industria extractiva: regulación, despojo y reclamos emergentes. Marzo, Universidad de York, Toronto.
- Anguiano, M.E. 1991. Jornaleros agrícolas migrantes en Baja California y California. Revista Nueva Antropología. XI (39):155-167.
- Carter, R. W.G. 1991. Coastal Environments. Academic Press. Gran Bretaña. 617pp.
- Consejo de Recursos Minerales. 2003. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2002. 479 pp.
- Dirección General de Minas. 2009. Tarjeta de registro informática de título y concesión. http://www.economia-dgm.gob.mx/info_gen.htm.
- Espejel, I., G. Aramburo, C. Leyva, Y. Cruz, L.C. Bravo y J. D. Flores. (2000). Selección de Fragmentos de Comunidades de Matorral Rosétófilo Costero para su Conservación en Baja California. (Versión para Internet). CD ROM Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Garduño E., E. García y P. Morán. 1989. Mixtecos en Baja California: el caso de San Quintín. Universidad Autónoma de Baja California. 188 pp.
- GobBC, 2011. Recursos Naturales. Clima. Gobierno del estado de Baja California, http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/recursos/clima.jsp. visitada el 29 de Noviembre de 2011.
- González-Fragoso, J. 1996. Estudio de la zona de San Quintín. PRO ESTEROS (Laguna y marismas de las californias, S.C). 119pp.
- Hesp, P. A. 2000. Coastal sand dunes: form and function. En: Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. P 189

- INEGI. [Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática]. (2005) Censo General de Población y Vivienda 2005. México.
- INEGI (2005). Encuesta Nacional de Demografía, 2005. México: Autor. Disponible en Internet: www.inegi.com.mx
- Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. Vol.226 P 189.
- Montemayor, H. M.V., García, T.M.C, y Garza, G.Y. 2009. Guía para la investigación documental. Editorial Trillas. México, D.F. pp.112.
- Moore, Jerry D., y Janine L. Gasco. (1996). *Proyecto Arqueológico San Quintín-El Rosario*. Informe técnico parcial. Temporada 1995-1996. Mecanuscrito. C. INAH BC, Ensenada, México.
- Moreno-Casasola, 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? En: Moreno-Casasola P., Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Oliva, J. 2010. Conflictos mineros. Las arenas de hierro y titanio de las playas guatemaltecas para una minería.
- Piñera Ramírez D. 1987. Visión histórica de la frontera norte de México. Tomo II. Centro de Investigaciones Históricas de la Universidad Autónoma de Baja California. 114pp.
- PDR-RSQ, 2007. Programa de desarrollo regional-Región de San Quintín. Secretaría De desarrollo social (SEDESOL). PP.162
- Ranwel, D. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, Londres.
- Ritter, E. W. 2000. Observations regarding the Prehistoric Archaeology of Central Baja California. *Memorias de la Primera Reunión Binacional "Balances y Perspectivas de la Baja California Prehispánica e Hispánica"*. CONACULTA-INAH. Mexicali, B. C., 20 y 21 de octubre del 2000.
- _____ 1998. Investigations of Prehistoric Behavioral Ecology and Cultural Change within the Bahía de los Ángeles Region, Baja California. *Pacific Coast Archaeological Society Quarterly* 34 (3):9 – 43.

_____ 1997. *Investigaciones de Ecología Social y Cambios entre Culturas Prehistóricas en la Región de Bahía de los Ángeles., Baja California (1995)* Informe enviado al Consejo de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D. F.

_____ 1995. *Investigaciones de Ecología Social y Cambios entre Culturas Prehistóricas en la Región de Bahía de los Ángeles., Baja California (1994)* Informe enviado al Consejo de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D. F.

_____ 1994. *Investigaciones de Ecología Social y Cambios entre Culturas Prehistóricas en la Región de Bahía de los Ángeles., Baja California (1993)* Informe enviado al Consejo de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D. F.

_____ 1991. Los Primeros Bajacalifornianos: Enigmas cronológicos, ecológicos y socioculturales. *Estudios Fronterizos. Revista del Instituto de Investigaciones Sociales*. No. 24-25: 175-216. Mexicali.

Rosales, V. 2009. “Diagnóstico participativo como base de un proyecto de turismo de naturaleza: Ejido Nueva Odisea, San Quintín Baja California, México”. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias.

SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2009. “Panorama minero del estado de Baja California”. Servicio Geológico Mexicano. Secretaría de Economía. Coordinación General de Minería.

Soriano, R. 1989. Métodos y técnicas de investigación. Guía para realizar investigaciones sociales. Ed. Plaza y Valdés. UNAM. México. pp. 69-81.

U.S. Bureau of the Census, FT947/96. 1997. U.S. Exports and Imports by Harmonized Commodity,

1996 Annual/Six-Digit Harmonized Commodity by Country, U.S. Government Printing Office,

Washington, DC.

- Van Aarde, R. J., T. D. Wassenaar, L. Niemand, T. Knowles y S. Ferreira. 2004. Coastal dune forest rehabilitation: A case study on Rodent and bird assemblages in northern Kwa-Zulu-Natal, South Africa. En: M. L. Martínez y N. Psuty (eds.), Coastal Dunes: Ecology and Conservation, Springer-Verlag, capítulo 8.
- Van der Maarel, E. 1993. Dry Coastal Ecosystems: Polar regions and Europe, Africa, America, Asia and Oceania, Elsevier Science Publishers, The Netherlands.
- Velasco Ortiz L. 1995. Entre el jornal y el terruño: los migrantes mixtecos en la frontera noreste de México. *Revista Nueva Antropología*. 14(47): 113-129

Referencias de la Web

- Agaton (2011, 11 de Mayo). Presentamos punto de acuerdo para regular la extracción desmedida de arena en el estado. Obtenido el 16 de Noviembre de 2011, de <http://agaton.com.mx/detallesNoticia.php?idNoticia=260>
- Ávila, P. E. (2009, 26 de Julio). “Modernidad” atenta contra dunas de chachalacas. Obtenido el 7 de Septiembre de 2011, de <http://www.eluniversal.com.mx/estados/72594.html>.
- Cruz, J. (2001, 23 de Septiembre). Sin rumbo ecológico. *El Vigía*. Obtenido el 11 de Noviembre de 2011, de <http://www.elvigia.net/noticia/sin-rumbo-ecol-gico>
- Cruz, A. J. (2006). Accionista en Punta Colonet. Los negocios de Rufo. *Zeta-Tijuana*. Obtenido el 16 de Noviembre de 2011, de http://zetatijuana.com/html/EdcionesAnteriores /Edicion1690/ Reportajes_ LosNegociosRuffo.html
- Cruz, A. J. (2012, 26 de Enero). Controversia ambiental por la explotación de roca volcánica en la Bahía de San Quintín. *A los cuatro vientos*. Obtenido el 20 de Febrero de 2012, de <http://4vientos.org.mx/blog/?p=11163>
- Economy watch (2010, 24 de Marzo). Mexico expots, imports and trade. *Economy watch*. Obtenido el 11 de Noviembre de 2011, de http://www.economywatch.com/world_economy/mexico/export-import.html

El Mexicano (2003, 18 de Febrero). Frenan el saqueo de arena. Sanciones a quienes hacen mal uso de permisos. Nacional. El Mexicano. Obtenido el 11 de agosto de 2011, de <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/2/nacional/2003/02/18/9010/frenan-el-saqueo-de-arena.aspx>

El Mexicano (2011, 11 de Agosto). Regulación en la extracción de arena. Estatal. Ciencia y Tecnología. Obtenido el 11 de agosto de 2011, de <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/6/ciencia-ytecnologia/2003/08/11/376468/regulacion-en-la-extraccion-de-arena.aspx>

El Vigía (2011, 26 de Abril). Exigen regular la extracción de arena. Boletín. El Vigía. . Obtenido el 16 de Noviembre de 2011, de <http://www.elvigia.net/noticia/exigen-regular-la-extracci-n-de-arena>

Gómez, M. I. (2002, 14 DE Octubre). Va arena robada en México a Hawai. Investiga PGR el saqueo en costas y lechos de ríos; nadie se daba cuenta en aduanas. El Universal. Obtenido el 11 de Noviembre de 2011, de http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=13269&tabla=primera

Informador (2009). Dunas en chachalacas en riesgo de desaparecer. Obtenido el 7 de Septiembre de 2011, de <http://www.informador.com.mx/mexico/2009/123952/6/dunas-de-chachalacas-en-riesgo-de-desaparecer.htm>

Jiménez, D. J. (2011, 29 de Abril). Propone regular a empresas areneras. Estatal. El Mexicano. Obtenido el 11 de agosto de 2011, de <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2011/04/29/469742/propone-regular-a-empresas-areneras.aspx>

Martínez, H. R. (2002, 31 de Octubre). Cinco clausuras por extraer arena en forma irregular. Estatal. El Mexicano. Obtenido el 11 de agosto de 2011, de

<http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2002/10/31/4998/cinco-clausuras-por-extraer-arena-en-forma-irregular.aspx>

Osuna, M. C. (2002, 30 de Noviembre). Ningún permiso más para extraer arena en Baja California: PROFEPA. Estatal. El Mexicano. Obtenido el 11 de agosto de 2011, en <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2002/11/30/6178/ningun-permiso-mas-para-extraer-arena-en-baja-california-profepa.aspx>

Rodríguez, G. (2011, 19 de Mayo). Españoles piden frenar complejo en Baja California Sur. El Universal. Obtenido el 7 de Septiembre de 2011, de <http://www.eluniversal.com.mx/estados/80470.html>

Artículo II. Enviado a la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas

Proveniencia, caracterización mineralógica y granulométrica de las arenas de la duna costera El Socorro, Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California, México

Natalia Rodríguez-Revelo¹; Gabriel Rendón-Márquez²; Ileana Espejel¹, Oscar Jiménez-Orocio¹.

¹Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias, Carretera Tijuana- Ensenada Km.22800, CP.103, Ensenada, Baja California, México.

²Centro de Investigación Científica y Educación Superior Ensenada (CICESE), Departamento de Geología, Km.22800, Ensenada, Baja California, México.

Autor de correspondencia: nrevelo@gmail.com

RESUMEN

Se realizó la granulometría, la caracterización mineralógica y la proveniencia del sedimento arenoso de la Duna Costera El Socorro (DCES) en San Quintín Baja California, México, con el objetivo de determinar la fuente del sedimento que alimenta a este ecosistema, y poder valorar su importancia ecológica y de conservación. Se colectaron, sobre la DCES, catorce muestras superficiales, quince muestras de núcleos de 2 a 30 m de profundidad y doce muestras de tres arroyos y barras arenosas aledañas. Las muestra del arroyo El Socorro localizado al sur de la DCES presentó 69 % de cuarzo monocristalino, el arroyo San Simón localizado al norte de la DCES presentó una mayor contenido de plagioclasas con 63% y el arroyo Santo Domingo que es el más alejado de la DCES, ~45 km al norte, presentó 52% de cuarzo monocristalino. Las muestras de núcleos presentaron de 50 a 56% de cuarzo monocristalino y 35 a 39% de plagioclasas. La caracterización mineralógica de la zona de estudio y el análisis modal sugiere que la fuente principal de sedimento de la DCES, es el arroyo Santo Domingo. La DCES se compone principalmente de plagioclasas y cuarzo con menores cantidades de fragmentos líticos y abundantes minerales densos,

principalmente hornblenda y trazas de piroxeno, pero escaso contenido de minerales de hierro como magnetita e ilmenita (>1% en volumen).

Este arroyo también abastece de sedimento a la barra La Chorera, por lo que es de vital importancia mantener este equilibrio al interior y alrededor de la Bahía de San Quintín por las consecuencias del cambio climático y la explotación de veta arena de la DCES.

Palabras clave: duna costera, mineralogía, granulometría, proveniencia, arroyo Santo Domingo.

ABSTRACT

Granulometry, mineralogy characterization and sand sediment provenance study was performed in the coastal sand dune named El Socorro (DCES) in San Quintín, Baja California, México. The aim was to determine the sediment source that nourishes the sand dune ecosystem to value its ecological and conservation importance. Fourteen superficial samples, 15 nuclei samples of 2 to 30 m depth and 12 samples from the nearby three temporal rivers and sand bars were taken. The temporal river named El Socorro sample, at southern DCES presented 69% of monocristaline quartz, San Simon temporal river up in the north of DCES presented larger quantities of plagioclases (63%) and Santo Domingo temporal river, which is ~45 km farther to the north of DCES, presented 52% of monocristaline quartz. The nuclei samples presented 50 to 56% monocristaline quartz and 35 to 39% plagioclases. Mineralogy characterization in the study area and the modal analysis suggest that the main DCES sediment source is the Santo Domingo temporal river. The DCES is mainly composed of plagioclases and quartz with lesser quantities of lithics fragments and abundant dense minerals, mainly hornblende and traces of pyroxenes but rare iron mineral as magnetite or ilmenite (>1% in volume). Santo Domingo temporal river also nourishes the sand bar of La Chorera. Therefore, it is of crucial importance to maintain the internal DCES and the external (San Quintín Bay) equilibrium for the consequences regarding climate change and sand exploitation.

Key words: coastal sand dune, mineralogy, granulometry, provenance, arroyo Santo Domingo.

INTRODUCCIÓN

Las playas y las dunas constituyen los ambientes de sedimentación más importantes del mundo, ya que son lugares donde existe la mayor acumulación de sedimentos con granos de arena de distintos tamaños. Estos ecosistemas son considerados extremadamente dinámicos (Moreno-Casasola, 2006). Estos ambientes se forman durante la erosión de diferentes tipos de rocas, existiendo una enorme variedad de tipos de arena. La arena de las dunas está formada predominantemente de granos aislados de minerales como el cuarzo, carbonato de calcio y menores cantidades de materiales calcáreos como fragmentos de conchas. Las arenas feldespáticas son muy comunes, especialmente aquellas con una apreciable mezcla de fragmentos de roca. Las arenas de cuarzo forman el 80% o más del material de silicatos detríticos (Williams *et al.*, 1968). Los ecosistemas de dunas costeras son importantes desde el punto de vista ecológico por el hecho de existir, pero también porque son una fuente importante de material arenoso para múltiples usos, además protegen las tierras interiores de la erosión provocada por las tormentas y el incremento potencial del nivel del mar (Moreno-Casasola, *et al.*, 2006).

Las dunas proveen un rango único de estructuras geomorfológicas y de ecosistemas que tienen un alto valor natural, porque actúan como refugio para diferentes tipos de fauna residente y migratoria ya que proveen de un amplio rango de hábitats que van desde condiciones de fuerte aridez hasta ambientes acuáticos, tanto temporales como permanentes, y proveen hábitats especializados para plantas y animales.

Recientemente, el valor mineralógico de las arenas de duna está cobrando importancia en el sector minero y se está generando un conflicto con la conservación de los ecosistemas de dunas y la protección costera. Para poder valorar la importancia económica y ecológica de estos ecosistemas, el presente trabajo tiene por objetivo caracterizar la composición mineralógica y granulométrica de la Duna Costera El Socorro (DCES), en San Quintín, Baja California, México así como determinar la proveniencia del material sedimentario que le dio origen. Estos datos, aunados a estudios ecológicos y de impacto ambiental en la zona de estudio, permitirán tomar decisiones en cuanto a la conservación de esta importante duna costera. Dáessle y colaboradores (2009) mencionan que los minerales dominantes en los sedimentos superficiales de la Laguna Costera de San Quintín estudiados contienen cuarzo monocristalino y plagioclasas, cuya fuente proviene del escurrimiento de arroyos y de los volcanes que rodean a la bahía.

En particular, la composición mineralógica y el tamaño del grano en las playas depende particularmente de qué tanto la costa está sujeta a la erosión, al proceso del transporte del sedimento y a los diferentes tipos litológicos y fuentes de relieve (Carranza-Edwards *et al.*, 1998). Así, la composición sedimentológica y textural, y las variaciones geoquímicas están controlados por diversos factores como las olas, el viento y diferentes acontecimientos que se presentan a lo largo de la costa (Kasper-Zubillaga y Carranza-Edwards, 2005).

Recientemente, el valor mineralógico de las arenas de duna está cobrando importancia en el sector minero y se está generando un conflicto con la conservación de los ecosistemas de dunas y la protección costera. Para poder valorar la importancia económica y ecológica de estos ecosistemas, el presente trabajo tiene por objetivo caracterizar la composición mineralógica y granulométrica de la Duna Costera El Socorro (DCES), en San Quintín, Baja California, México así como determinar la proveniencia del material sedimentario que le dio origen. Estos datos, aunados a estudios ecológicos y de impacto ambiental en la zona de estudio, permitirán tomar decisiones en cuanto a la conservación de esta importante duna costera.

AREA DE ESTUDIO

La DCES se localiza en el Ejido Nueva Odisea, Baja California a 200 km al sur de la ciudad de Ensenada, entre los 30° 20' 53"N y los 115° 49' 4" W y una altitud en la cima de 125 msnm, colinda al oeste con la bahía Santa María, al sureste con el arroyo El Socorro y al este con los altos topográficos de la cordillera peninsular (POESQ, 2001) (Figura 1). La superficie aproximada de la DCES es de 1104 ha, predomina el sedimento fino arenoso con tonalidades beige en las laderas y beige más claro en la cima, también se observan lentes de minerales oscuros. Este sistema se caracteriza por la presencia de dunas estabilizadas con vegetación secundaria, y formas parabólicas imbricadas alargadas perpendicularmente a lo largo de la línea de costa, así como dunas móviles con alturas de hasta 20 metros (Figura 2).

El tipo de vegetación que se encuentra sobre las dunas de San Quintín ha sido descrito recientemente por Vanderplank (2011) y la define como de matorral costero suculento dominado por especies de plantas nativas de la provincia florística Californiana. Peinado y colaboradores (2005) mencionan que, esta flora nativa está formada principalmente por la

asociación de *Ephedra californica* y *Lycium brevipes*. La DCES es una zona especialmente diversa en especies de plantas que representan cerca del 63% de la flora colectada en todo el estado (Espejel *et al.*, 2012).

La geología de la planicie donde está ubicado el Ejido Nueva Odisea está formada por conglomerados del Terciario y aluviones del Cuaternario, con importante aporte sedimentario de las rocas batolíticas del Cretácico y prebatolíticas del Jurásico de los arroyos que rodean la zona de estudio. Los sedimentos de la DCES descansan sobre secuencias sedimentarias del Cuaternario de origen marino (Gastil *et al.*, 1971).

MÉTODOS

Para este estudio se colectaron en la DCES, catorce muestras superficiales: tres en la parte móvil de la duna (50 m entre cada muestreo) y once en la ladera suroeste adyacente a un banco de material con evidencias de explotación reciente, donde la duna está estabilizada (Figura 3). También se colectaron doce muestras de los arroyos ubicados al sur y al norte de la DCES, (El Socorro, San Simón y Santo Domingo), tres muestras en la barra La Chorera, dos en Punta Mazo y quince muestras de cinco núcleos perforados en la ladera suroeste de la DCES con profundidades de 2 a 30 m. El procedimiento de perforación y muestreo de los núcleos se realizó con una máquina perforadora *Mobile Drill B-85* adecuada con *augers* huecos para facilitar el muestreo a la profundidad requerida. El muestreo se efectuó con un muestreador de caña partida (Figura 4).

Para fines de comparación se incluyeron los resultados del análisis modal de cinco muestras de sedimento de la Laguna Costera de San Quintín (LCSQ), Baja California, reportados por Daesslé y colaboradores (2009).

Las muestras se secaron en un horno a 60°C durante 12 hrs, y se cuartearon para homogeneizarlas. De cada muestra seleccionada se obtuvieron dos sub-muestras, una para petrografía y otra para el análisis granulométrico. Ambas sub-muestras fueron tratadas con ácido clorhídrico para eliminar carbonatos y con peróxido de hidrógeno para eliminar materia orgánica. Para determinar el porcentaje de arenas, limos y arcillas, las sub-muestras para granulometría se analizaron por el método de tamices (Rendón-Márquez, 1995), los parámetros estadísticos y texturales se obtuvieron con el programa SysGran v. 3.0. basado

en Folk y Ward en 1984. Con los parámetros texturales se realizó un análisis de componentes principales (ACP) (Davis, 1986).

