



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

PROGRAMA DE DOSCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO



Titulo del proyecto de tesis doctoral:

Geodiversidad del estado de baja california: una propuesta orientada a la gestión sustentable del patrimonio natural y cultural

Sustentante:

Ivonne Haide Posada Ayala

Director de tesis:

Dr. Miguel Téllez Duarte

Universidad Autónoma de Baja California

Co-director

Dr. Alejandro García Gastélum

Universidad Autónoma de Baja California

Sinodales:

Dra. Maria Viola Bruschi

Universidad de Cantabria

Dr. José Delgadillo

Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Carlos Figueroa Beltrán

Universidad Autónoma de Baja California

Ensenada, B.C. 30 de noviembre de 2015



Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo



**“Geodiversidad del estado de Baja California: una
propuesta orientada a la gestión sustentable del
patrimonio natural y cultural”**

TESIS

Que para obtener el grado de

DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Presenta

Ivonne Haide Posada Ayala

APROBADA POR:

Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte
Director

Dr. Alejandro García Gastélum
Co-director

Dra. María Viola Bruschi
Sinodal

Dr. José Delgadillo
Sinodal

Dr. Carlos Figueroa Beltrán
Sinodal



DEDICATORIA

Tal vez en el dinero encuentres un poco de felicidad, en las amistades encuentres alegrías, en las medicinas la cura para tu enfermedad, pero el amor solo lo encontraras en la familia

Dedico este trabajo a mi guía, mi amuleto y mi pilar, a esa persona que en cada día de mi vida ha estado para levantarme en cada caída y alentarme para seguir siempre adelante. Atribuyo todos mis éxitos en esta vida a la enseñanza moral, intelectual y física que recibí de ella. Mi **madre**.

A mi gran Ángel *Anabell* por estar cuidándome desde el cielo y a mis otros dos Ángeles traviesos *Ali* y *Hector*, los quiero mucho. A mi gran hermana, *Julieta* por su amor incondicional, su apoyo y por darme a ese sobrino hermoso.

A la *Familia Matteotti Sánchez* por acogerme en su seno y dejarme ser parte de su muy extraordinaria familia, los quiero muchísimo y siempre los voy a llevar en mi corazón.

Y finalmente, pero sin restarles importancia, a mis amigos *Samuel* por encerrarme en el laboratorio, *Ale*, *Citla*, *Daniel*, *Fer*, *Ethel*, *Jesica*, Gris, Paty y mi compañera de desvelo en el último jalón a *Fátima* por su sincera amistad.

Otro agradecimiento muy merecido con todo mi cariño a *Malu*, *Lili* y *Armando* por su incondicional apoyo y cariño a lo largo de mi estancia en esta ciudad e institución, a *Konstantine* y su padre por su muy acertado conocimiento. A

Magda, amiga que te puedo decir, tú sabes que te quiero y ahí seguiremos en la batalla. Las comayas (*Irela*, *Elyn* y *Jare*) que aguantaron tantas locuras, pero sé que las van a extrañar. A mi mala influencia (*Cristian Moreno*) por ayudarme tantas veces con la compu y otras cosas, muchas gracias.

Agradezco a quienes formaron parte de mi formación.

RECONOCIMIENTOS ACADÉMICOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) por la oportunidad otorgada para realizar este posgrado.

A los proyectos CONACyT 25274, CONACyT 98710, SIP20101322 y SIP20101323 al mismo Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT) por la beca recibida y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por el apoyo económico otorgado.

Un agradecimiento especial a la Dra. Janette M. Murillo Jiménez y al Dr. Enrique H. Nava Sánchez por dirigir este trabajo, por su comprensión y ayuda brindada durante el desarrollo de este trabajo. Al Dr. Evgueni Choumiline por todo su apoyo en la realización de este trabajo, sus comentarios y sobre todo por ayudarme a crecer en mi formación académica. A la Dra. Ana Judith Marmolejo y al Dr. Sergio Aguñífiga por sus buena disposición de revisar este trabajo y por sus observaciones que ayudaron a mejorar este trabajo.