Las sub-muestras para petrografía se disgregaron con hexametáfosfato de sodio con el fin de eliminar la fracción limo-arcillosa, que no es útil para el análisis de proveniencia. Posteriormente las muestras secas se impregnaron con resina epóxica, se elaboraron secciones delgadas y se tiñeron para diferenciar entre cuarzo, feldespatos potásicos y feldespatos plagioclasas (Rendón-Márquez, 1995). Para el análisis de proveniencia se contaron trescientos puntos en cada sección delgada según el método de Gazzi-Dickinson (Ingersol *et al.*, 1984), usando un contador automático Pelcon Automatic Point Counter, Pelcon.

RESULTADOS

Análisis Modal de conteos de láminas delgadas

Los sedimentos de la DCES están compuestos principalmente de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y menores cantidades de líticos, así como un alto contenido de minerales pesados, de los cuales el más abundante es la hornblenda. También se observaron trazas de piroxeno y en menor cantidad (1 a 2 %) de magnetita e ilmenita. El sedimento de la DCES se clasifica como sedimento feldespático según Okada (1971), quien menciona que una arena se clasifica así cuando hay una mayor abundancia relativa de plagioclasas que feldespato potásico.

El diagrama triangular de cuarzo total, feldespatos totales y líticos totales (Qt-Ft-Lt), indica que las muestras superficiales colectadas en la parte más alta de la DCES (Figura 5a, 5b), presentaron mayor abundancia de feldespato total con 52 a 60%, mientras que el contenido de cuarzo total es de 34 a 39% (Tabla 1). Las muestras superficiales colectadas en la ladera de la duna, muestran un contenido de feldespato total de 35 a 46%, cuarzo total de 54 a 45%. Las muestras de los cinco núcleos, tanto en superficie como a profundidad, son muy homogéneas con una abundancia de feldespato total de 39 a 47% y de cuarzo total de 48 a 52%. En todas las muestras de la DCES se puede observar un bajo contenido de líticos totales, lo que es característico en las arenas de duna.

Las muestras de los tres arroyos, mostraron importantes diferencias. El arroyo El Socorro localizado justo al sur de la duna, presentó 22% de feldespato total y 55% de cuarzo total, mientras que el arroyo San Simón que drena en la LCSQ presenta bajo contenido de cuarzo total con 33% y alto contenido de feldespatos totales con más del 60%. El arroyo Santo Domingo, el más alejado de la DCES, presenta casi la misma proporción de feldespato total y de cuarzo total con 46 y 50% respectivamente. El contenido de líticos totales es notablemente más alto en el arroyo El Socorro que en los otros dos arroyos donde el contenido de líticos totales no alcanza el 10% de abundancia (Tabla 1).

El diagrama triangular cuarzo monocristalino, plagioclasa y feldespato potásico (QmPF), muestra que el arroyo San Simón que tiene 63% de plagioclasa y 33% de cuarzo monocristalino agrupándose con las muestras superficiales colectadas en la ladera sureste de la DCSE, que presentan 55 a 58% de plagioclasa y 36 a 41% de cuarzo monocristalino, y con la muestra SQ34 localizada justo en la desembocadura del arroyo San Simón dentro de la LCSQ.

En el triángulo QmPF también se observa que las muestras del arroyo Santo Domingo se agrupan claramente con las muestras de los núcleos, con las de Punta Mazo y barra La Chorera, así como con las muestras superficiales de la parte alta de la ladera sureste de la DCSE y con las muestras SQ44 y SQ99 localizadas en la parte norte y sobre la boca de la LCSQ, respectivamente. El arroyo El Socorro se aleja de este grupo debido a su mayor contenido de cuarzo monocristalino cercano al 70% y bajo contenido de plagioclasas y feldespatos potásicos de 16 y 15% respectivamente.

Las muestras SQ64 y SQ107 tienden a una misma proporción de los tres componentes en el triángulo QmPF.

Análisis texturales

El análisis granulométrico indica que los sedimentos de la DCES son muy homogéneos y se clasifican como arenas finas, con una media de tamaño de grano de 2.14 a 2.86 (± 0.209 -0.533) phi, y fluctúan entre muy bien seleccionadas y moderadamente seleccionadas. La asimetría varía de aproximadamente simétrica a positiva y la curtosis va de mesocúrtica a muy leptocúrtica, si bien la mayoría de las muestras son leptocúrticas.

Las muestras de arroyo presentan diferencias entre sí. El arroyo El Socorro se compone de arenas gruesas, moderadamente seleccionadas y con asimetría positiva a moderadamente

positiva y curtosis platicúrtica, mientras que las muestras del arroyo San Simón son arenas medias a finas moderadamente seleccionadas y con asimetría aproximadamente simétrica y curtosis mesocúrtica. El arroyo Santo Domingo gradúa de arenas medias a gruesas de moderada a pobremente seleccionadas con una asimetría que va de positiva a aproximadamente simétrica y la curtosis de mesocúrtica a platicúrtica.

Las muestras de Punta Mazo y barra La Chorera son muy similares, se componen de arenas finas que van de bien a muy bien seleccionadas con asimetrías negativas a muy positivas y curtosis leptocúrticas, muy similares a las muestras superficiales de la DCES.

Las muestras de núcleos son muy homogéneas y gradúan, de la superficie hacia la base, de arenas finas a arenas medias, de moderadamente seleccionadas a muy bien seleccionadas. La asimetría tiende a ser muy negativa a mayor profundidad y aproximadamente simétrica en la superficie.

El análisis de componentes principales indicó que los factores 1 y 2 explicaron el 74.87% de la variabilidad total de los parámetros texturales de los sedimentos (Tabla 2). La selección está dada por el factor 1 y el tamaño medio del grano y la asimetría por el factor 2. Debes explicar qué son los “factores”, que en realidad se deben llamar variables.

DISCUSIÓN

El resultado del análisis modal graficado en diagrama ternario QtFtLt indica que, las muestras superficiales de la cima donde se localizan las dunas móviles y las muestras de las laderas en la cima de la duna estabilizada, y todas las muestras de núcleos, se agrupan claramente junto con las muestras de Punta Mazo y barra la Chorera, justo en la zona donde se ubica la muestra del arroyo Santo Domingo. Los parámetros texturales también muestran una gran semejanza, como la madurez textural, lo que sugiere que la fuente del sedimento de la DCES proviene de este arroyo, a pesar de que su desembocadura se localiza a 45 km al norte de la zona de estudio.

También se observa que las muestras superficiales de la parte baja de la ladera sureste, en la zona estabilizada se agrupan con la muestra del arroyo San Simón y con la muestra SQ34 localizada en la desembocadura de este arroyo dentro de la LCSQ, lo que sugiere que estos sedimentos provienen de dicho arroyo. También sugiere que estas muestras pudieran ser

restos de una duna más antigua que la DCES en la parte sur del área de estudio. En esta zona se observa claramente que el sedimento cambia a tonalidades café oscuro y está en contacto con la duna estabilizada. Es importante realizar estudios más detallados en esta zona para determinar la existencia de dunas fósiles que evidencien cambios en la dirección de las corrientes marinas o bien cambios en el aporte de los arroyos mencionados.

En el triángulo QmPF, también se observa que la muestra del arroyo El Socorro tiende hacia el cuarzo monocristalino y mayor abundancia de líticos total quedando aislado, así como su madurez textural y media de tamaño de grano son notablemente diferentes al resto de las muestras, lo que sugiere que el aporte de este arroyo no aporta material sedimentario hacia la DCES a pesar de su gran cercanía al sistema de dunas. Esta evidencia sugiere que la dirección predominante del viento en la zona va de noreste a sureste y que el material de este arroyo se dispersa al sur de la bahía Santa María alejándose de la DCES.

Las muestras SQ64 y SQ107 tienden a una misma proporción de los tres componentes en el triángulo QmPF, lo que sugiere una mezcla de sedimentos en la bahía Falsa dentro, de la LCSQ tal y como lo menciona Daesslé y colaboradores (2009).

De acuerdo con Dickinson y colaboradores (1983), la proveniencia de la arena de la DCES se considera como fuente de basamento levantado hacia una transición continental, esta proveniencia es esperada debido a que los tres arroyos que rodean la zona de estudio nacen en la cordillera peninsular formada por el basamento granítico-metamórfico que se ha ido erosionado paulatinamente. Cuando estos arroyos arrojan el material al mar, este es re-trabajado por la corriente litoral y acumulado en las playas; de ahí los vientos dominantes lo transportan tierra adentro formando grandes sistemas de dunas costeras tal y como se observa en la zona de estudio.

CONCLUSIONES

La DCES se compone principalmente de plagioclasas y cuarzo con menores cantidades de fragmentos líticos y abundantes minerales densos, principalmente hornblenda y trazas de piroxeno, pero escaso contenido de minerales de hierro como magnetita e ilmenita (>1% en volumen).

La caracterización mineralógica y los parámetros texturales permiten inferir que la fuente del sedimento que dio origen a la DCES es el arroyo San Domingo cuya desembocadura se localiza a 45 km al norte de la zona de estudio. El mecanismo de transporte es eólico ya que los vientos predominantes en esa zona son del noroeste. El transporte litoral acarrea el sedimento desde la desembocadura del arroyo Santo Domingo hacia la barra de La Chorera y Punta Mazo al sur. El viento es tan intenso que este sedimento depositado en estas barras arenosas se transporta hasta la DCES atravesando la bahía de Santa María y depositando grandes cantidades de sedimento en la zona de estudio.

El gran aporte de material del arroyo Santo Domingo es de suma importancia para mantener el abastecimiento de sedimento a la barra de la Chorera, la cual cobra mayor interés porque es el ecosistema que encierra a la LCSQ, y protege la importante acuicultura del ostión. También cobra importancia para los estudios de planeación regional y de protección y conservación de ecosistemas clave en la zona costera, especialmente ante los efectos del cambio climático y la explotación de veta arena.

AGRADECIMIENTOS

Apreciamos el apoyo brindado por el M en C. Francisco Casillas, la Topógrafa Soledad Valdés y el Oceanólogo Eduardo Gil por la ayuda en la colecta de las muestras en campo. Damos las gracias por la ayuda y asesoría en el montaje de las muestras a Víctor Pérez en el laboratorio de preparación de rocas del CICESE. Agradecemos el apoyo del Dr. Oscar Delgado por la salida al campo para la colecta de las muestras de arroyos. Gracias a Marysol Ramírez García por la ayuda en el procesamiento de las muestras. Agradecemos al Ing. Jorge Díaz por brindarnos las muestras de los núcleos. Este trabajo contó con el financiamiento del proyecto “Flora de playas y dunas de México, CONABIO, clave HJ007 y de la Red de Manejo Costero de PROMEP.

REFERENCIAS

Bailey, E. H. y Stevens. 1960. Selective staining of K-feldspar and plagioclase on rock slab and thin section. *Am. Mineralogist*, vol.45. pp 1020-1026.

- Bouma, H. A. 1969. Methods for the study of sedimentology structures, Wiley-Interscience. P 458.
- Carranza-Edwards, A., Bocanegra-García, G., Rosales-Hoz, L. y Liberto de Pablo Galán. 1998. Beach sands from Baja California Península, México. *Sedimentary geology*. 119:263-274.
- Daesslé, L. W, Rendón-Márquez, G., Camacho-Ibar, V.F., Gutierrez-Galindo, E. A., Shumilin, E. y Ortiz-Campos, E. 2009. Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implications for provenance. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.26,1:117-132.
- Davis, J. 1986. *Statistics and Data Analysis in Geology*. Wiley, New York, 647 pp.
- Dickinson, W. R., Sue Beard, L., Brakenridge, G. R., Erjavec, J. L., Ferguson, R. C., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A. y Riberg, P.T. 1983. Provenance of north American phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 94:222-235.
- Espejel I., P. Peña-Garcillán, P. Moreno-Casasola, G. Castillo, J.L. León de la Luz, J. Sánchez, S. Castillo y R. Durán. 2012. Proyecto de Flora de playas y dunas costeras de México. HJ007. III Informe técnico. CONABIO.
- Gabriel, A. y Cox, E. P. 1929. A staining method for the quantitative determination of certain rock minerals, *Am. Mineralogist*, v.14. pp. 290-292.
- Gastil, P. y Allison. 1971. *Reconnaissance Geologic Map of the State of Baja California*.
- Hickman, J.C. (Ed.), 1993. *The Jepson Manual, Higher Plants of California*. University of California Press, 1315.
- Ingersoll, R.V., Bulard, T.F., Ford, R.L., Grimm, J.P., Pickle, J.P., Sares, S.W. 1984. "The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson Point Counting method": *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, 103-116
- Kasper-Zubillaga, J.J. y Carranza-Edwards, A., 2005. Grain size discrimination between sands of desert and coastal dunes from northwest Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22(3), 383-390.
- Moreno-Casasola, P; Monroy, I. R.C y Peresbarbosa, R. E. 2006. Desarrollo socioeconómico de la costa de México. Sección III. Caracterización social y económica de la zona costera. pp. 390-399. En: Moreno-Casasola P., Peresbarbosa

- R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Peinado, M., F. Alcaraz, J. Delgadillo, J.L. Aguirre e I. Aguado. 1995. Shrubland formations and associations in mediterranean-desert transitional zones of North western Baja California. *Vegetatio*, 117:165-179.
- Okada, H., 1971, Classification of sandstone: analysis and proposal: *Journal of Geology*, 79, 509-525.
- POESQ. 2001. Plan de Ordenamiento Ecológico de San Quintín. http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CFEQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.spabc.gob.mx%2Fotros%2FPOE%2520San%2520Quintin_PDF%2FPOE%2520San%2520Quintin_Periodico%25202007.pdf&ei=Dc39T9aXE8f22AXUwJ3JDA&usg=AFQjCNGCccy3WsOWwULRCyE-PYLqEEA6ow
- Rendón, M. G. 1995. Técnicas petrográficas para el estudio de rocas y sedimentos en el laboratorio de petrología del CICESE. Informe técnico. Comunicaciones académicas, Serie Geología, CICESE, CTGOT9501. pp. 33.
- Vanderplank, S. 2011. The flora of the greater San Quintín 2005-2010. *Aliso* 29:65-106
- Williams, H; Turner, F. J. y Gilbert, CH. M.1968. Petrografía. Introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas. Capítulo 16: Areniscas. University of California, Berkeley. Editorial Continental, S. A. pp. 305-339.

PIE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio. Duna El Socorro, Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California.

Figura 2. Imagen panorámica de la duna El Socorro donde se muestra la geomorfología de la zona de estudio (Imagen base-ortofoto de 1995 del INEGI).

Figura 3. Imagen donde se señala la localización de los sitios donde se tomaron las muestras de núcleos (2 a 30 metros de profundidad) en la duna El Socorro.

Figura 4. Imagen donde se señalan las muestras superficiales colectadas en la duna costera El Socorro.

Figuras 5a, 5b. Diagramas triangulares mineralógicos de las muestras de arena de la duna El Socorro.

FIGURAS

Figura 1

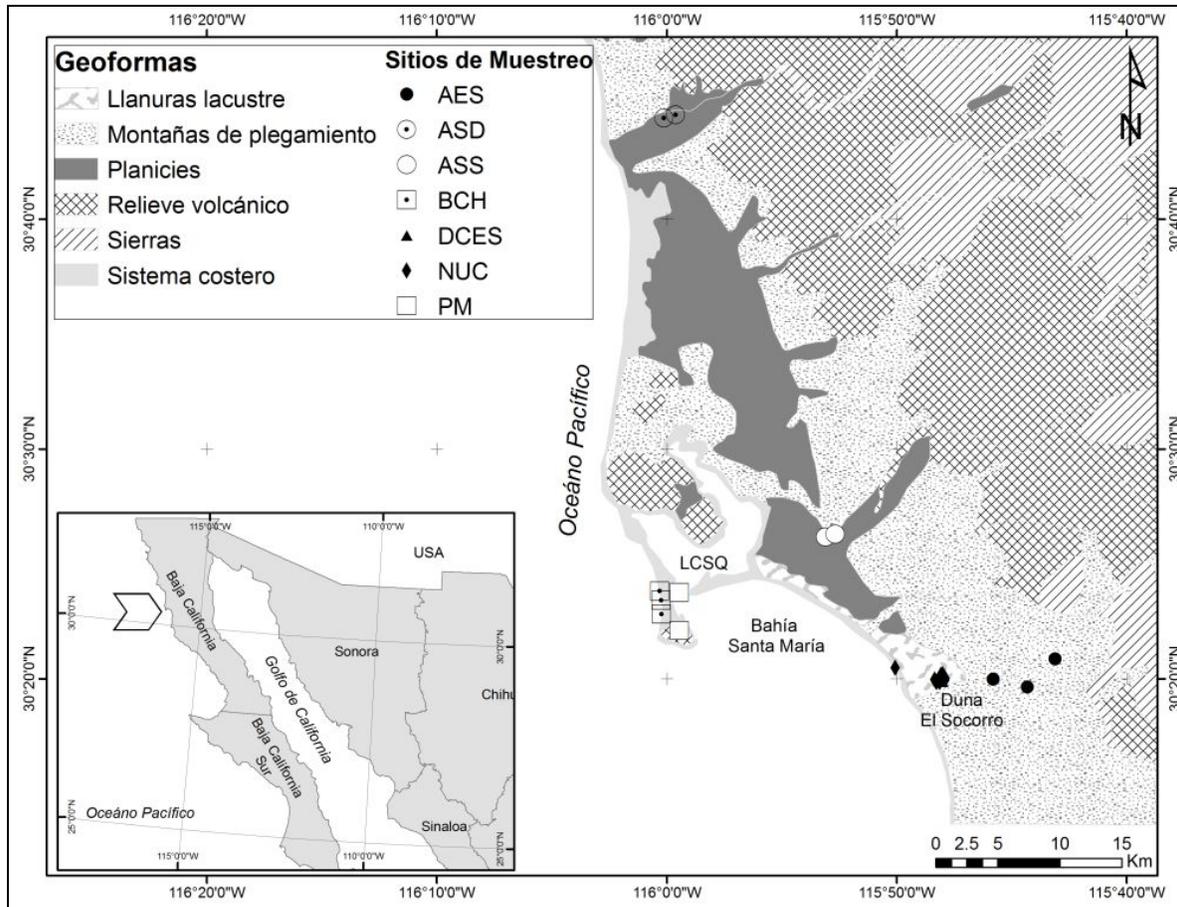


Figura 2



Figura 3

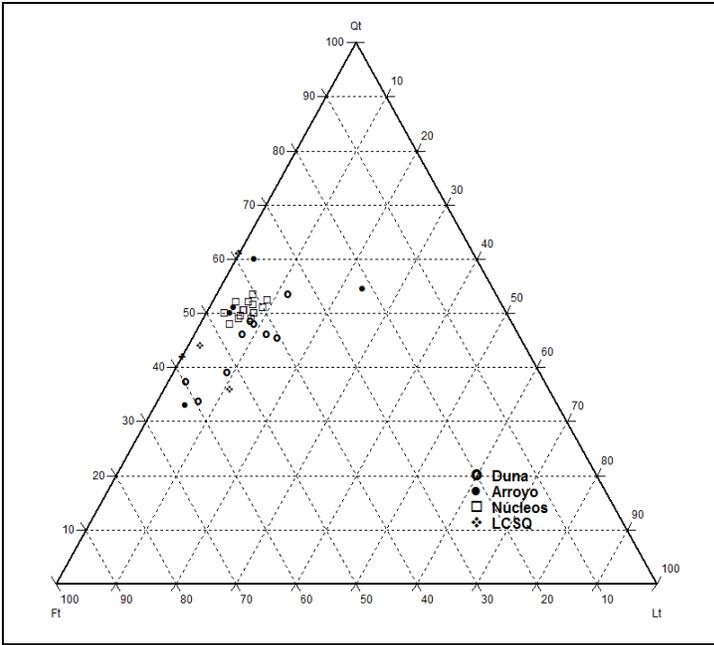


Figura 4

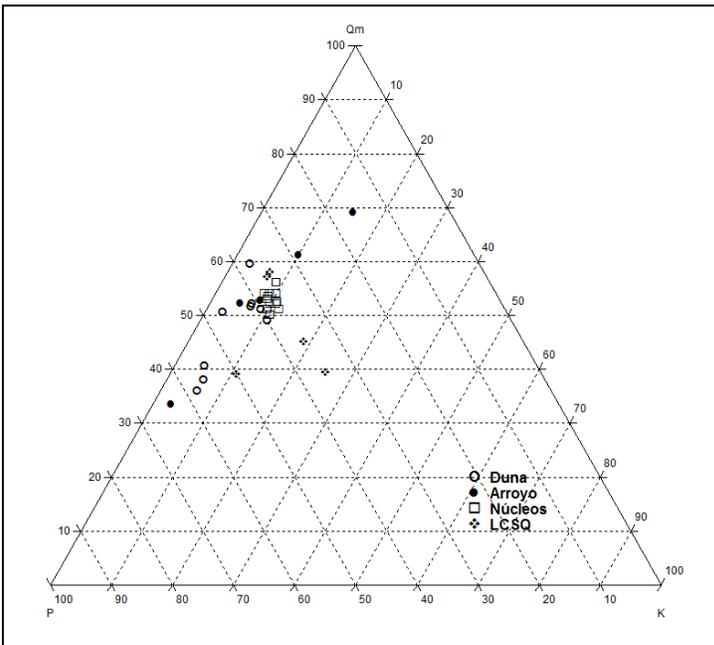


Figura 5

A)



B)



TABLAS

Tabla 1. Análisis mineralógico de las muestras de arena superficiales y a profundidad de la duna El Socorro, arroyos, barra de arena y superficial de los alrededores de la Bahía San Quintín.

Muestra	1	3	5	6	10	11	12	13	14	PM	AES	ASS	ASD	BCH	S1 8m	S11 5m	S2 24m	S3 23m	S4 26m	S5 30m	SQ- 34	SQ- 44	SQ- 64	SQ- 99	SQ- 107
Qm	94	110	106	79	127	107	114	91	89	120	143	72	142	124	122	119	127	113	117	129	125	184	131	146	107
Qp	9	3	5	3	7	9	3	7	2	5	17	5	1	7	7	8	2	13	6	7	0	0	6	25	33
Feld-K	17	25	15	14	6	6	15	10	13	12	31	7	23	21	21	21	29	22	17	20	0	0	0	19	0
Plag	74	89	84	129	80	98	92	122	131	99	32	137	107	6	83	86	92	87	81	80	150	106	109	91	106
Lv	1	0	2	0	0	0	2	0	0	2	25	5	3	0	11	14	7	11	16	14	118	173	134	0	118
Ls	1	0	0	1	5	2	2	0	1	2	2	3	0	4	1	1	0	2	0	0	32	21	57	0	76
Lm	16	19	33	15	24	19	27	23	7	7	43	3	9	3	6	4	2	1	6	8	0	0	0	0	0
Densos	83	50	52	58	49	57	42	45	49	51	8	69	22	74	46	44	41	49	49	42	0	0	0	13	0
Opacos	5	4	3	1	2	2	3	2	8	2	4	4	0	7	3	3	2	2	8	2	0	0	0	6	0
Ft	43	46	40	60	35	43	42	52	59	45	22	62	46	37	41	42	47	44	40	39	58	39	54	39	53
Qt	48	46	45	34	54	48	46	39	37	51	55	33	50	60	51	50	50	51	51	53	42	61	44	61	36
Lt	8	8	14	7	12	9	12	9	3	4	24	5	4	3	7	8	3	6	9	9	0	0	2	0	11
Plag	40	40	41	58	38	47	41	55	56	43	16	63	39	29	37	38	37	39	38	35	50	35	36	36	35
Qm	51	49	52	36	60	51	51	41	38	52	69	33	52	61	54	53	51	51	54	56	39	58	45	57	39
Feld-K	9	11	7	6	3	3	7	5	6	5	15	3	8	10	9	9	12	10	8	9	11	7	19	7	25

Nota: Las muestras 1,3,5,6,10,11,12,13,14 son superficiales de la duna El Socorro, PM: Punta Mazo, ASE: Arroyo El Socorro, ASS: Arroyo San Simón, ASD: Arroyo Santo Domingo, BCH: Barra Chorera, S1: sitio1 (8,15 metros), S2: sitio2 (24 metros), S3: sitio3 (23 metros), S4: sitio4 (26 metros), S5: sitio5 (30 metros), SQ: San Quintín.

Tabla 2. Parámetros texturales en unidades phi de los sedimentos de las muestra de la duna El Socorro, Ensenada, Baja California, México.

Muestra	Tamaño medio de grano	Selección	Asimetría	Muestra	Tamaño medio de grano	Selección	Asimetría
1	0.9054	0.8896	-0.03845	22	2.298	0.2629	0.2381
2	0.6592	0.8018	0.05136	23	2.305	0.318	0.1587
3	0.5086	0.8055	0.2901	24	2.216	0.3247	0.00005
4	2154	0.7501	0.07523	25	2.19	0.3182	-0.05217
5	1.62	0.5755	-0.0125	26	2.868	0.5333	0.09225
6	2.47	0.4066	0.4156	27	2.246	0.3096	0.063
7	2051	0.5257	-0.2177	28	2.584	0.4629	-0.241
8	1766	0.2417	0.13	29	1.983	0.5079	-0.154
9	2713	0.2319	-0.1717	30	2.088	0.3094	-0.236
10	2371	0.2894	0.3048	31	2.085	0.3913	-0.126
11	0.8181	0.8392	0.03215	32	1.562	0.6542	0.187
12	1034	1235	0.2483	33	2.061	0.3226	-0.16
13	2.278	0.2603	0.2709	34	1.675	0.4971	0.053
14	2.272	0.2093	0.1612	35	1.794	0.5497	-0.097
15	2.289	0.2426	0.2037	36	2.247	0.2962	0.098
16	2.285	0.4544	0.1705	37	2.009	0.5546	-0.309
17	2.382	0.4971	0.2382	38	1.982	0.4906	-0.163
18	2.384	0.3302	0.3641	39	2.127	0.3438	-0.099
19	2.373	0.3406	0.3694	40	2.009	0.4608	-0.103
20	2.147	0.4289	0.03728	41	1.985	0.4478	-0.073
21	2.509	0.3856	0.2447				

Artículo III. Para enviarse a Boletín de la Sociedad Botánica de México.

La flora y vegetación de la duna El Socorro, San Quintín, Baja California, México

Rodríguez-Revelo, N¹., I. Espejel¹, F. Casillas¹, C. Leyva¹ y S. Vanderplank²

¹Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias, Carretera Tijuana- Ensenada Km.22800, CP.103, Ensenada, Baja California, México.

²Rancho Santa Ana Botanic Garden, 1500 North College Avenue, Claremont, California

91711

Resumen

La duna costera El Socorro, en Ensenada, Baja California está amenazada por el uso minero. El objetivo de este trabajo compilar un inventario florístico y elaborar una descripción de las asociaciones vegetales que la caracterizan de tal manera que los resultados se puedan utilizar como un valor para analizar su potencial para conservación. Los métodos consistieron en recopilar la información florística y ecológica bibliográfica y sin publicar de los últimos 20 años, coleccionar y muestrear en mayo de 2011 para actualizar las bases de datos recopiladas. La flora de la duna El Socorro está formada por 41 familias, 113 géneros y 155 especies de plantas vasculares, de las cuales la mayoría son hierbas y arbustos. Los resultados indican que es la duna más importante de Baja California ya que florísticamente representa el 60% de la flora de dunas estatal y contiene el 7.8% de la flora de playas y dunas de México. La riqueza florística se debe a su situación de ecotono entre dos grandes climas (mediterráneo y desértico) y a la vecindad de varios tipos de vegetación como son el matorral costero, riparios y saladares. La mayoría de las especies (93%) son nativas de la provincia florística de California, lo que también le da un valor altísimo que puede ser utilizado para objetivos de conservación. Las tres asociaciones vegetales representan claramente la microtopografía de las dunas costeras, y se diferencia por la presencia de una pequeña duna móvil sobre una duna fija que modifica las transiciones graduales características de las dunas costeras. Hay asociaciones vegetales que responden a factores edáficos y otros a factores como la aspersión marina como es habitual en los

sistemas de dunas del mundo. Se espera que este trabajo sea la base para lograr su conservación.

Palabras clave. Vegetación de dunas costeras, riqueza florística, asociaciones vegetales.

Abstract

El Socorro, a coastal dune system located in Ensenada, Baja California is threatened by mining exploitation. The aim of this paper is to present the floristic list and the description of plant associations in order to provide information that will be useful to protect this system. Floristic and ecological data bases were compiled, including published and unpublished data. Additional flora and the vegetation sampling were performed in May 2011 to update the compiled data base. Our results show that El Socorro dune is the most important in Baja California because it contains 60% of the plant species known to occur in Baja California (?) and also, because it represents 7.8% of the Mexican sand dunes flora. This floristic richness is related to an ecotonal situation between two climates (mediterranean and desert) and to the close presence of other vegetation types such as coastal scrub, riparian and marshes. Most of the plant species that we found (93%) are native to the California floristic province which adds values for conservation purposes. Three plant associations clearly represent the sand dunes microtopography. Explicar brevemente estas asociaciones. This dune is different by the presence of a small mobile sand dune on a fixed sand dune which modifies the gradual transition known for coastal sand dunes. There are plant associations responding to edaphic factors as inundation and alkaline soils, and others to aerial factors such as salt spray. We expect that the use of our results help to protect this coastal sand dune.

Key words. Coastal sand dunes vegetation, floristic richness, plant associations

1. Introducción

Baja California es uno de los estados con mayor extensión litoral de México (13.4%) (INEGI, 2011). Sus playas arenosas con dunas costeras destacan por su longitud y superficie pero sobre todo por su buen estado de conservación (Seingier, *et al.*, 2009). En particular, la dunas del poblado conocido como El Socorro tienen una gran diversidad y riqueza de especies de flora, debido a que se ubican en el ecotono entre dos regiones

florísticas, la Martiniana y la Vizcainiana, de acuerdo a Westman, (1983) para el matorral costero y posteriormente lo retomaron Peinado *et al.*, (2008) para la vegetación de las dunas. Además, son muy diversas porque están conformadas por la coincidencia de diferentes tipos de vegetación como son el matorral costero, la vegetación de dunas estabilizadas, los chaparrales, la vegetación riparia, y humedales con saladares (Van der Plank, 2011).

Este sistema de dunas se encuentra en un estado de conservación relativamente bueno gracias a que no se han desarrollado grandes centros urbanos ni turísticos. Lo anterior se debe en parte a la escasez de agua y en parte al aislamiento, ya que la mayor parte de la carretera que cruza la península no es costera. Además casi la mitad del estado es área natural protegida (Valle de los Cirios). Sin embargo, existe un cierto desarrollo costero que se extiende desde la frontera norte (Tijuana) hacia el sur, por el litoral del Pacífico hasta San Quintín, una zona agrícola. Justo en esta área, en la porción más sureña de esa delegación, es donde se desarrolla uno de los sistemas de dunas del estado más importantes desde el punto de vista geomorfológico y florístico y que fue nuestro objeto de estudio: las dunas costeras El Socorro.

En general, las plantas de dunas en todo el país (Moreno-Casasola *et al.*, 1998) tienen una distribución zonificada muy evidente y relacionada con el sustrato: en las crestas se encuentran plantas postradas, de poca altura y suculentas, y en las hondonadas y las laderas crecen los arbustos frondosos. Si las hondonadas están muy cerca del manto freático, pueden inundarse y estar cubiertas por plantas acuáticas, aunque sea de manera temporal. La vegetación que se encuentra en las dunas también depende del grado de estabilización de la arena. En las dunas activas o móviles donde el viento es el factor ecológico más limitante y es menor la posibilidad de que crezcan plantas en la arena expuesta y seca. Sin embargo algunas especies pueden crecer de manera esporádica y aislada. Las dunas fijas, estabilizadas o relictos, están cubiertas por vegetación, muchas veces compartida, a nivel de especies, con otras de los tipos de vegetación circundante como son selvas, marismas, matorrales desérticos y forman estructuras relativamente estables mientras no se elimine la cubierta de vegetación (Moreno-Casasola, 2006).

Hay pocos estudios florísticos y de vegetación en las dunas del noroeste de México, Johnson (1975) caracteriza por primera vez las dunas de la península de Baja California y posteriormente colecta *Abronia maritima*, la pionera y fijadora de dunas más importante del

Pacífico norte mexicano (Johnson, 1985). Una década después, Sigüenza *et al.*, (1996) trabajan con la asociación de micorrizas arbusculares en siete especies de plantas de la duna El Socorro. Asimismo, en Baja California Sur. Por otro lado, los trabajos de Pérez-Navarro (1995) y Romero *et al.*, (2006) describen la estructura de la vegetación de dunas costeras de la región de El Cabo y de una isleta frente a La Paz, conocida como El Mogote. Los estudios de Peinado *et al.*, (2008) analizan la vegetación de dunas incluyendo las costas californianas. Más recientemente, Espejel *et al.*, (2012) coordinan un proyecto multi-institucional de flora de playas y dunas a nivel nacional (CONABIO-HJ007) con la intención de sistematizar el material herborizado en los principales herbarios del país, California y Arizona, nuevas colectas y muestreos ecológicos, así como referencias bibliográficas. En dicho proyecto, se recuperaron las colectas del estado de Baja California de Ileana Espejel, Claudia Leyva y otros colectores realizadas entre 1990 y 2000 que no estaban herborizadas y cuyo análisis no ha sido publicado.

La duna de El Socorro, quedó incluida en el estudio florístico de Van der Plank (2010) de lo que se conoce como el Gran San Quintín. Sin embargo, sólo analiza la parte frontal del sistema de dunas y aún así, concluye que es el tipo de vegetación con mayor diversidad florística. Esta autora y el listado proporcionado en el estudio de ordenamiento ecológico (PDR-RSQ,2007) mencionan especies importantes como *Haplopappus berberidis*, *Hazardia squarrosus*, *Helianthus niveus*, *Mammillaria dioica*, *Opuntia cholla*, *Atriplex leucophyllas*, *Croton californicus*, *Euphorbia micromera*, *Euphorbia misera*, *Frankenia palmeri*, *Frankenia salina*, *Astragalus anemophilus*, *Acmispon distichus*, *Abronia maritima*, *Camissonia cheiranthifolia*, *Camissonia crassifolia*, *Nemacaulis denudata* y *Lycium brevipes*, todas ellas especies nativas que se comparten con el estado de California, EUA. Como el sistema de dunas está rodeado de campos agrícolas, caminos y algunos poblados, es posible encontrar especies introducidas como *Schismus barbatus*, *Carpobrotus chilensis*, *Bromus madritensis ssp. rubens*, *Brassica tournefortii* y *Sonchus asper*.

MÉTODO

1.1. Zona de estudio

La duna El Socorro se localiza en el ejido Nueva Odisea en el municipio de Ensenada a veinte kilómetros al sur de la delegación San Quintín, Baja California, el cual se encuentra aproximadamente a 200 kilómetros de la frontera norte de México (Fig. 1). Este ejido está a 30° 24' Latitud Norte y a 115° 57' de Longitud de Oeste con altitud de 20 msnm. La región de San Quintín, es una de las zonas agrícolas más dinámicas del Estado, tanto poblacional como económicamente debido a que es polo de atracción para mano de obra jornalera del sur de México (POESQ, 2001).

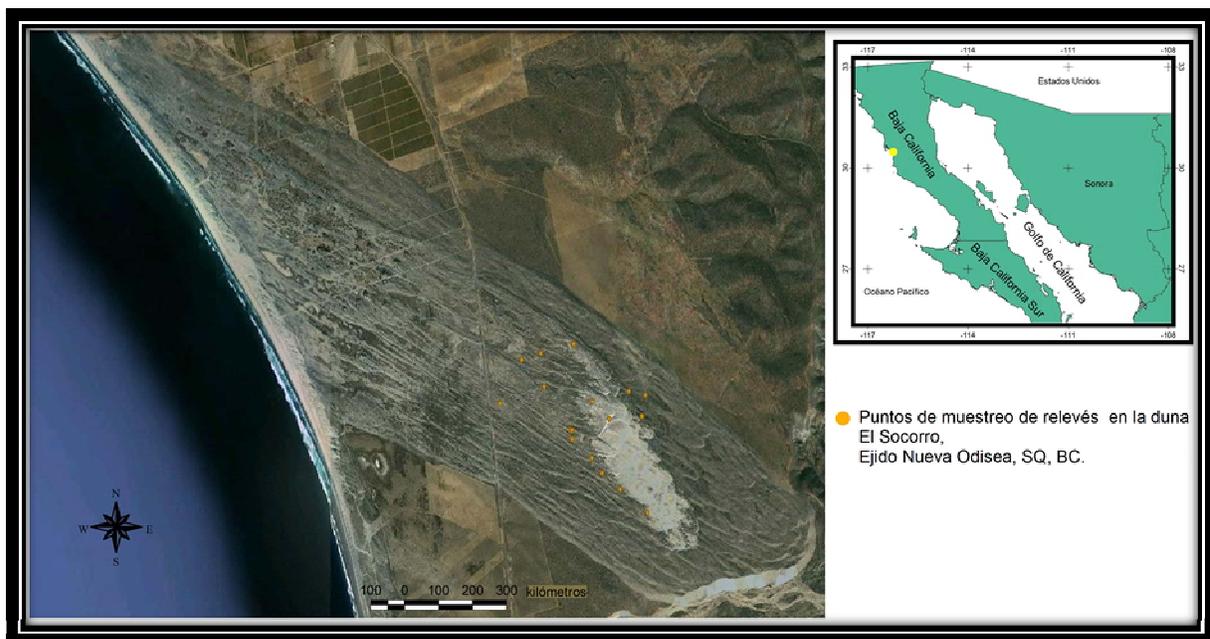


Figura 1. Zona de muestreo de los relevés hechos el mes de mayo de 2011 en la parte interior de la duna El Socorro, Ejido Nueva Odisea, SQ, BC.

Según la clasificación Köppen, en la costa del Pacífico en el municipio de Ensenada, hasta los 100 msnm, se tiene un tipo de clima Bwks, sub-tipo muy seco templado con lluvias en invierno, precipitación invernal mayor de 36% y verano cálido; de los 100 a 300 msnm, el clima es Bwhs subtipo muy seco semicálido con lluvias de invierno, precipitación invernal mayor de 36% y con invierno fresco (Carta Estatal de Climas, escala 1:1'000,000). Los vientos predominantes son de Noroeste a Sureste, con una velocidad promedio de 12 metros por segundo (Cartas de Efectos Climáticos, escala 1:250,000 en PDUCP-SQ, 2007).

En la región del Valle San Quintín, la formación geológica es parte de los procesos de deriva continental y está influenciada por la formación del batolito peninsular, este último como producto del levantamiento del arco volcánico tiene un origen geológico, tectónico y plutónico. Las formaciones geológicas de las bahías y el valle, se formaron con conglomerados del Terciario y aluviones del Cuaternario, por sedimentación de la erosión de las formaciones geológicas batolíticas del Cretácico y prebatolíticas del Jurásico Pleozoico (Gastil *et al.*, 1971).

La mayor extensión del Valle de San Quintín está formada por rocas sedimentarias posbatolíticas de origen marino (Gastil *et al.*, 1971), donde se localiza actualmente la duna El Socorro. La geomorfología de este sistema está compuesta de dunas parabólicas alargadas perpendicularmente a la línea de costa.