A la Lic. Ma. Magdalena Mendoza por todo su apoyo brindado en los trámites de las becas y de la tesis, sin ella muchos de estos trámites hubieran sido un caos.

| | |
|--|------------|
| Glosario de términos | I |
| RESUMEN | III |
| Capítulo 1. Geodiversidad | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| COMPONENTES DE LA GEODIVERSIDAD | 4 |
| EL PAPEL DE LA GEODIVERSIDAD EN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS | 6 |
| ANTECEDENTES | 8 |
| EL ESTUDIO DE LA GEODIVERSIDAD Y SU IMPORTANCIA | 8 |
| OBJETIVOS | 12 |
| METODOLOGÍA | 13 |
| Área de estudio | 13 |
| EVALUACIÓN DE LA GEODIVERSIDAD | 19 |
| Capítulo 2. Modelo para evaluar la geodiversidad | 24 |
| INTRODUCCIÓN | 24 |
| METODOLOGÍA | 25 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 30 |
| CONCLUSIONES | 40 |
| Capítulo 3. Propuesta de plan de gestión para la conservación del área de El Rosario, Baja California | 42 |
| INTRODUCCIÓN | 42 |
| Literatura citada | 60 |
| APÉNDICES | 64 |
| APÉNDICE 1 | 64 |
| APÉNDICE 2 | 74 |
| APÉNDICE 3 | 76 |

Glosario de términos

Geoconservación: es una corriente del pensamiento que aboga por la necesidad de poner en práctica políticas activas de conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad, del mismo modo y con la misma intensidad que las ya avanzadas en materia de conservación del patrimonio biológico y de la biodiversidad, y, preferentemente, de manera no disociada de éstas

Geodiversidad: la conexión entre la gente, el paisaje y la cultura; es la variedad de ambientes geológicos, fenómenos y procesos que dan original paisaje, rocas, minerales, fósiles y suelos que proveen el marco de referencia de la vida en la Tierra

Geosímbolo: Giménez (2005) lo define como “un lugar, un itinerario, una extensión o accidente geográfico que por razones políticas, religiosas o culturales reviste a los ojos de ciertos pueblos o grupos sociales una dimensión simbólica que alimenta y conforma su identidad”.

Geoturismo: Sandry (2009) lo define como “un tipo de turismo basado en el conocimiento, conservación e interpretación de los atributos abióticos de la naturaleza y su integración interdisciplinar en la industria del turismo, buscando acercar los lugares de interés geológico al público general además de mostrar aspectos culturales con ellos desarrollos”

Geoparque: un territorio que cuenta con suficientes lugares de interés geológico, los cuales le confiere a ese espacio una identidad propia y entorno a los que se define una estrategia de puesta en valor del patrimonio geológico

Geositio:

Lugares de Interés Geológico (LIG): Áreas o zonas que muestran una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una región natural. Se trata de recursos no renovables de índole cultural que constituye el Patrimonio Geológico de los habitantes actuales, y de los pertenecientes a generaciones venideras, de una región

Parque geológico: territorio que presenta un patrimonio geológico que ha sido puesto en valor y que tiene una gestión propia, cuenta con infraestructuras y recursos didácticos y/o divulgativos encaminados a transmitir conocimiento geológico y promover la geoconservación y el geoturismo sostenible.

Patrimonio geológico: conjunto de recursos geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que lo han modelado, c) los

climas y paisajes del pasado y presente, y d) el origen y evolución de la vida. El conjunto de lugares de interés geológico representa el patrimonio geológico.

Patrimonio minero: conjunto de estructuras inmuebles y muebles, documentos, objetos y elementos inmateriales vinculados con actividades mineras del pasado, a los que un grupo social, más o menos amplio, atribuye valores históricos, culturales o sociales.

Patrimonio paleontológico: conjunto de restos directos de organismos o restos indirectos (resultado de su actividad biológica), que se han conservado en el registro geológico y al cuál se le ha asignado un valor científico, didáctico o cultural. Se divide en patrimonio inmueble (formado por yacimientos fosilíferos o afloramientos con un interés especial desde el punto de vista de su registro fósil) y patrimonio mueble (colecciones de fósiles museísticas o científicas).