Este sistema presenta una zona de duna móvil a una distancia de la costa de cuatro kilómetros tierra adentro, esta zona es de gran peculiaridad ya que el grado de estabilización es muy reducido en las partes más altas de las crestas, presentando manchones de vegetación en las partes colindantes con la duna estabilizada de vegetación secundaria (Fig. 2).



Figura 1. Fotografía panorámica donde se observa el horizonte hacia la costa de la duna El Socorro, San Quintín, Baja California.

Dada la importancia florística demostrada (Johnson, 1977; Van der Plank, 2010, 2011; Peinado *et al.*, 2008 y Riemann y Ezcurra, 2007).

1.2 Listado florístico

El listado florístico generado por Espejel y Leyva (manuscrito sin publicar) se revisó y actualizó con los listados de las bases de datos BajaFlora y de los herbarios HCBC proporcionados por Delgadillo, Rebman y León de la Luz para el proyecto de Conabio (HJ007), así como con el listado proporcionado por Van der Plank (2011). Como complemento de lo anterior, se realizaron muestreos de vegetación y se colectaron ejemplares durante abril y mayo de 2011, de la duna El Socorro. Las especies que no se pudieron identificar en el sitio se prensaron para identificarlas posteriormente en laboratorio con apoyo del Museo de Historia Natural de San Diego (HBSD).

Se construyó una base de datos florística con información relevante como sitios de colecta, colector(es), georeferencia, sustrato, forma de vida y datos de la flor y el fruto. De la literatura (Jepson, Wiggins, Roberts y BajaFlora) se obtuvo el tipo de vegetación reportado como preponderante para cada especie.

1.3 Análisis de vegetación

Los muestreos ecológicos que Moreno-Casasola y Espejel (1986) seleccionaron para los estudios de dunas de México, fueron los relevés tipo Braun-Blanquet (1979) pero modificados específicamente para la vegetación de dunas por van der Maarel (1982), porque ofrecen la posibilidad de representar todos los microambientes de las dunas que se pierden con el uso de transectos o cuadros colocados de manera sistemática o aleatoria. El relevé es la unidad muestral de la corriente fitosociológica y por ende, el análisis de los resultados produce una clasificación de las asociaciones de plantas, donde se diferencia la cobertura, para aquellas especies frondosas, y la abundancia para las especies suculentas o hierbas poco conspicuas (Van der Maarel, 1982). La escala que se maneja es de 1 a 9, donde los números del 1 al 4 representan la abundancia y están expresados en el número de individuos y del 5 al 9 la cobertura de la vegetación está representada en porcentaje el cual, para algunos análisis particulares, conviene transformar y calcular un promedio de cobertura por especie por relevé (Tabla 2). A diferencia de los muestreos fitosociológicos clásicos, donde la forma y el tamaño del relevé son indefinidos, y para estudios comparativos a nivel nacional, se calculó el área mínima de muestreo resultando en 100m², por lo que se intenta que cada relevé sea aproximadamente de 10 x 10m; en algunas ocasiones, los muestreos de las playas han sido de 2 x 2m, pero en este sitio se mantuvo el área de 100m² para todos los microambientes de las dunas. En este tipo de estudios, las repeticiones son importantes, por lo que se intenta que haya al menos tres relevés por microambiente.

Se tomó como base la matriz de relevés de Espejel y Leyva (manuscrito sin publicar) y se agregaron 17 relevés tomados en mayo de 2011 en la parte posterior de la duna El Socorro, ya que esa zona no había sido muestreada anteriormente.

Tabla 3 Porcentaje de cobertura de vegetación por el método de Braun-Blanquet (modificado por Van der Maarel, 1982) y equivalencias en porcentajes.

Valor ordinal	Abundancia (1-4)	Equivalente en porcentaje de cobertura promedio
	Cobertura (5-9)	

1	1-3 individuos	1
2	4-6 individuos	3
3	6-9 individuos	5
4	10 individuos	10
5	<12.5%	12.5
6	12.5-25%	18.75
7	25-50%	37.5
8	50-75%	62.5
9	75-100%	87.5

Se colectó la información de cada uno de los relevés, anotando la fecha, número de relevé, coordenadas geográficas, topografía, vegetación, tamaño y forma, porcentaje de arena, estratos y alturas, orientación, colindancias, cobertura vegetal exterior e interior, tipo de suelo y tipo y grado de perturbación y se enlistaron todas las especies de plantas que se encontraban en el sitio.

Se generó una base de datos de las 92 especies identificadas en los 166 relevés. Se clasificaron las asociaciones vegetales con un análisis de conglomerados (distancia euclidiana) con el software Primer 5 (PRIMER-E Ltd- Plymouth Marine Laboratory).

3. Resultados

3.1. Análisis florístico

La flora de la duna El Socorro está formada por 41 familias, 113 géneros y 155 especies de plantas vasculares. La familia Asteraceae es la más abundante con 31 especies.

Según la literatura 57 especies son herbáceas, 42 son arbustos, cinco especies son crasas, tres bejucos y dos especies de arbolitos que también pueden crecer como arbustos. Se

encontró que 13 especies según los diferentes autores su forma de vida puede ser arbustos o herbáceas (Anexo 1), del resto no se encontró su forma de vida.

En la literatura siete especies plantas están reportadas como estrictas de dunas, 21 especies se dice que son estrictas de matorral costero pero las encontramos en esta duna por lo que deben sumarse las 18 que sí están consideradas como facultativas de ambos tipos de vegetación (sumarían 39 especies compartidas). El listado florístico se enriquece con las 75 especies que están en los ecotonos de la duna por un lado con la vegetación riparia y por otro con especies de los humedales o saladares que la flanquean (lo que en total sumaría 114 especies no estrictas de dunas). El resto son plantas cosmopolitas, introducidas o de las cuales en la literatura no se encontró su distribución.

En la figura 2, se muestra que dominan las especies de plantas nativas de la provincia Californiana, es decir de los estado de California en EUA y de Baja California en México (90 %). Sólo se registró el 4 % de endemismos de Baja California, como *Aesculus parryi*. Se registró un porcentaje bajo de especies introducidas (6%), pero algunas muy invasivas como las especies de *Carpobrotus*.

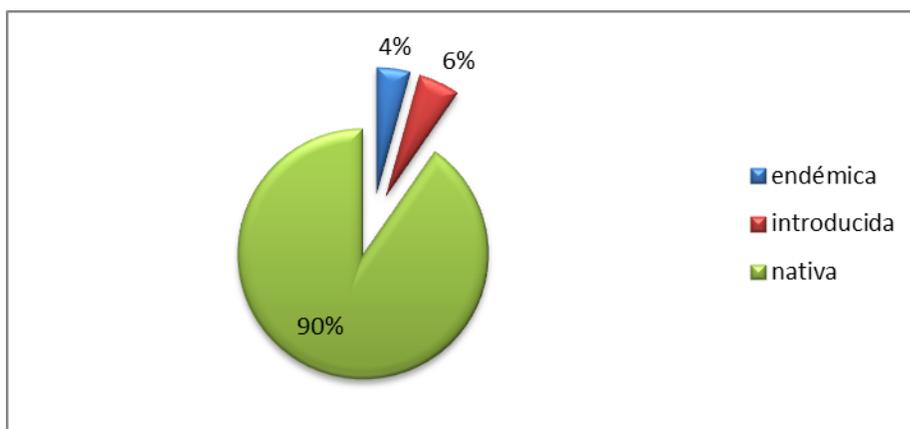


Figura 2 Porcentaje de especies en alguna categoría de distribución, básicamente la mayoría son nativas de California y Baja California.

3.2. Asociaciones vegetales

Las especies constantes (en 81% de los relevés) son *Ephedra californica*, *Croton californicus*, *Cryptantha maritima*, *Encelia californica*, *Neumacaulis denudata* y *Hazardia squarrosa*, todas nativas de la Provincia Californiana y *Carpobrotus chilensis*, que es una hierba rastrera introducida.

Se definen tres grandes asociaciones (Fig. 3) muy bien asociadas con los microambientes topográficos de las dunas: 1) la asociación de las crestas de la duna, 2) la de laderas y hondonadas y 3) la de laderas y planicies (Tabla 2).

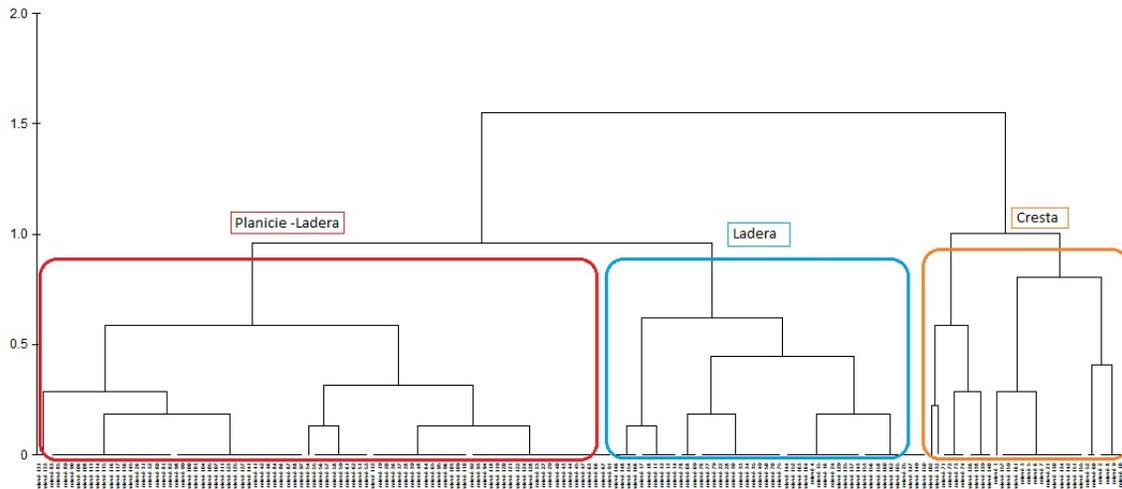


Figura 3 Dendrograma de relevés de la duna El Socorro. Representado los tres grupos que se formaron. La asociación de crestas está representada en 31 relevés, la de laderas y hondonadas por 47 relevés y las laderas y planicies por 88 relevés. Las especies dominantes que caracterizan a las asociaciones se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 4 Distribución de las especies de plantas según un perfil topográfico de la duna El Socorro, Ensenada, B. C., México.



Especies	playa	Planicie				Ladera					cresta				Hondonada							Planicie	Ladera	Cresta	Hondonada										
	133	92	120	121	43	146	17	69	144	136	129	135	102	126	138	130	56	39	48	147	105	123	125	127	166	163	164	157	159	156	158	165			
<i>Nemacaulis denudata</i>		x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x																			
<i>Ephedra californica</i>		x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x																			
<i>Encelia californica</i>		x	x	x	x			x	x			x	x																						
<i>Croton californicus</i>								x	x	x		x	x																						
<i>Hazardia squarrosa</i> var. <i>grindelioides</i>		x						x		x	x																								
<i>Salicornia pacifica</i>														x	x	x	x																		
<i>Isocoma menziesii</i> var. <i>vernonioides</i>			x	x				x	x	x			x	x	x	x																			
<i>Abronia maritima</i> ssp. <i>maritima</i>			x					x		x	x		x	x	x	x																			
<i>Carpobrotus chilensis</i>			x	x	x			x					x	x	x	x																			
<i>Helianthus niveus</i> ssp. <i>niveus</i>													x	x	x	x																			
<i>Camissonia californica</i>													x	x	x	x																			
<i>Camissoniopsis cheiranthifolia</i> ssp. <i>sulfitocosa</i>		x	x		x			x	x		x																								
<i>Lycium brevipes</i>		x	x	x				x	x	x	x																								
<i>Isocoma menziesii</i> var. <i>tridentata</i>			x		x					x																									
<i>Asclepias subulata</i>		x		x	x			x			x																								
<i>Acmispon glaber</i> var. <i>glaber</i>																																			
<i>Cryptantha intermedia</i>			x	x	x																														
<i>Dudleya lanceolata</i>		x	x		x			x																											
<i>Frankenia salina</i>	x																x	x	x																
<i>Cylindropuntia cholla</i>																																			
<i>Atriplex leucophylla</i>	x		x	x	x																														
<i>Acmispon distichus</i>			x																																

Las especies dominantes que caracterizan a las asociaciones se encuentran en la tabla 3. Son 10 las especies dominantes que se distribuyen en las crestas de la duna. En especial se encuentra presente una especie rastrera en forma de roseta, muy delicada con flores blancas y que sólo se crece en dunas costeras: *Nemacaulis denudata*. Asimismo, la conforman especies nativas como *Ephedra californica*, *Encelia californica*, *Croton californicus* y *Camissonia californica* además de *Helianthus niveus* que es una especie común en las dunas costeras del estado (Tabla 3). Cuando esta asociación colinda con los humedales del arroyo San Simón, se comparten especies de saladares o marismas y cuando las crestas son de los primeros cordones de dunas se comparte con la pionera de dunas *Abronia maritima*. Es importante notar que la especie introducida *Carpobrotus chilensis* aparece en tres relevés como una especie con cobertura alta (6 y 7).

La asociación vegetal de laderas y hondonadas (Tabla 4) tiene como especies características a *Encelia californica*, *Nemacaulis denudata*, *Croton californicus*, *Abronia maritima* y arbustos comunes compartidos con el matorral costero como son *Hazardia squarrosa*, *Rhus*

integrifolia y *Cryptantha maritima* var. *Maritima*, esta última especie nativa de California. Las especies invasoras de esta asociación son *Schimus barbatus* principalmente en hondonadas, *Carpobrotus chilensis* en todos los microambientes y *Bromus madritensis* ssp. *rubens* en algunas hondonadas. Se presentan especies de ambientes inundables como *Frankenia palmeri*, *Frankenia salina* y *Atriplex leucophilla* encontradas generalmente en las partes contiguas a saladares. Sólo se encontró la presencia de una especie rara, *Acmispon strigosus*.

Tabla 5 . Asociación vegetal en crestas de la duna El Socorro, Baja California.

Relevés	102	132	71	72	73	74	126	138	139	140	1	3	4	5	6	7	21	130	134	142	151	155	157	159	161	52	60	2	8	9	10	Promedio
<i>Nemacaulis denudata</i>	18.75	0	12.5	10	12.5	18.8	1	12.5	10	10	0	0	0	0	0	0	0	12.5	3	0	10	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	4.89
<i>Ephedra californica</i>	87.5	0	0	0	0	62.5	0	5	5	1	0	62.5	0	0	0	0	37.5	37.5	62.5	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0	12.13
<i>Encelia californica</i>	0	0	18.75	12.5	12.5	5	37.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	1	10	10	18.75	0	0	0	0	4.42
<i>Croton californicus</i>	3	0	12.5	18.75	18.8	0	0	37.5	18.75	18.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	10	0	0	0	0	0	0	4.74
<i>Salicornia pacifica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.5	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.5	0	87.5	62.5	7.58
<i>Isocoma menziesii</i> var. <i>veronicoides</i>	0	87.5	0	0	0	0	18.8	0	0	0	0	18.75	5	10	0	37.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.5	0	0	6.94
<i>Abronia maritima</i> ssp. <i>maritima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.75	18.75	18.75	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	87.5	1	0	0	0	4.93
<i>Carpobrotus chilensis</i>	0	37.5	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.8	18.75	0	0	0	0	0	0	18.75	87.5	0	0	0	0	6.25
<i>Helianthus niveus</i> ssp. <i>niveus</i>	0	1	0	0	0	0	0	37.5	62.5	12.5	0	0	0	0	0	0	0	10	62.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00
<i>Comissonia californica</i>	0	0	0	0	0	0	0	37.5	62.5	37.5	0	0	0	0	0	0	0	3	3	18.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.23

Tabla 6 Asociación vegetal en las laderas de la duna El Socorro, Ensenada, Baja California, México.

Relevé	146	148	154	166	17	18	11	13	14	78	68	69	76	77	79	22	28	30	33	34	35	50	70	75	144	152	163	164	4	15	24	129	135	137	143	153	156	158	160	162	165	25	147	149	150	Promedio		
<i>Encelia californica</i>	0	0	5	3	13	12.5	0	0	0	0	3	10	1	12.5	12.5	1	0	0	12.5	12.5	0	0	37.5	10	0	5	0	5	0	0	1	0	0	1	0	3	5	5	0	0	0	1	0	0	5	3.922		
<i>Nemacaulis denudata</i>	0	5	5	5	0	0	0	0	0	1	12.5	10	12.5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	18.75	37.5	10	0	3	5	0	0	0	12.5	12.5	0	0	0	3	5	0	0	0	0	5	10	0	4.072		
<i>Croton californicus</i>	0	0	1	10	13	3	0	0	0	1	3	3	18.75	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	10	0	10	18.75	0	37.5	0	10	10	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.156
<i>Hazardia squarrosa</i> var. <i>grindelioides</i>	18.75	10	0	0	0	0	0	0	5	87.5	18.75	0	0	62.5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	87.5	0	18.75	0	0	0	0	0	0	0	0	62.5	0	0	8.694		
<i>Simmondsia chinensis</i>	12.5	37.5	0	0	0	37.5	0	37.5	87.5	0	0	0	0	0	0	0	87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.5	12.5	0	8.356			
<i>Abronia maritima</i> ssp. <i>maritima</i>	0	0	0	0	0	37.5	0	0	0	3	1	0	5	0	0	0	0	87.5	87.5	87.5	87.5	3	1	3	0	0	0	18.75	0	87.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87.5	1	0	0	13.317			
<i>Rhus integrifolia</i> var. <i>integrifolia</i>	87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87.5	0	0	0	0	0	0	0	62.5	12.5	0	5.556			
<i>Schismus barbatus</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	12.5	37.5	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.722			
<i>Hazardia squarrosa</i> var. <i>Squarrosa</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.75	18.75	5	0	0	0	0	1.322		
<i>Asclepias subulata</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.75	0	0	0	0	0	0	3	18.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.400	
<i>Frankenia salina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.5	37.5	0	0	0	0	0	0	62.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.611	
<i>Cryptantha maritima</i> var. <i>maritima</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	3	10	0	0	0	0.667		
<i>Schismus barbatus</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	5	10	0	0	0	0.689		
<i>Acmispon glaber</i> var. <i>glaber</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	5	0	0	0	0	0.556		
<i>Cryptantha micrantha</i> spp. <i>Lepida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0.133		
<i>Cryptantha micromeres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.089		
<i>Frankenia palmeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.111			
<i>Acmispon glaber</i> var. <i>brevialatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.044		
<i>Altriplex leucophylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.022			
<i>Bromus madritensis</i> ssp. <i>rubens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.022		

Las asociación de plantas en planicies y hondonadas (Tabla 5) está conformada también por *Encelia californica* y *Ephedra californica* y otras especies comunes en el matorral como *Acmispon strigosus*, *Cylindropuntia cholla*. Especies reconocidas como estrictas de duna como *Acmispon distichus* y cercano al saladar especies como *Frankenia salina*. En esta asociación se encuentra la especie endémica de Baja California *Aesculus parryi* pero también invasoras como *Sonchus asper* y *Schismus barbatus*.

4. Discusión

La vegetación de la duna El Socorro presenta una riqueza especialmente alta, casi el 60%, con respecto a toda la vegetación de dunas del estado de Baja California y el 7.8% con respecto a la flora mexicana de playas y dunas, de acuerdo a la información de Espejel *et al.* (2012).

Por lo anterior, se puede establecer que la importancia de las dunas de El Socorro y la zona de la bahía volcánica tienen un valor particular de conservación, ya que poseen muchos taxones endémicos a áreas muy restringidas como menciona Van der plank (2011). Además, está la presencia de las especies endémicas de la duna El Socorro, *Aesculus parryi* y *Rhus integrifolia* sobre suelos arenosos, evento que no es muy común en la Provincia Californiana.

Una de las explicaciones para entender la gran diversidad de este lugar se debe a la presencia de ecotonos de transición entre especies de duna-matorral y la cercanía con saladares y ambientes riparios. Al igual que Westman (1983) y Peinado *et al.* (2008), la composición de esta zona se ha considerado como un tipo distintivo entre el matorral desértico (tropical) y el clima semiárido tipo mediterráneo; la composición florística de la zona Martirensis (zona donde se ubica la duna El Socorro) combina ambos elementos, haciendo una composición de alta riqueza, típica de zonas de ecotonos.

Los estudios fitosociológicos que hacen Peinado *et al.* (2008), utilizan el método propuesto por Braun-Blanquet en 1979 para determinar la cobertura vegetal y la abundancia de las especies. A diferencia de este estudio que utilizó la modificación propuesta por Van der Maarel (1982) para las dunas de México, sin embargo, de forma generales, las asociaciones vegetales son similares, es decir las modificaciones a los métodos de muestreo no alteran el resultado básico porque las asociaciones vegetales están muy claramente definidas por la

topografía, como en todas las dunas del Golfo de México y el Caribe (Moreno-Casasola y Espejel, 1986), de México (Moreno Casasola *et al.*, 1994) y el mundo (Martínez, 2008): crestas-hondonadas-laderas.

Asimismo, como todos los autores que describen dunas costeras, se explican los perfiles de vegetación en función de gradientes de factores físicos aéreos como es la influencia marina (para este sitio, Peinado *et al.*, 1995a) pero en este caso encontramos que el gradiente es poco claro porque la duna móvil que se encuentra en la parte tierra adentro de la duna fija (Fig. 1), tiene muchas de las especies que en general siempre están como pioneras en las dunas frontales (la nativa *Abronia maritima* y la introducida *Carpobrotus chilensis*). También es importante mencionar que hay asociaciones de plantas que obedecen a factores edáficos y cuya expresión espacial no refleja un gradiente, sino cambios abruptos de composición química del suelo como son carbonato de sodio y suelos alcalinos. Para este caso, Peinado *et al.*, 1995a mencionan *Atriplex julacea*-*Frankenia palmeri* como una asociación de este tipo y que puede observarse como manchones inundables (lagunas interdunarias intermitentes en otros sitios, o saladares cerca de las bocas del arroyo San Simón).

Finalmente, la relevancia de este trabajo radica en la gran importancia biológica que tiene la duna El Socorro por la gran riqueza de especies que presenta, por lo que permite proponerlo como un área protegida o reserva privada para su conservación.

5. Conclusiones

El listado florístico de la duna El Socorro que se presenta en este trabajo, refleja la riqueza de especies de plantas colectadas y observados desde hace 20 años. La compilación de diferentes bases de datos, de herbarios e investigaciones que se han hecho en macro y micro escala en la zona permiten identificar al sitio como el más importante, florísticamente hablando, de la costa del estado (60%) y también muy importante a nivel del país (representa el 7.8% de la flora nacional). La riqueza se debe a su situación de ecotono entre dos grandes climas (mediterráneo y desértico) y a la vecindad de varios tipos de vegetación como son el matorral costero, riparios y saladares. La mayoría de las especies (90%) son nativas de la provincia florística de California, lo que también le da un valor altísimo que puede ser utilizado para objetivos de conservación.

Las tres asociaciones vegetales representan claramente la microtopografía de las dunas costeras, y se diferencia por la presencia de una pequeña duna móvil sobre una duna fija que modifica las transiciones graduales características de las dunas costeras. Asimismo, en las hondonadas hay conjuntos de especies que responden a factores edáficos y no de aspersión marina como también es habitual en los sistemas de dunas.

La amenaza que prevalece sobre estas dunas por el uso minero, debe ser reconsiderada a la luz de estos resultados.

6. Referencias

- Alcaraz, A. F. J. 2010. El Método Fitosociológico. Geobotánica. Universidad de Murcia. España.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume, Madrid.
- Carter, R. W.G. 1991. Coastal Environments. Academic Press. Gran Bretaña.
- Espejel I., P. Peña-Garcillán, P. Moreno-Casasola, G. Castillo, J.L. León de la Luz, J. Sánchez, S. Castillo y R. Durán. 2012. Proyecto de Flora de playas y dunas costeras de México. HJ007. III Informe técnico. CONABIO.
- Gastil, P. and Allison. 1971. Reconnaissance Geologic Map of the State of Baja California.
- Hesp, P. A. 2000. Coastal sand dunes: form and function. En: Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. P 189
- INEGI, 2011. Panorama sociodemográfico de México. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/territorio/default.aspx?tema=me&e=02>
- Johnson, A. F. 1977. A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and southern gulf coast of Baja California, Mexico. *Biogeography*. 7: 83–99.
- Martínez, M. L. 2008. Dunas costeras. *Investigación y Ciencia*. Agosto. Pp 26-35.
- Moreno-Casasola, P. y Espejel, I. 1986. Classification and ordination of coastal dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetation* 66: 147-182.
- Moreno-Casasola, P. Moreno-Casasola P, Espejel I, Castillo S, Castillo-Campos G, Durán R, Pérez-Navarro JJ, León JL, Olmsted I, Trejo-Torres J. 1998. Flora de los

- ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. En: Halffter, G. (Ed.) *Biodiversidad en Iberoamérica*. Vol. 2. CYTED- IdeE: 177-258.
- Moreno-Casasola, 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? En: Moreno-Casasola P., Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Peinado, M., Aguirre, J. L., Delgadillo, J. y Macías, M.A. 2008. A phytosociological and phytogeographical survey of the coastal vegetation of western north America. Part I: plant communities of Baja California, Mexico. *Plant ecology*. 196:27-60.
- Pérez-Navarro, J.J. 1995. La vegetación de ambientes costeros de la región del cabo, Baja California Sur: Aspectos florísticos y ecológicos. Tesis de licenciatura, UNAM. 90p.
- PDR-RSQ, 2007. Programa de desarrollo regional-Región de San Quintín. Secretaría De desarrollo social (SEDESOL). PP.162
- PDUCP-SQ, 2007. Programa de desarrollo urbano de los centros de población San Quintín-Vicente Guerrero
- Ranwel, D. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, Londres.
- Riemann, H. y Ezcurra, E. 2007. Endemic regions of the vascular flora of the península of Baja California, México. *Journal of vegetation science*, 18(3):327-336.
- Romero-López, B.E., J. L. León de la luz, J.J. Pérez-Navarro y G. de la Cruz Agüero. 2006. Estructura y composición de la vegetación de la barra costera del mogote, Baja California Sur, México. *Boletín de la sociedad botánica de México*. 79:21-32.
- Seingier, G., Espejel, I. y Ferman, A. J. L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental*, 1(1):54-69.
- Siguenza, C., Espejel, I. y Allen, E.B. 1996. Seasonality of micorrihixae in coastal sand dunes of Baja California. *Mycorrhiza*. 6:151-157.
- Van der Maarel, E. 1982. Ecología de la vegetación de las dunas costeras: Uso de métodos multivariados. *Biótica*, 7(4):527-532.
- Vander plank, S.E. 2010. The vascular flora of greater San Quintín, Baja California, México. CGU Theses dissertations. Claremont colleges. P 59.

- Vander plank, S.E. 2011. The flora of greater San Quintín, Baja California, México (2005-2010). Rancho Santa Ana Botanic Garden. *Aliso*, 29:65-106.
- Westman, W. E. 1983. Xeric Mediterranean-type shrubland associations of Alta and Baja California and the community/continuum debate. *Vegetation*. 52, 3-19. The Netherlands.

Artículo IV. Para enviarse a Investigación Ambiental. Ciencia y Política.

Análisis prospectivo de una duna costera: El Socorro, San Quintín, Baja California, México. Parte II.

Natalia Rodríguez-Revelo¹, Ileana Espejel¹, Patricia Aceves-Calderon¹, Claudia Leyva¹

¹*Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias, Carretera Tijuana- Ensenada Km.22800, CP.103, Ensenada, Baja California, México.*

Resumen

La duna El Socorro es un ejemplo de proyectos que no se concretan, de territorios que no se ordenan y donde las oportunidades económicas emergentes derivan en usos que no son sustentables. El objetivo de este análisis es la confrontación de dos formas de usar la duna (minería de arena a cielo abierto, incipiente uso actual vs. ecoturismo) a través de un análisis de impactos y sus causas donde las causas futuras funcionan para visualizar impactos ambientales y sociales. Se identificaron seis impactos que tienen 30 causas actuales y futuras. Se espera que los ejidatarios y otros actores lo utilicen como insumo para tomar decisiones sobre el uso de suelo.

Palabras clave: *minería de arena, ecoturismo, impactos y sus fuentes, impacto ambiental, planificación regional.*

Abstract

El Socorro sand dunes is an example of unsuccessful projects, of disordered territories where emergent economic opportunities led to unsustainable uses. The aim of this analysis was to confront two ways of sand dunes use (sand mining, actual incipient use vs. ecotourism). The method used in an analysis of impacts and sources where future sources

function to visualize environmental and social impacts. Six impacts and 30 sources were identified. We hope that these results will be used by *ejidatarios* and other sand dune users as an input to land use decision making.

Key words: *sand mining, ecotourism, impacts and sources, environmental impact, regional planning.*

I. Introducción

Si en 1987, el Informe Brundtland definió al desarrollo sustentable como “un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones están acordes y acrecientan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas” (ONU-Informe Brundtland,1987), se esperaría que todas las actividades que explotan recursos naturales buscaran formas diferentes para lograr que fueran económicamente perdurables, socialmente justas y ambientalmente responsables. La minería, que es el caso de explotación de recursos que nos interesa en este artículo, ofrece grandes retos para ser sustentable. De hecho, por principio no puede ser sustentable porque los recursos mineros por principio, se explotan hasta acabarse, aunque esto lleve un largo periodo de tiempo. La forma en que se ha intentado hacer sustentable la minería ha sido orientando la evolución tecnológica exigiendo por ejemplo, el manejo y control de los contaminantes o la restauración ecológica de los ambientes que destruyen. Asimismo, lo intentan modificando las instituciones para que la regulen y sean socialmente más justas brindando mayor seguridad a sus empleados, mayor transparencia, entre otras. Por otro lado, una forma de lograr la sustentabilidad de una región es ordenando el territorio, es decir repartiendo en el espacio las diferentes explotaciones de recursos de tal manera que se minimicen los conflictos.

México por un lado ha abordado la sustentabilidad de la minería a través de normas para el manejo de los recursos minerales (LEGEEPA, 1988 y NOM-155-SEMARNAT-2007, 2010) y la transparencia institucional, y por otro ha creado áreas naturales protegidas y ha

decretado el ordenamiento ecológico del territorio, el cual en su escala local, intenta evitar conflictos entre los sectores.

México constituye un importante país productor de minerales metálicos y no metálicos. Varios de los productos extraídos permiten que el país se encuentre entre los primeros quince productores en el ámbito mundial (Moreno-Casasola, *et al.*, 2006). En los últimos años las arenas han cobrado importancia a nivel de exportación y para uso industrial (Consejo de Recursos Minerales, 2003).

En este caso, nos interesan la explotación de las arenas de dunas costeras las cuales son aprovechadas por la minería para diferentes actividades como la recreativa, la industrial, la construcción y la artesanal. La extracción más redituable es la industrial porque se obtienen diferentes tipos de minerales como el Hierro, Titanio, Cuarzo y el Sílice, los cuales tienen valores considerables en el mercado internacional.

El Consejo de Recursos Minerales menciona que los productos que generan mayores valores en orden decreciente son: cobre (11.3%), grava (10.9%), mármol (10.8%), arena (9.9%), plata (8.5%), zinc (7.9%), caliza (6%), oro (5%), carbón (4.5%), fierro (3.2%), plomo (2.6%), arcillas (2%), sal (2%). La arena uno de los productos con mayor valor comercial en el mercado, tiene diferentes tipos de aplicaciones y valiosos usos (Consejo de Recursos Minerales, 2003), por esta razón resulta de gran importancia analizar casos de explotación de arenas y evaluar su sustentabilidad, especialmente cuando las fuentes de arenas son las dunas costeras. Estos ecosistemas son particularmente relevantes debido a su carácter protector de la zona costera ante los efectos del cambio climático como es el incremento en el nivel medio del mar y la mayor recurrencia de huracanes. Las dunas costeras cobran importancia como prestadoras de servicios ambientales ante los escenarios climáticos de este siglo (Daily, 1997; Martínez, 2009) y es por ello que urge encontrar alternativas de uso y formas sustentables de explotación.

Por esta razón, el tema de pérdida de dunas costeras ya sea por el uso minero o por la construcción de infraestructura urbana, portuaria, agropecuaria y acuícola es un tema emergente y sobre el cual es necesario enfocar varios esfuerzos. Se estima que en Europa desde 1900 al 2004 se han perdido aproximadamente el 25% de las áreas de dunas costeras y el 55% de área restante ha perdido su calidad natural, con el 85% de las dunas costeras existentes en peligro de desaparecer (Heslenfeld *et al.*, 2004). En México, Seingier y

colaboradores (2009) calculan que se han perdido el 14% de la superficie de dunas del país, varios trabajos indican que la calidad natural también ha sido sumamente afectada y los proyectos turísticos en zonas costeras amenazan también con la desaparición de grandes franjas de dunas (Altata, Cruz de Elota, Peñasco, Boca del Rio, San Isidro).

En este artículo seleccionamos la duna costera El Socorro, Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California, como un caso donde se pueden ejemplificar claramente los conflictos de la minería de arenas y de la conservación de la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos. En dicha duna hay un permiso de exploración por 50 años (no.233440) (Dirección General de Minas, 2009). Entre 2009 y 2010 se observó extracción de arena mecanizada (Figura1), los ejidatarios mencionaron que era hierro el mineral en venta. Sin embargo, en octubre de 2010 se abandonó la mina donde se encontraron sacos de arena negra tamizada (Figura 2). Por otro lado, se encontró en fuentes documentales que en diferentes lugares ofrecen la venta de hierro pero lo que venden son otros minerales más valiosos como el Titanio.



Figura 1. La fotografía muestra la zona en donde se efectuaba la extracción de arena por medio de máquinas donde separaban lo minerales que contenían magnetita.



Figura 2. En la fotografía se muestra cómo quedó erosionada e impactada la duna después de la extracción de arena (izq.), y en la imagen de la derecha se observan los sacos abandonados de arena negra tamizada que dejaron después de hacer la extracción de hierro.

Asimismo, en 2005, cuando todavía la duna no era explotada para la minería, algunos de los autores de este trabajo habían elaborado con la comunidad una propuesta de usos alternativos para el ejido resultando un proyecto de ecoturismo que nunca se concretó. Recientemente, el valor para la conservación de esta duna, ha sido documentado para la flora y la vegetación y se ha mencionado el papel de las dunas como sistemas protectores de la zona costera ante efectos del cambio climático.

Por lo tanto, esta duna es un ejemplo de proyectos que no se concretan, de territorios que no se ordenan y donde las oportunidades económicas emergentes derivan en usos que no son sustentables. De ahí, el interés de estudiar los usos potenciales de la duna El Socorro a la luz del futuro.

1.1. Área de estudio

La duna El Socorro está situada en el Ejido Nueva Odisea al sur de la ciudad de Ensenada, colindando al Este con la Bahía de San Quintín, Baja California a una Latitud $30^{\circ} 24' N$ y Longitud $115^{\circ} 57' W$ a una altitud de 20 msnm (POESQ, 2007) (Figura 3). La superficie de la duna es de 1104 ha, donde el tipo de arena es fina con tonalidades beige y negro. Este sistema se caracteriza por tener la presencia de dunas estabilizadas con vegetación secundaria, compuesto de dunas parabólicas imbricadas alargadas perpendicularmente a la línea de costa. Las dunas móviles tienen una altura de 1-20 metros. En estas dunas móviles crecen *Hazardia squarrosa*, *Lotus scoparus*, *Isocoma menziensis*, *Neumacaulis denudata*,

Bromus rubens. La vegetación de las hondonadas principalmente está dominada por *Astragalus* y *Encelia*. También se presentan especies que son características del matorral costero, como *Simmondsia chinensis*, *Euphorbia misera*, *Aesculus parri*, *Ambrosia cheniopodifolia* y *Asclepias subulata* (Vanderplank, 2011).

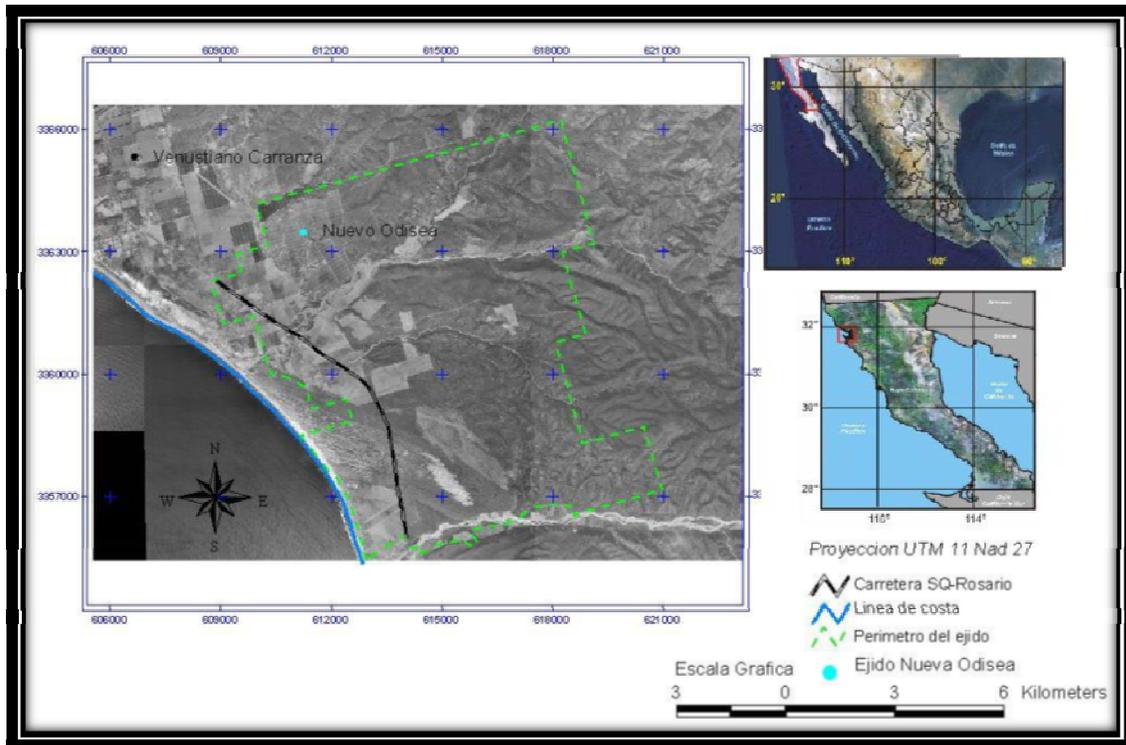


Figura 3. Localización geográfica del Ejido Nueva Odisea y la duna El Socorro, San Quintín, BC. La línea punteada verde es el límite ejidal (Fuente: Rosales, 2009).

1.2 Uso minero de las dunas costeras

Las actividades mineras en dunas costeras ocurren a lo largo del mundo, en Turquía se extrae carbón mineral, cobre, hierro y cromo (Van der Maarel, 1993). En otros países se puede extraer titanio y carbonato de calcio (Carter, 1991).

La actividad de la minería puede realizarse por medio de túneles o a cielo abierto en la superficie del terreno, como es el caso de las minas en las zonas de dunas. Este tipo de extracción tiene grandes repercusiones en la calidad ambiental, lo cual implica la alteración de las comunidades tanto de flora y fauna así como de las mismas zonas de dunas costeras. Para mitigar estos efectos, existen diferentes estrategias de manejo para restaurar y recuperar las comunidades perdidas por este tipo de actividad.

En el noreste de Sudáfrica, en una zona conocida como KwaZulu-Natal, se extraen metales pesados (circón, ilmenita y rutilo) de la arena de las dunas. Durante estas labores, y con el fin de restaurar la vegetación original al finalizar las labores mineras, se conserva una franja de 400 metros de ancho con plantas. En la zona donde se tiene programada la extracción de metales se corta, como primer paso, toda la vegetación existente y se colecta la arena de la superficie para labores posteriores de restauración (Van Aarde, 2004).

Oliva (2010) menciona que en las dunas guatemaltecas se firmó un convenio con la empresa canadiense-china, G4G Resources Ltd., para la explotación del hierro en las arenas de la costa del pacífico, menciona que este tipo de dunas no solo contienen hierro (Fe), también Aluminio (Al), Silicio (Si) y Titanio (Ti), los cuales tienen un costo más elevado en el mercado. Las playas guatemaltecas poseen gran cantidad de hierro en las arenas de la costa del Pacífico, algunos sectores constituye entre el 28 y el 33% de la misma, también contiene titanio, que en el mercado de metales es muy elevado y también se encuentra en cantidades altas, este tipo de arenas contienen un 3% de titanio. Debido a su resistencia y ligereza, el titanio se usa en aleaciones metálicas y como sustituto del aluminio. Aleado con aluminio y vanadio, se utiliza en los fuselajes de aviones. Su uso también es apreciado en la construcción de los misiles y sondas espaciales. El convenio autoriza a la empresa G4G Resorces Ltd. a revolver las playas en busca de estos materiales, no importa a que profundidad se encuentren. Ya que ellos pueden explorar y explotar hasta gran profundidad. Oliva (2010) menciona que seguramente no sacaran la arena que está cubierta por el mar, ya que este tipo de arena contiene solo el 6% de hierro y la cantidad de Titanio, también se reduce drásticamente. Ya leí esto antes... incluir los mismos comentarios que ya hice...

Las actividades mineras ejercen una fuerte presión en los ecosistemas de dunas costeras en diversos lugares del mundo, lo cual crea impactos ambientales irreversibles y que, a largo plazo dañan al sistema.

1.3 Ecoturismo en dunas costeras

En México, el turismo se sitúa como la actividad que genera mayores ingresos económicos después del petróleo y las remesas que llegan del extranjero. El turismo es una actividad económica que tiene un efecto en el medio ambiente (Özcan et al, 2009). Es por eso que la protección y la conservación de los recursos ambientales, como los naturales, culturales e

históricos son de suma importancia, ya que son las principales consideraciones que toma en cuenta la industria del turismo (Lim and McAleer, 2005).

El ecoturismo es un nuevo tipo de turismo que rechaza al turismo de masas, que busca el contacto con la naturaleza y el cuidado del medio ambiente. El ecoturismo se define como el sinónimo del turismo para la protección de áreas naturales, ya que es una forma de lograr beneficios económicos a través de la prevención de un recurso natural (Boo, 1989). Desde comienzos de los años ochenta, mucho se ha hablado sobre el ecoturismo, la definición más aceptada es la propuesta por la Ecotourism Society en donde se reconoce como un viaje responsable a zonas naturales, que conserva el medio ambiente y mejora el bienestar de la población local (Lindberg y Hawkins, 1993).

Este tipo de turismo está basado en la naturaleza, ya que generalmente se refiere a la actividad turística en un paisaje natural y el turismo de aventura, lo que conlleva a actividades exigentes en el paisaje natural (Ceballos-Lascurain, 1998). Así como, Martha Honey (1999) menciona, el ecoturismo es un viaje a zonas frágiles, vírgenes y generalmente protegidas, que trata de provocar escasa repercusión. El ecoturismo ayuda a educar al viajero, rinde fondos para conservación, beneficia directamente el desarrollo económico y la habilitación política de las comunidades locales para fomentar el respeto a las diversas culturas y a los derechos humanos. El ecoturismo se ha identificado como un importante desarrollo sustentable iniciado en Turquía desde 1990 (Özcan et al, 2009).

En Turquía las dunas costeras son un ecosistema esencial debido a su particular flora y a las características de la fauna que presenta, contando con un total de 46,583 hectáreas de zona de dunas (Kücükaya, 2001). Este ecosistema es considerado de vital importancia para la actividad ecoturística ya que es una alternativa para el aprovechamiento de las dunas causando el mínimo impacto y maximizando los beneficios para la gente local y al ambiente (Nyaupane and Thapa, 2004). Las dunas de Kavak Delta representan una zona atractiva para el turismo botánico porque cuenta con muchas plantas de duna, como las halófilas y suculentas, esta característica constituye un buen potencial para el ecoturismo (Özcan et al, 2009).

De acuerdo a los antecedentes de la duna El Socorro y el Ejido Nueva Odisea nos hemos planteado el objetivo de contrastar dos actividades con diferentes grados de impacto ambiental, la minería y el ecoturismo, como un insumo para que los ejidatarios y

avecindados, propietarios de la duna costera, visualicen las dos alternativas paralelamente y tengan elementos para tomar una decisión del uso de dicha duna.

II. Metodología

Para el uso minero actual se identificaron los impactos ambientales y sus causas en el Ejido en general y en la duna El Socorro, en particular, siguiendo algunas cuestiones básicas del esquema de TNC para la selección de prioridades de conservación (Andrade- Hernández *et al.*, 1999) pero modificándolo y concentrándose en la identificación de las causas futuras. Se generó una matriz de impactos y sus causas para la minería que actualmente se está llevando a cabo por los autores de este trabajo asistido de consultas bibliográficas y de internet. Para la contrastación de uso actual y potencial, se utilizó como base la información generada de los talleres de ecoturismo en el año de 2009 por Vanesa Rosales estudiante de la maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas quién generó una matriz de impactos y sus causas equivalente a la que se armó para la minería. Se contrastaron ambas matrices de impactos y sus causas teniendo en una misma tabla las dos visiones del uso de la duna: 1) con las causas futuras con un proyecto de ecoturismo y 2) con las causas futuras con un proyecto minero.

No se toma ninguna decisión, se espera que esta matriz comparativa sea presentada en un taller con los ejidatarios en un futuro cercano y les ayude a decidir el uso que le darán a esta importante duna del país.

III. Resultados y discusión

3.1. Impactos y causas del uso minero actual vs. el ecoturístico potencial.

Se identificaron seis impactos que tienen 30 causas (Tabla 1).

Impacto: Debilitamiento de la estructura social ejidal.

El impacto denotado como debilitamiento de la estructura social ejidal es el que mayor número de causas tiene (9) y donde la causa más importante es la reforma al artículo 27. En la visión de futuro, por parte del proyecto ecoturístico se recupera el sentido comunal y se generan nuevas alternativas de uso para conservar y mantener el ejido, pero por la parte del proyecto minero se incentiva la actividad minera y se genera la privatización que sólo está

dada para unas pocas personas, dando la entrada a compañías extranjeras (Tabla 1). Asimismo, la desincorporación de los terrenos ejidales se detiene con la actividad del ecoturismo y se fomenta con el proyecto de minería. Una de las causas identificada como “sin valor aparente”, en la visión del ecoturismo le da un valor agregado, ya que la duna El Socorro vale sólo por el hecho de existir además de todos los servicios ambientales que genera y que son de utilidad para el ser humano (mencionados en la introducción).

Impacto: Cambio de uso de suelo

El cambio de uso de suelo fue de los impactos más mencionados por los ejidatarios asistentes al taller (Rosales, 2009) al cual le asignaron, como una de las causas, la falta de arraigo o el valor de pertenencia, ya que al no sentirse identificados con la duna (no tiene ningún uso reconocido por ellos “es un montón de arena donde no se puede cultivar” (Rosales, 2009). Con el proyecto de ecoturismo se revaloriza la pertenencia con el sitio, porque les genera trabajo y percepciones económicas a todos los que se involucren en el proyecto y que pueden ser muchas más personas que las que emplea la minería. La venta de terrenos es una causa identificada y es que, a partir del proyecto Escalera Náutica, se promovió la zona como potencial turístico (Rodríguez-Revelo *et al.*, datos sin publicar) y los ejidatarios empezaron a recibir ofertas de compra que nunca antes habían tenido. Tanto es así, que un grupo de investigadores, expertos en dunas costeras, compraron 100ha de la duna para ayudar a una ejidataria que no le encontraba uso a esa parcela. Como ese caso, se vendieron muchas parcelas.

Impacto: pérdida de cobertura natural

La pérdida de la vegetación natural tiene cuatro causas asociadas: 1) el cambio de uso de suelo, el cual en el futuro, si se desarrolla el ecoturismo, se mantiene el uso actual, pudiendo recuperar la vegetación nativa con proyectos de restauración; en contraste, con el proyecto minero tal como está planteado, se cambia totalmente el uso de suelo actual, se tala la vegetación de duna afectando al matorral y humedal que la rodea. La certidumbre de posesión de la tierra, con el enfoque ecoturístico, desincentiva la privatización de las parcelas por otros ajenos al ejido e incentiva la conservación y el resguardo de la duna donde se recibiría una indemnización o una renta por pago de servicios ecosistémicos y retribuciones por las actividades propias de la actividad tal y como lo estipula CONAFOR (Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque, 2008).

Al parecer, en términos de desarrollo regional sustentable, el uso minero es la peor decisión. Por un lado, Rodríguez-Revelo y colaboradores (en revisión) indican que el aporte de la arena proviene del arroyo Santo Domingo, el cual, a pesar de estar siendo explotado, nunca dejará de acarrear arena hacia el espacio que ocupa la duna. La explotación de la arena es un proceso que llevaría años y en el cual la duna erosionada por las manipulaciones para la extracción de arena, se movería hacia los campos de cultivo al norte cuando la dirección del viento tenga esa dirección y afectaría también a las viviendas que rodean a la duna. En la duna conocida como El Descanso, en el municipio de Rosarito, una duna equivalente a ésta, ha sido durante años utilizada como pista de automóviles de todo terreno (Gutiérrez, 1997) y la erosión y movimiento de arena sobre las casas habitación, es un problema ambiental y social de gran envergadura y que no ha sido posible solucionar. Por otro lado, la restauración de dunas de este tamaño no ha sido experimentada en México. Los proyectos exitosos han sido en pequeños cordones de dunas, y en general, han sido proyectos sumamente costosos (Pickart y Theiss, 1998). Para las dunas de la región, sólo Sánchez (1996) hizo unos experimentos para la reproducción y siembra de especies de dunas sin resultados muy positivos. Si persiste el uso minero, habría que exigir a la empresa el financiamiento de investigaciones científicas para la restauración de dunas.

Impacto: Salinización de los suelos

La salinización de los suelos tiene asociadas cuatro causas, 1) la agricultura, 2) la pérdida de la vegetación, 3) el desmonte y 4) la sobre-explotación de mantos freáticos. La producción agrícola es una de las actividades más importantes del Valle de San Quintín. Fue a partir de la década de los cincuenta que se inició la agricultura (POESQ, 2007). La salinización de los suelos generalmente está asociada a los sistemas de riego o por la sobre-explotación de los acuíferos en las zonas costeras, propiciando la intrusión de agua marina. El abatimiento de los acuíferos constituye la principal limitante para el desarrollo de la agricultura en la región. Los suelos se encuentran degradados por la erosión eólica e hídrica, producto de la deforestación y pérdida de vegetación y a las prácticas agrícolas inapropiadas. Además del proceso de intrusión salina que avanza de sur a norte, por esta razón los agricultores locales han optado por traer agua desde fuentes distantes (POESQ, 2007). No obstante, la escasez del agua, la actividad agrícola sigue incrementando hacia el

norte. Por lo antes mencionado, con la visión del proyecto de ecoturismo la agricultura se mantendría pero se buscarían técnicas especializadas para el riego y los fertilizantes, ya que en contraste con el proyecto minero disminuiría la agricultura hasta desaparecer.

Impacto: Sobre-explotación del manto freático

La sobre-explotación del manto freático ocurre debido a tres causas que los ejidatarios identificaron, 1) extracción sin control de agua, en donde la principal actividad es la agricultura (POESQ, 2007), 2) extracción de arena, con el proyecto de ecoturismo se detendría y con el proyecto minero se promovería ya que es el eje principal de esta actividad, y 3) asignación inadecuada de la concesión, el ecoturismo buscaría la equidad, en contraste con la minería se monopolizaría la propiedad como pasa actualmente en el ejido.

Impacto: Contaminación por desechos sólidos

La contaminación por desechos sólidos tiene dos causas. 1) Parcelas dispuestas como basureros y 2) desechos de plásticos. La degradación del suelo causada por la contaminación es un proceso que describe el fenómeno causado por el hombre que disminuye la capacidad presente y/o futura del suelo para sustentar la vida.

Este proceso de deterioro y contaminación del suelo ocurre gracias a la quema del plástico residual agrícola y recipientes de agroquímicos de desechos. Por otra parte, la falta o carencia de servicios de recolección de basura y sitios autorizados para disponer de residuos sólidos municipales, es el gran problema que tiene la región de San Quintín y que resulta en un fuerte problema de contaminación por desechos sólidos (POESQ, 2007).

Los basureros son un elemento clave en la contaminación del suelo. En el Valle de San Quintín por lo general los desechos son depositados en terrenos inadecuados y cercanos a las áreas urbanas (POESQ, 2007). Este tipo de prácticas se eliminarían con el proyecto de ecoturismo ya que se pondría a disposición de los pobladores un plan de manejo de residuos sólidos, con el cual disminuirían los basureros clandestinos y a cielo abierto.

Tabla 7 Impactos y causas contrastados con una visión ecoturística y minera.

IMPACTOS	CAUSAS	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO ECOTURISTICO	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO MINERO	EVIDENCIAS PARA MONITORIZAR EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD QUE SE DECIDA
Identificados por los asistentes al taller de ecoturismo (Rosales, 2009)		Previstas por las autoras de este trabajo		
Pérdida de vegetación natural	Cambio de uso de suelo	Se mantiene el uso actual, se pueden recuperar áreas de vegetación natural con proyecto de restauración financiados por ONGs	Cambia el uso de suelo actual, se explota toda la vegetación de duna y se afecta al matorral y humedal que la rodea.	Parcelas agrícolas , Terrenos turísticos, Erosión y degradación del suelo
	Desmonte o limpieza de parcelas	Se detendría el desmonte y limpieza porque el proyecto financiaría la conservación de la vegetación de las parcelas	En un principio continuaría pero después la arena que se mueva con el viento cubriría los campos	Áreas sin vegetación aparente o vegetación secundaria
	Certidumbre de	Se daría certidumbre porque	Las parcelas mineras se	Cercos perimetrales

	posesión	cada propietario recibiría una indemnización o una renta por pago de servicios ecosistémicos y retribuciones por las actividades propias de la actividad	privatizan y son unos cuantos dueños los propietarios y usufructuarios de la explotación de la misma.	
	Venta de terrenos	Se minimizaría ya que la venta sería condicionada a mantener el uso de suelo actual	Se venden todos	Anuncios diversos

IMPACTOS	CAUSAS	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO ECOTURISTICO	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO MINERO	EVIDENCIAS PARA MONITORIZAR EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD QUE SE
-----------------	---------------	--	--	--

Identificados por los asistentes al taller de ecoturismo (Rosales, 2009)	Previstas por las autoras de este trabajo	DECIDA
--	---	---------------

Contaminación por desechos sólidos	Parcelas dispuestas como basureros	Se eliminaría por disposición del plan de manejo	Depende de las reglas que imponga la minera	Basureros cerca de carretera
	Desechos de plásticos	Se eliminaría por disposición del plan de manejo	Depende de las reglas que imponga la minera	Plásticos y mangueras en terrenos abandonados
Sobre-explotación del manto freático	Extracción sin control del aguas	Extracción sin control del aguas, pero programa de educación ambiental puede apoyar a resolverlo	Extracción sin control del aguas	Carencia de agua , Salinización de los mantos, Mala calidad del agua
	Extracción de arena	Se detiene	Se promueve, es el eje de la actividad	Maquinaria en el arroyo el socorro

	Asignación inadecuada de la concesión	Se busca equidad	Se busca monopolizar la propiedad?	Ausencia de estudios técnicos para determinar los volúmenes de extracción
--	---------------------------------------	------------------	------------------------------------	---

IMPACTOS	CAUSAS	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO ECOTURISTICO	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO MINERO	EVIDENCIAS PARA MONITORIZAR EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD QUE SE DECIDA
Identificados por los asistentes al taller de ecoturismo (Rosales, 2009)		Previstas por las autoras de este trabajo		
Salinización de suelos	Agricultura	Se mantiene agricultura, se buscan técnicas de bajo uso de agua y orgánicos	Disminuye y luego desaparece	Abandono de tierras cultivables
	Pérdida de vegetación	Se detiene	Se fomenta	Área sin vegetación aparente

	Desmonte	Se detiene	Se fomenta	Erosión aérea
	Sobre-explotación de mantos freáticos	Se detiene	Se fomenta	Carencia de agua, mala calidad de la misma

IMPACTOS	CAUSAS	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO ECOTURISTICO	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO MINERO	EVIDENCIAS PARA MONITORIZAR EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD QUE SE DECIDA
Identificados por los asistentes al taller		Previstas por las autoras de este trabajo		

de ecoturismo (Rosales, 2009)

Cambio de uso de suelo	Falta de arraigo/ valor de pertenencia	Se valora la pertinencia, lo nativo, lo propio	Aculturización	Abandono de parcelas/venta
	Incremento de agricultura industrializada	Se detiene	Se detiene	Mayor desmonte de parcelas y se observan estructuras
	Venta de terrenos	Disminuye	Se promueve	Anuncio diversos
	Deficiencia en el manejo de la agricultura	Se mejoran las prácticas agrícolas	Se eliminan	Contaminación por basura y parcelas abandonadas
	Terrenos sin función aparente	Se utilizan, se restauran y recuperan	Se usan como patios de maniobras	Parcelas abandonadas y desmontadas

	Terrenos inservibles para cultivo	Se utilizan como ejemplo de lo que no se debe hacer, se recuperan con técnicas piloto de recuperación de suelos	Se incluyen a los campos de maniobras de la minera?	Tierra infértil, salina y pobre en nutrientes
	Sin valor aparente	Se les da valor para la conservación y la restauración ecológica	Se incluyen a los campos de maniobras de la minera?	Abandono de parcelas/venta de terrenos
	Ausencia de beneficio económico directo	Se hacen socios y tienen ganancias además de una renta vitalicia mientras mantengan la duna	Se concentra en unos cuantos propietarios, muchas veces ajenos al lugar y al país	Venta de terrenos a bajos precios

IMPACTOS	CAUSAS	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO ECOTURISTICO	CAUSAS FUTURAS: PROYECTO MINERO	EVIDENCIAS PARA MONITORIZAR EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD QUE SE DECIDA
Identificados por los asistentes al taller de ecoturismo (Rosales, 2009)		Previstas por las autoras de este trabajo		

Debilitamiento de la estructura social ejidal	Reformas al Artículo 27	Se recupera el sentido comunal	Se pierde y se logra el objetivo del artículo, la privatización a manos de unos cuantos	Toma de decisiones individuales
	Desincorporación de terrenos	Se detiene	Se fomenta	Terrenos de dominio pleno
	Parcelación	Se detiene	Se fomenta	Terrenos cercados y delimitados
	Venta de terrenos	Se detiene	Se fomenta	Cambio de propietarios, tenencia de la tierra
	Falta de arraigo/ valor de pertenencia	Se propicia el valor de pertenencia	Se propicia la falta de arraigo	Venta de terrenos
	Terrenos sin función aparente	Se les da una función	Se les da una función o se abandonan modificando la imagen paisajística	Venta de terrenos

	Terrenos inservibles para cultivo	Se utilizan o recuperan	Se les da una función o se abandonan modificando la imagen paisajística	Sequía, desmonte, abandono
	Sin valor aparente	Se les da valor agregado	Se les da una función o se abandonan modificando la imagen paisajística	Venta de terrenos
	Ausencia del beneficio económico directo	Se reparten las ganancias, se hace una sociedad y se diversifican las actividades. Se recibe una renta vitalicia por servicios ecosistémicos	Se benefician unos cuantos en el corto plazo, y pierden el valor del suelo en el largo plazo	Cambio de propietarios, tenencia de la tierra

IV. Conclusiones

Los minerales que se encuentran en la arena de la duna El Socorro como el cuarzo y el feldespatos tienen un gran valor comercial anual en México, ya que es exportador de estos dos minerales (U.S Census Bureau, 1997). Según el Servicio Geológico Mexicano el valor anual de producción de Feldespato en 2011 fue de \$ 200, 000, 000 millones de pesos lo que equivale a 380,000 toneladas; las plagioclasas se catalogan dentro de algunas piedras preciosas como son las gemas y es ocupada en la industria de la construcción para los bloques de hormigón. La producción anual de arenas sílicas en el 2011 fue de 1200, 000, 000 millones de pesos lo que equivale a 2, 500, 000 toneladas (SGM, 2011). Por otra parte, el cuarzo y óxido de silicio (SiO_2) son materia prima ocupada para la creación de vidrios comerciales, el valor de la tonelada de cuarzo va desde los \$60 a 180 dólares.

Es difícil que la minería pueda ser sustentable ya que está en sus principios el agotamiento del recurso mineral. Sin embargo, la actividad puede reponer el daño a través de la restauración ambiental, minimizar la contaminación y diseñar empresas socialmente equitativas. En este sentido, para que los ejidatarios sean los verdaderos beneficiados de la explotación minera habría que sugerir estrategias como la que Oliva (2010) menciona en las dunas guatemaltecas. el gobierno Guatemalteco firmó un convenio con la empresa canadiense-china G4G Resources Ltd. para la explotación del hierro en las arenas de la costa del Pacífico Guatemalteco donde las dunas no sólo contienen hierro (Fe), sino también Aluminio (Al), Silicio (Si) y Titanio (Ti), los cuales tienen un costo más elevado en el mercado. Dicho convenio autoriza a la empresa G4G Resources Ltd. para usar las playas en busca de estos materiales, no importa a que profundidad se encuentren; ya que ellos pueden explorar y explotar hasta gran profundidad. Oliva (2010) menciona que seguramente no sacarán la arena que está cubierta por el mar, ya que este tipo de arena contiene sólo el 6% de hierro y la cantidad de Titanio, también se reduce drásticamente. Según la información, el tratamiento post-explotación del hierro, permite que por una tonelada de hierro que se extrae, se obtengan 200 libras de titanio. Una tonelada de hierro tiene un precio en el mercado que oscila entre los \$225 a \$270 dólares; la libra de titanio se

puede vender entre los \$20 y \$22 dólares por lo que las 200 libras pueden representar entre \$4000 y \$4400 dólares (OCMAL, 2010).

En la duna El Socorro existe una problemática muy parecida a la de Guatemala, ya que con los análisis que se efectuaron a la arena se encontró que existen otros minerales que podrían estar aprovechando aún más que el hierro el cual se encuentra en proporciones bajas (Rodríguez-Revelo *et al.*, datos sin publicar). Sin embargo, habría que exigir medidas para la restauración de la duna y compensaciones por el daño que ocasionarían sobre los cultivos al erosionarse la duna e incrementar el movimiento de la arena hacia el norte. De todas las formas que analizamos la tabla 1, la minería no es la mejor opción para el desarrollo sustentable regional. Por esta razón, otras alternativas como el ecoturismo serían más viables.

En cambio, con el ecoturismo que según la organización mundial del turismo (OMT) (1993) es “aquel dirigido al manejo de todos los recursos de manera que las necesidades económicas, sociales y estéticas puedan mantenerse al tiempo que se mantienen la integridad cultural, los procesos biológicos esenciales, los procesos ecológicos la diversidad biológica y los sistemas que soportan la vida del planeta” se generarían oportunidades para los residentes locales para ser los principales prestadores de servicios, contando con la capacitación necesaria para garantizar el éxito en sus proyectos. El ecoturismo es una estrategia efectiva de conservación ya que requiere poca inversión en infraestructura y una gran inversión en la capacitación de las personas locales (información, organización y conocimiento). La derrama económica de esta actividad por turistas internacionales representa un 64.2% del total lo que equivale a \$486 millones de pesos, mientras que la derrama por turistas nacionales es del 38.5% de total, lo cual equivale a \$271 millones de pesos (SECTUR, 2001).

El presente trabajo será presentado ante los ejidatarios y vecindados del Ejido para que tengan información y puedan tomar una mejor decisión sobre el uso de la duna y vean las dos alternativas de uso que se analizan en este estudio para que el desarrollo que se genere en el lugar sea sustentable.

VI. Bibliografía

- Alvarado, G. A. M. 2009. La minería canadiense en México caso: minera san Xavier en cerro de san Pedro. Replanteando la industria extractiva: regulación, despojo y reclamos emergentes. Marzo, Universidad de York, Toronto.
- Andrade-Hernández, M., G. Morales-Abril y A. Hernández-Yáñez. 1999. Guía de Análisis de Impactos y sus fuentes en áreas naturales. The Nature Conservancy, México, 43pp.
- Boo, E. 1989. Eco-tourism: The potential and pitfalls. World wildlife fund. Washington, D. C.
- Carter, R. W.G. 1991. Coastal Environments. Academic Press. Gran Bretaña.
- Ceballos-Lascurain, Héctor, 1998. "Introduction". *En: Ecotourism: A Guide for Planners and Managers, Volume 2.* Lindberg, K., Epler-Wood, M. y Engeldrum, D., eds. The Ecotourism Society, North Bennington, VT.
- Consejo de Recursos Minerales. 2003. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2002. www.coremisgm.gob.mx/productos.anuario.html.
- Daily, G. C. 1997. Introduction: What are ecosystems services?, *En: G. C. Daily (ed.) Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, Island press, Whashington, D. C. p.10
- Dirección General de Minas. 2009. Tarjeta de registro informática de título y concesión. http://www.economia-dgm.gob.mx/info_gen.htm.
- Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque. 2008. Programa de mecanismos locales de pago por servicios ambientales a través de fondos concurrentes. CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos/mecanismos-locales-de-pago-por-servicios-ambientales-a-traves-de-fondos-concurrentes>
- Gutiérrez, E. M. G. 1997. Aspectos ecológicos y sociales en el manejo integral: Los Arenales, Primo Tapia, Baja California, México. Tesis. Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Baja California
- Heslenfeld, P.; Jungerius, P.D., and Klijn, J.A., 2004. European coastal dunes: Ecological values, threats, opportunities and policy development. In: Martinez, M.L. and Psuty, N.P. (eds.), Coastal Dunes, Ecology and Conservation. Ecological Studies, Vol. 171. Berlin: Springer-Verlag, pp. 335–351.

- Hesp, P. A. 2000. Coastal sand dunes: form and function. En: Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. P 189.
- Honey, M. 1999. Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns Paradise? Island Press, Washington, DC.
- Küçükaya, İ ., 2001. Kumulda rehabilitasyon ç,alis, malari. In: Ozhan, E. and Yuksel Y. (eds.), *Tu rkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III: Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı*. Ankara, Turkey: Kay Tu rkiye Milli Komitesi, Orta Dog u Teknik U niversitesi.
- Kumerloeve, H., 1963. Zur kenntnis der avifauna kleinasiens. *Bonner Zoologische Beitrage*, 12, 318.
- LEGEEPA. 1988. LEY General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Artículo 6° Fracción XI, Art.99° Fracc. XI, XII, Art. 108° Fracc. III.
- Lindberg, Kreg y Hawkins, Donald E., 1993. Ecotourism: A Guide for Planners and Managers, Volume 1, The Ecotourism Society, North Bennington, VT.
- Lim, C. and McALeer, M., 2005. Ecologically sustainable tourism management. *Environmental Modelling & Software*, 30, 1431–1438.
- Martínez, M. L. 2009. Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento. Fondo de Cultura Económica. Vol.226 P 189.
- Moreno-Casasola, P; Peresbarbosa R. y A. C. Travieso Bello (eds). 2006. Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., 00 CONANP y Gobierno del estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México.
- Nyaupane, G.P. and Thapa, B., 2004. Evaluation of ecotourism: a comparative assessment in the Annapurna conservation area project, Nepal, *Journal of Ecotourism*, 3, 20-45.
- NOM-155-SEMARNAT-2007. 2010. Establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata. Diario Oficial.
- OCMAL. 2010. Empresa canadiense se declara lista para explotar playas de la costa sur. OCMAL (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina), Guatemala. <http://www.conflictosmineros.net/contenidos/15-guatemala/6019-empresa-canadiense-se-declara-lista-para-explotar-playas-de-la-costa-sur>
- Oliva, J. 2010. Conflictos mineros. Las arenas de hierro y titanio de las playas guatemaltecas para una minería.

- ONU (1987) Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Brundtlan Report.
- Özcan, H., Akbulak, C., Tosunoğlu, M., and Uysal, İ. 2009. Ecotourism potential and management of Kavak Delta (northwest Turkey). *Journal of Coastal Research*, 25(3), 781–787.
- Pickart A. J. y K. C. Theiss 1998. "Yellow bush lupine invasion in northern California coastal dunes- II. Mechanical restoration techniques." *Restoration Ecology* 6(1): 69-74.
- PDUCP-SQ, 2007. Programa de desarrollo urbano de los centros de población San Quintín-Vicente Guerrero.
- POESQ. 2007. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región de San Quintín. Periódico Oficial del Estado de Baja California. Tomo CXIV. No. 25. 222pp
- Sánchez, O. R. 1996. Germinación y establecimiento de *Abronia maritima* en las dunas de Punta Banda, Baja California. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Baja California.
- SECTUR-Secretaría de Turismo. 2001. Estudio estratégico de viabilidad del segmento de ecoturismo en México
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2011. Sistema Integral sobre Economía de Minerales. Valor y volumen de producción. <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/produccion-minera/silica.html>
- U.S. Bureau of the Census, FT947/96. 1997. U.S. Exports and Imports by Harmonized Commodity, 1996 Annual/Six-Digit Harmonized Commodity by Country, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Van Aarde, R. J., T. D. Wassenaar, L. Niemand, T. Knowles y S. Ferreira. 2004. Coastal dune forest rehabilitation: A case study on Rodent and bird assemblages in northern Kwa-Zulu-Natal, South Africa. En: M. L. Martínez y N. Psuty (eds.), *Coastal Dunes: Ecology and Conservation*, Springer-Verlag, capítulo 8.
- Van der Maarel, E. 1993. *Dry Coastal Ecosystems: Polar regions and Europe, Africa, América, Asia and Oceania*, Elsevier Science Publishers, The Netherlands.

Vanderplank, S. 2011. The flora of the greater San Quintín 2005-2010. *Aliso* 29:65-106

ANEXOS

ANEXO I. ARTICULO I

Anexo 1. Tarjeta de registro informativa emitida por la secretaría de economía para la concesión de exploración en la zona de El Socorro, en Ensenada, Baja California



Tarjeta de Registro Informativa
Sin Valor Oficial

SECRETARÍA
DE ECONOMÍA

Datos del Título

Título : 233440 Nombre del Lote : EL SOCORRO

Status : VIGENTE

Datos Generales de la Concesión

Expediente : 002/07031
Fecha de Solicitud : 05/09/2008
Tipo de Concesión : EXPLORACION
Superficie : 300,0000
Ubicación : ENSENADA, BAJA
 CALIFORNIA
Sustituye al :
Subdirección : HERMOSILLO

Datos del Registro Público de Minería

Fecha de Expedición : 24/02/2009
Vigencia del : 25/02/2009
Al : 24/02/2059
Duración : 50 Años
Libro : Concesiones Mineras
Volumen : 374
Foja : 110 Acta : 220

Concesionario(s) Original(es) :

ALBERTO COTA QUIÑONES

Participación (%)

100

Validación de Información

Revisión Realizada por : ANGELICA

Fecha de Revisión : 23/03/2009

Tarjeta Revisada y Liberada, Esta Tarjeta Electrónica sustituye a la Tarjeta Física del Registro Público de Minería

Tarjeta de Actos, Contratos y Convenios Realizada por la
Subdirección de Sistemas de la Dirección General de Minas

Soporte Técnico : mgsanchez@economia.gob.mx

Ip = 189.220.72.165

ANEXO 2. ARTICULO III.

Anexo 1 Listado de vegetación de la duna El Socorro por el método del Relevé. *Especie colectada en relevé 1a: colectada en campo, 1b: observada en campo, 2: herbario, 3: bibliográficas (3a: Wiggins, 3b: Jepson, 3c: calflora, 3d: Roberts)

ID	FAMILIA	ESPECIES	Tipo de vegetación	Forma de vida	Endemismo	Colector año de colecta
1	Aesculaceae	*Aesculus parryi A. Gray. (1a)	Matorral (3a,d)	Arbusto (3a,b,d)	endémica de Baja California (3a)	R.F. Thorne, 4/24/1984, Francisco Casillas, 30/03/2010
2	Agavaceae	*Agave shawii Engelm. var. shawii (1a)	Matorral (3a)	arbusto (3a,b)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
3	Aizoaceae	*Carpobrotus chilensis (Molina) N.E. Br (1a)	Duna frontal, matorral (3c),	Hierba (3a,c)	Invasiva (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
4	Anacardiaceae	*Malosma laurina Nutt. in Torr. & Gray (1b)	chaparral (3b)	arbusto o árbol (3b,d)	nativa (california) (3c)	

5	Anacardiaceae	* <i>Rhus integrifolia</i> (Nutt.) Benth. & Hook. var <i>integrifolia</i> (1b)	duna, matorral (3c), chaparral (3d)	Arbusto (3a,3b,3c,d)	endémica de B.C (3c)	
6	Anacardiaceae	<i>Toxicodendron diversilobum</i> (Torrey & A. Gray) E. Greene (2)	Chaparral (3c)	Arbusto (3c)	Nativa de California (3c)	Reid Moran, 3/23/1970 ¹
7	Apiaceae	<i>Apiastrum angustifolium</i> Nutt. (2)	Matorral, chaparral (3b,c)	Hierba (3a,)	Nativa de California (3c)	Reid Moran, Apr 20, 1975 ¹
8	Apocynaceae	* <i>Asclepias subulata</i> Decne. (1b)	Duna,(3a), chaparral (3d)	Hierba (3a)	nativa (California) (3c)	
9	Apocynaceae	* <i>Funastrum arenarium</i> (Decne. ex Benth.) Liede (1a)	duna, matorral	bejuco, liana		Francisco Casillas, 30/03/2010
10	Asclepiadaceae	<i>Sarcostemma cynanchoides</i> spp. <i>hartwegii</i> (Decne.) Schltr. (2)	Duna (3b)	Arbusto (3b)	Baja California, Coahuila,	C. Ritchie Bell ¹

					Jalisco (3b)	
11	Asclepiadaceae	<i>Sarcostemma cynanchoides</i> (Dcne.) (2)	Duna (3b)	Arbusto (3b)	Baja California, Coahuila, Jalisco (3b)	H.A. Haid, Mar 1968 ¹
12	Asteraceae	* <i>Ambrosia chenopodiifolia</i> (Benth.) Payne (1a)	Matorral (3b)	Arbusto (3b,d)	nativa (California y Baja California)	R.F. Thorne, 4/23/1984
13	Asteraceae	* <i>Ambrosia pumila</i> (Nutt.) A. Gray (1b)	matorral(3b)	hierba(3b)	nativa (California y Baja California) (3c)	
14	Asteraceae	* <i>Artemisia californica</i> Less. (1b)	matorral, chaparral (3b)	Arbusto (3b)	nativa (California) (3c)	
15	Asteraceae	* <i>Encelia californica</i> Nutt. (1a)	duna, matorral (3b)	Arbusto (3a,b,d)	nativa (California), endemica solamente de	R.F. Thorne, 4/23/1984

					california (3c)	
16	Asteraceae	* <i>Hazardia berberidis</i> (A. Gray) Greene (1b)	Duna (3a), matorral (3d)	Arbusto (3a,d)		
17	Asteraceae	* <i>Hazardia orcuttii</i> (A. Gray) E. Greene (1b)	Matorral, chaparral (3b)	Arbusto (3b)	nativa (california, E UA; Baja California, México) (3c,d)	
18	Asteraceae	* <i>Isocoma menziesii</i> var. <i>tridentata</i> (Greene) G.L. Nesom (1b)	duna, matorral	arbusto		
19	Asteraceae	* <i>Hazardia squarrosa</i> (Hook. & Arn.) E. Greene var. <i>grindelioides</i> (DC.) W. Clark (1b)	matorral (3b)	Arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	
20	Asteraceae	* <i>Isocoma menziesii</i> (Hook. & Arn.) G. Nesom var. <i>vernonioides</i> (Nutt.) G.	Dunas, matorral (3b)	Arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	

		Nesom (1b)				
21	Asteraceae	* <i>Hazardia squarrosa</i> (Hook. & Arn.) E. Greene var. <i>Squarrosa</i> (1b)	matorral (3b)	Arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	
22	Asteraceae	* <i>Helianthus niveus</i> (Benth.) Brandegee ssp. <i>Niveus</i> (1b)	Duna (3b)	Hierba (3b)	nativa (california) (3c)	
23	Asteraceae	* <i>Isocoma menziesii</i> (Hook. & Arn.) G. L. Nesom (1a)	duna(3b)	Arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
24	Asteraceae	* <i>Layia platiglossa</i> (Fischer & Meyer) A. Gray (1b)	planicie arenosa (3a)	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	
25	Asteraceae	* <i>Senecio californicus</i> DC. (1a)	Matorral (3b)	Hierba (3b)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
26	Asteraceae	* <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill (1b)	humedal, ripario	hierba	invasiva	
27	Asteraceae	* <i>Stephanomeria pauciflora</i> (Nutt.) Nelson var. <i>Pauciflora</i> (1b)	planicie (3b)	Hierba (3b)	nativa (california) (3c)	

28	Asteraceae	Logfia arizonica (A. Gray) Holub (1b)				
29	Asteraceae	Ambrosia monogyra Torr. & Gray (2)				Reid Moran
30	Asteraceae	Bahiopsis triangularis (2)				Reid Moran
31	Asteraceae	Bebbia juncea (Benth.) E. Greene var. Aspera E. Greene (2)	Planos desertico s y pendient es rocosas (3b)	Arbusto (3b)		Francisco Casillas, 30/03/2010 ¹ , Reid Moran ¹
32	Asteraceae	(Haplopapus)Ericameria palmeri (A. Gray) H.M. Hall (2)	Planicie (3b)	Arbusto (3b)		Reid Moran ¹
33	Asteraceae	Stephanomeria diegensis Gottlieb (2)	Dunas (3b)	Arbusto (3b)		Reid Moran ¹
34	Asteraceae	Stephanomeria virgata Benth.(2)	planicie (3b)	Arbusto (3b)		J. Delgadillo, 12/7/1996 ¹
35	Asteraceae	Hemizonia fasciculata (DC.)	Riparia	Hierba		R.F. Thorne, 1/6/1963 ¹

	e	(2)	(3b)	(3b)		
36	Asteracea e	Lasthenia gracilis (DC.) Greene(2)				Reid Moran, Apr 20, 1975
37	Asteracea e	Conyza bonariensis (2)	Suelo arenoso (3a)	Hierba (3a)		
38	Asteracea e	Heterotheca grandiflora Nutt. (2)				
39	Asteracea e	Stylocline gnaphaloides Nutt. (2)				Reid Moran, Apr 20, 1975
40	Asteracea e	Lasthenia gracilis (DC.) Greene (2)				Reid Moran, Apr 20, 1975
41	Asteracea e	Chaenactis glabriuscula DC. var.glabriuscula (2)	Duna (3b)	Arbusto (3b)		Reid Moran, Apr 20, 1975 ¹
42	Asteracea e	Amblyopappus pusillus Hook. & Arn. (2)	Dunas (3b)	Hierba (3a)		Francisco Casillas, 30/03/2010 ¹
43	Boraginac eae	*Cryptantha intermedia (A. Gray)Greene (1a)	duna, matorral	hierba	nativa (california) (3c)	J. Delgadillo, 3/15/1986
44	Boraginac eae	*Cryptantha maritima (Greene)Greene var.	matorral	hierba	nativa (california)	

		maritima (1b)			(3c)	
45	Boraginaceae	*Cryptantha micrantha (Torrey) I. M. Johnston spp. Lepida (A. Gray) Mathew & Raven (1a)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
46	Boraginaceae	*Cryptantha micromeres (A. Gray) Greene (1b)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	
47	Boraginaceae	*Phacelia cicutaria Greene var. hispida (A. Gray) T. Howell (1b)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	
48	Boraginaceae	*Phacelia distans Benth (1b)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	
49	Boraginaceae	*Pholistoma racemosum (Nutt.) Const. (1b)	Matorral (3a), chaparral	Hierba, arbusto (3a)	nativa (california) (3c)	
50	Boraginaceae	Amsinckia intermedia var. echinata (2)	Pastizales (3a)		Baja California (3b)	
51	Brassicaceae	*Descurainia	Matorral,	Hierba	nativa	

	eae	pinnata(Walt.)Britton ssp. menziesii (DC.) Detl. (1b)	arenoso (3a),chap arral (3b)	(3a	(california)(3 c)	
52	Brassicac eae	*Lepidium nitidum Nutt. (1b)	matorral, riparia (3 ^a)	Hierba (3a)	nativa (california)(3 c)	
53	Brassicac eae	*Lepidium oblongum Small (1b)	Matorral, arenoso (3a)	Hierba (3a)	nativa (california)(3 c)	
54	Brassicac eae	Guillenia lasiophylla (2)				Reid Moran
55	Brassicac eae	Lepidium lasiocarpum Nutt. var.lasiocarpum (1b)	Arenoso (3a,b)	Hierba (3a)	Baja California,Ca lifornia,Sinal oa (3a)	
56	Brassicac eae	Descurainia pinnata ssp.shalictorum (2)				Reid Moran, Jan 14, 1973
57	Brassicac eae	Dithyrea maritima (Davidson) Davidson (2)	Dunas costeras (3a)	Hierba (3a)		S. I. Morita, Apr 10, 1999, Francisco Casillas, 30/03/2010
58	Cactaceae	*Bergerocactus emoryi	Matorral,	Crasa(nativa	

		(Engelm.) Britt. & Rose. (1b)	arroyos (3a), arenoso (3b)	3a,d)	(california y Baja California) (3c)	
59	Cactaceae	*Mammillaria dioica K. Brandegeei (1a)	duna, matorral(3a, b,d)	Crasa (3a,b,d)	nativa (california) (3c)	J.P. Rebman, 2/15/1994
60	Cactaceae	*Myrtillocactus cochal (Orcutt) Britt. & Rose (1b)	Matorral, laderas (3a)	Crasa (3a,d)	nativa (Baja California) (3a,c)	
61	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla (F.A.C. Weber) F.M. Knuth (1b)	duna, matorral, pisos desertico s (3a)	Crasa (3d),arb usto, árb ol (3a)		
62	Cactaceae	*Stenocereus gummosus (Engelm.) Gibson & Horak (1b)	Matorral (3d)	Arbusto , crasa (3d)	nativa (Baja California) (3c)	
63	Caryophyllaceae	*Cardionema ramosissimum (Weinm.) A. Nels. & J.F. Macbr. (1b)	Duna, playas, laderas		nativa (california) (3c)	

			(3b),			
64	Caryophyllaceae	<i>Spergularia marina</i> (L.) Griseb. (2)	Playas, humedales (3a,b)	Hierba (3a)		Reid Moran, Jul 5, 1980
65	Caryophyllaceae	<i>Drymaria viscosa</i> (2)	Arenoso (3a)	Hierba (3a)	Baja California (3a)	R. Moran, 1/14/1973, J. Delgadillo, 3/15/1986, Reid Moran, 01/14/1973
66	Caryophyllaceae	<i>Achyronychia cooperi</i> Torrey & A. Gray (2)	Arenoso (3a,b)			Reid Moran, Jan 14, 1973
67	Chenopodiaceae	* <i>Atriplex julaceae</i> S. Wats (1a)	duna, Arenoso, saladar (3a,d)	Hierba, arbusto salado (3a,d)		Francisco Casillas, 30/03/2010
68	Chenopodiaceae	* <i>Atriplex leucophylla</i> (Moq.) D. Dietr (1b)	Saladar, playas, dunas (3a)	Hierba (3a), arbusto	nativa (california) (3c)	
69	Chenopodiaceae	* <i>Arthrocnemum</i> (<i>Salicornia</i> 3d) <i>subterminalis</i> (Parish) Standl. (1b)	matorral, saladar	hierba	nativa (california) (3c)	
70	Chenopodiaceae	* <i>Salicornia pacifica</i> Standl. (1b)	Saladar	hierba	nativa (california)	

					(3c)	
71	Chenopodiaceae	<i>Aphanisma blitoides</i> Nutt. ex Moq. (2)	Faroles (3a)	Hierba (3a)		Reid Moran, Apr 20, 1975
72	Chenopodiaceae	<i>Atriplex californica</i> Moq. (2)	Suelo arenoso (3a,b), dunas, matorral, saladares (3a)	arbusto salado (3d)		Reid Moran, Apr 20, 1975
73	Cleomaceae	* <i>Peritoma arborea</i> (Nutt.) H.H. Iltis (1b)	duna, matorral, laderas (3 a,b), arroyos (3a)	Árbol, arbusto (3a,b,d)	nativa (california), endemica solamente de california (3c)	
74	Convolvulaceae	* <i>Cuscuta salina</i> Engelm. (1b)	duna, saladar (3a)	bejuco, liana, hierba (3a)	nativa (california) (3c)	
75	Convolvulaceae	<i>Calystegia macrostegia</i>	Rocoso	Arbusto		H. W. Arnott, Apr 21, 1955

	laceae	ssp.tenuifolia (2)	(3b)	(3b)		
76	Crassulac eae	*Dudleya lanceolata (Nutt.)Britt. & Rose (1a)	duna, matorral, laderas rocosas, chaparral (3a,b)	Crasa (a,b)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
77	Crassulac eae	*Dudleya pulverulenta (Nutt.) Britt & Rose (1a)	Playa, Matorral, Chaparra l (3d), rocoso (3b)	Crasa (3a,b,d)	nativa (california)(3 c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
78	Crassulac eae	Dudleya anthonyi (2)				Reid Moran, Apr 26, 1946
79	Crassulac eae	Crassula connata Ruiz Lopez & Pavon (2)				Reid Moran, Mar 23, 1970
80	Crucifera e	*Brassica tournefortii Gouan (1a)	matorral, riparia	Hierba (3a)	Invasiva (3c),nativa de África (3a)	J. Delgadillo, 3/28/1997
81	Cucurbita	*Marah macrocarpa (Greene)	Matorral,	bejuco,	nativa	

	ceae	Greene (1b)	laderas, chaparral (3a)	hierba (3a)	(california) (3c)	
82	Ephedraceae	* <i>Ephedra californica</i> S.Wats. (1a)	duna, matorral (3a), chaparral (3a,b,d), pastizal (3a)	Arbusto (3d)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
83	Euphorbiaceae	* <i>Croton californicus</i> Muell.-Arg. (1a)	Duna (3b), arenoso (3a,b), humedal (3b)	Hierba (3a),arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
84	Euphorbiaceae	* <i>Chamaesyce micromera</i> (Engelm.) Wooton & Standley (1b)	duna, saladar	hierba	nativa (california) (3c)	
85	Euphorbiaceae	* <i>Euphorbia misera</i> Benth. (1a)	duna,matorral	Arbusto (3d),hie	nativa (california,E)	J. Delgadillo, 3/28/1997, J.P. Rebman, 1/6/1991

				rba (3a	UA; Baja California, Isla Guadalupe, México) (3c)	
86	Euphorbia ceae	*Euphorbia spathulata Lam. (1b)	matorral	hierba, arbusto	nativa (california) (3c)	
87	Euphorbia ceae	*Stillingia linearifolia Wats. (1a)	matorral, chaparral , suelo arenoso (3a)	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	Reid Moran, Apr 20, 1975
88	Euphorbia ceae	Euphorbia magdalenae (2)				J. Delgadillo, Mar 28, 1997
89	Euphorbia ceae	Acalypha californica Benth. (2)	Chaparra l, matorral (3d)	Arbusto (3d)		J.P. Rebman, 1/6/1991, J. Rebman, 6/1/1991, Francisco Casillas, 30/03/2010
90	Fabaceae	*Astragalus anemophilus Greene (1a)	Matorral, suelo arenoso	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	J. Delgadillo, 7/13/1996, I.

			(3a)			
91	Fabaceae	* <i>Acmispon distichus</i> (Greene) Brouillet (1b)	Duna, suelo arenoso (3a)	Arbusto , hierba (3a)	Baja California (3a)	
92	Fabaceae	* <i>Acmispon prostratus</i> (Torr. & A. Gray) Brouillet (1b)	matorral	hierba	nativa (california,E UA; Baja California, Sonora, México) (3c)	
93	Fabaceae	* <i>Acmispon glaber</i> (Vogel) Brouillet var. <i>brevialatus</i> (Ottley) Brouillet (1b)	Humedal es, chaparral , arenoso(3a,b),roc oso (3a)	Hierba, arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	
94	Fabaceae	* <i>Acmispon glaber</i> (Vogel) Brouillet var. <i>glaber</i> (1b)	Duna(3b , matorral	Hierba (3d)	nativa (california) (3c)	

			(3a), chaparral y pendient es costeras (3b,d)			
95	Fabaceae	* <i>Acmispon strigosus</i> (Nutt.) Brouillet (1b)	Matorral (3b),lade ras arenosas (3a), chaparral (3b)	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	
96	Fabaceae	* <i>Trifolium gracilentum</i> T. & G. (1b)	duna,mat orral	hierba, arbusto	nativa (california) (3c)	
97	Fabaceae	<i>Lotus heermannii</i> var. <i>heermannii</i> (2)	Suelo arenoso- grava (3a),mat	Hierba (3a,b)		R.F. Thorne,

			orrall, chaparral (3b)			
98	Fabaceae	Astragalus hornii A. Gray var.minutiflorus (2)	Laguna costera (3b)	Hierba (3a,b)		Reid Moran, Jul 5, 1980
99	Fabaceae	Lotus bryantii (2)				R.F. Thorne, 4/24/1984, I. Reid Moran, Apr 20, 1975
100	Fabaceae	Lotus watsonii (2)				Reid Moran, Apr 20, 1975
101	Fabaceae	Hoffmannseggia glauca (Ortega) Eifert (2)				Reid Moran, Apr 20, 1975
102	Frankenia ceae	*Frankenia salina (Molina) I.M. Johnston (1a)	Saladar (3d)	Hierba, arbusto (3d)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
103	Frankenia ceae	*Frankenia palmeri Wats. (1a)	Duna (3b,d), playa, saladar(3 a,b,d)	Hierba (3a), arbusto (3b)	nativa (california,E UA; Baja California, Sonora, México) (3c)	R.F. Thorne, 4/24/1984
104	Grossulari	Ribes tortuosum (1b)		Arbusto	Endémico de	

	aceae			(3d)	Baja California, de Ensenada a Punta Prieta (3d)	
105	Hydrophyllaceae	Eriodictyon sessilifolium (2)				Reid Moran
106	Hydrophyllaceae	*Phacelia stellaris Brand (1a)	Dunas y planicies limosas (3a), matorral (3b)	Hierba (3a)		Reid Moran, Apr 20, 1975
107	Juncaceae	*Juncus acutus L. (1b)	Duna, ripario y humedales (3a,d)	Hierba (3d)	nativa (california) (3c)	
108	Leguminosae	*Astragalus trichopodus (Nutt.)A. Gray ssp. leucopsis (T & G)Thorne (1a)	Duna,suelo arenoso (3a)	Hierba (3a)	nativa (california), endemica solamente de	R.F. Thorne, 4/23/1984

					california (3c)	
109	Liliaceae	* <i>Fritillaria biflora</i> Lindl.(1b)	humedal, saladar, pastizales (3a,b)	Hierba (3a,b)	nativa (california), endemica solamente de california (3c)	
110	Loasaceae	<i>Eucnide cordata</i> (2)	Hábitats desserticos (3a)	Arbusto (3d)		Robert F. Thorne, 4/24/1984
111	Malvaceae	* <i>Malacothamnus fasciculatus</i> (Torrey & A. Gray) (1b)	Matorral, chaparral (3b)	Arbusto (3a,d)	nativa (california) (3c)	
112	Malvaceae	<i>Sphaeralcea axillaris</i> (1b)				
113	Nyctagineae	* <i>Abronia maritima</i> Nutt. ex Wats. ssp. <i>Maritima</i> (1b)	Duna (3a,b), playa (3d)	Hierba (3a,b,d)	nativa (california y Baja California) (3c)	

114	Nyctagina ceae	* <i>Mirabilis laevis</i> (Benth.) Curran var. <i>crassifolia</i> (Choisy) Spellenb. (1b)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	
115	Nyctagina ceae	* <i>Mirabilis laevis</i> (Benth.) Currant var. <i>Laevis</i> (1b)	matorral, chaparral ,arroyos (3a	Hierba (3a)	nativa (california), endemica solamente de california (3c)	
116	Nyctagina ceae	<i>Abronia gracilis</i> Benth. ssp. <i>platyphylla</i> (2)	Playa, du na planicies costeras (3a,d), su elo arenoso (3b)	Hierba (3a,b,d)		Reid Moran, Jan 14, 1973
117	Onagrace ae	* <i>Camissonia californica</i> (Nutt. ex T. & G.) Raven (1b)	duna, matorral (3a,b), chaparral	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	

			(3b)			
118	Onagraceae	* <i>Camissoniopsis cheiranthifolia</i> (Spreng.) W.L. Wagner & Hoch ssp. <i>suffruticosa</i> (S. Watson) W.L. Wagner & Hoch (1a)	Duna (3a,b), pendientes arenosas (3a,b), playa (3a)	Hierba, arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
119	Onagraceae	* <i>Camissonia crassifolia</i> (Greene) Raven (1a)	Duna, arroyos arenosos y playas (3a)	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
120	Onagraceae	* <i>Camissoniopsis robusta</i> (P.H. Raven) W.L. Wagner & Hoch (1b)	Matorral o chaparral (3a,b), riparia	Hierba, arbusto (3a,b)	nativa (california) (3c)	
121	Onagraceae	<i>Camissonia lewisii</i> Raven (2)	Pastizales, suelos arenosos	Hierba (3a)		Francisco Casillas, 30/03/2010

			o arcilloso s (3a,b),pl aya y dunas (3a)			
122	Onagraceae	Oenothera wigginsii (2)				K. Zimmerman, 28/03/2010, Reid Moran, Jan 14, 1973, Francisco Casillas, 30/03/2010
123	Orobanchaceae	Cordylanthus orcuttianus (2)				R.F. Thorne, Reid Moran
124	Platanaceae	Platanus racemosa Nutt. var.racemosa (2)	Matorral, chaparral , zonas agrícolas (3d)	Árbol (3d)		
125	Poaceae	*Aristida adscensionis L. (1b)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	
126	Poaceae	*Bromus madritensis L. ssp.	matorral	hierba/p	Invasiva (3c)	

		rubens (L.) Husnot (1b)		asto		
127	Poaceae	* <i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene (1a)	Matorral, saladar (3a,d), playa (3a)	Hierba (3a,d)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010
128	Poaceae	* <i>Melica frutescens</i> Scribn. (1b)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	
129	Poaceae	* <i>Distichlis littoralis</i> (Engelm.) H.L. Bell & Columbus (1b)	duna, saladar	hierba	nativa (california) (3c)	
130	Poaceae	* <i>Stipa pulchra</i> Hitchc (1b)	matorral, chaparral (3a,b), pastizal (3b)	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	
131	Poaceae	* <i>Schismus barbatus</i> (L.) Thell. (1b)	Matorral, pastizal (3a,b)	Hierba (3a)	Invasiva (3c), nativa de europa y áfrica (3b)	

132	Poaceae	Bromus arizonicus (Shear) Stebb. (2)	Matorral (3a)	Arbusto (3a)		R. F. Thorne
133	Poaceae	Vulpia octoflora Walter var. octoflora (2)				Reid Moran, Mar 23, 1970
134	Polemoni aceae	Eriastrum filifolium (Nutt.) Wooton & Standley (2)				Reid Moran
135	Polemoni aceae	Leptosiphon laxus (2)				Reid Moran, Apr 20, 1975
136	Polygona ceae	*Eriogonum fasciculatum Benth. var. fasciculatum (1a)	duna, matorral	Arbusto (3a)	nativa (california) (3c)	R.F. Thorne, 4/23/1984
137	Polygona ceae	*Nemacaulis denudata Nutt. (1a)	Duna, suelo arenoso (3a,b), matorral (3b)	Hierba (3a)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010, I. J. Delgadillo, 3/15/1986
138	Polygona ceae	Chorizanthe inequalis (2)				Reid Moran
139	Polygona ceae	Lastarriaea coriacea (Goodman) Hoover (2)				Reid Moran, Jan 14, 1973

140	Polygona ceae	Eriogonum scalare (2)				J. Delgadillo, 3/28/1997, Reid Moran
141	Polygona ceae	Lastarriaea chilensis (Goodman) Hoover (2)				J. Delgadillo, 3/28/1997
142	Polygona ceae	Lastarriaea coriacea (Goodman) Hoover (2)				Reid Moran, 1/14/1973
143	Polygona ceae	Chorizanthe interposita (2)				Reid Moran, Apr 20, 1975
144	Portulaca ceae	Calandrinia maritima (2)				Reid Moran, Jan 14, 1973
145	Portulaca ceae	Calyptridium monandrum Nutt. (2)				Reid Moran, Jan 14, 1973
146	Ranuncul aceae	Clematis pauciflora Nutt. (2)				C. Ritchie Bell, Feb 7, 1953
147	Scrophula riaceae	*Gambelia juncea (Benth.) (1a)	duna, matorral	arbusto	nativa mexico (3c)	J. Delgadillo, 3/15/1986
148	Scrophula riaceae	Galvezia juncea var. pubescens (2)		Arbusto (3d)	Endémica (3d)	
149	Simmond siaceae	*Simmondsia chinensis (Link.)C.K. Schneid. (1b)	duna, matorral (3a,bd)	Arbusto (3a, b,d)	nativa (california) (3c)	

150	Solanaceae	* <i>Lycium brevipes</i> Benth. (1a)	duna, matorral, pendientes con grava (3a)	Arbusto (3d)	nativa (california) (3c)	Francisco Casillas, 30/03/2010,
151	Solanaceae	* <i>Nicotiana clevelandii</i> A. Gray. (1b)	Matorral (3b), laderas arenosas (3a)	Arbusto (3b)	nativa (california) (3c)	
152	Solanaceae	* <i>Physalis crassifolia</i> Benth. (1b)	matorral	hierba	nativa (california) (3c)	
153	Solanaceae	<i>Lycium fremontii</i> A. Gray (2)	Pendientes arenosas (3a)	Hierba (3a)		Reid Moran
154	Solanaceae	<i>Solanum hindsianum</i> (2)		Arbusto (3d)		R.F. Thorne, 4/24/1984, John Ingram, Apr 21, 1955
155	Solanaceae	<i>Lycium andersonii</i> A. Gray	Pendientes	Arbusto		Peter H. Raven

	e	var.deserticula (2)	es rocosas (3a)	(3d)		
--	---	---------------------	-----------------------	------	--	--