RESUMEN

El concepto de Geodiversidad nace como análogo de Biodiversidad en la década de los 90's. Mientras que biodiversidad tiene una definición clara y precisa, existe una gran variedad de definiciones para geodiversidad. Entre ellas, Stanley (2000) la define como "la conexión entre gente, paisaje y cultura; la variedad de ambientes geológicos, fenómenos y procesos que da origen al paisaje, rocas, minerales, fósiles y suelos que proveen el marco de referencia de la vida en la tierra". Así, bajo este concepto se enfatiza como el paisaje puede ser interpretado desde una perspectiva geológica por su influencia en los procesos bióticos y culturales, de tal forma que su valoración puede convertirse en una alternativa de gestión para un desarrollo sustentable. La valoración de la geodiversidad es un instrumento importante para implementar estrategias de aprovechamiento turístico sustentable del entorno natural y cultural. El estudio de esta implica la identificación y valoración de los elementos abióticos, esencialmente, geológicos que definen el paisaje, así como relacionarlos con los elementos bióticos y los procesos culturales del entorno. Dado que el estado de Baja California presenta una geología muy diversa. Las rocas aflorantes comprenden una secuencia estratigráfica con un rango geocronológico desde el Paleozoico al Reciente. Su geomorfología refleja fielmente su compleja historia geológica y estructural. La mayor parte de su paisaje, gracias a la baja densidad poblacional, aún es prístino y poco impactado. Posee un alto potencial para el aprovechamiento de su paisaje natural y cultural, ya que las actividades que tradicionalmente se han enfocado a la explotación de los recursos naturales, como la ganadería, agricultura, pesca y minería, han sido poco exitosas por la aridez del territorio y el impacto de fenómenos climáticos. En este estudio se analiza la geodiversidad del estado de Baja California mediante un índice de geodiversidad, el cual esta formado por dos factores.

Capítulo 1. Geodiversidad

INTRODUCCIÓN

A través de la larga y compleja historia del planeta Tierra se ha desarrollado la gran diversidad de ambientes geológicos y biológicos que vemos hoy (Gray, 2008). El planeta se comporta como un sistema vivo donde los millones de organismos que la habitan mantienen un equilibrio con las características que sustentan la vida (da Silva, 2008), de tal forma que existe una relación muy estrecha con los elementos naturales que la componen y sostienen la vida en la Tierra. Tales elementos conforman dos subsistemas que comprenden los aspectos bióticos (biodiversidad) y abióticos (geodiversidad) (Gray, 2008).

El concepto de geodiversidad es un concepto relativamente nuevo y aún está en desarrollo. Fue utilizado por primera vez en 1993, tras el acuerdo internacional sobre el Convenio de la Tierra en Río de Janeiro en 1992 (Nieto, 2001). Frente a la definición clara y precisa de biodiversidad, el término de geodiversidad ha demostrado una debilidad conceptual que ha derivado de una gran variedad de definiciones (Tabla I), una de las más populares es la (Stanley, 2000) que la define como: "la conexión entre gente, paisaje y cultura; es la variedad de ambientes geológicos, fenómenos y procesos que dan origen al paisaje, rocas, minerales, fósiles y suelos que proveen el marco de referencia de la vida en la tierra". Algunas de las definiciones son restrictivas y excluyentes, que limitan la geodiversidad a la geología (Johansson, Andersen, & Alapassi, 1999); otras incluyen los constituyentes del medio físico, no solo los geológicos (Sharples, 1995; Kozłowski, 2004). Para Kozłowski (2004), por ejemplo, la geodiversidad ha sido la base para incrementar la diversidad biológica durante la historia geológica. Por otro lado, Gordon (2004) afirma que es el soporte de los ecosistemas y la biodiversidad y que se debería tomar en cuenta un plan de manejo, toma de decisiones y educación. Por lo que, podemos definir a la geodiversidad como un sistema que engloba los rasgos y procesos abióticos, los elementos bióticos y las relaciones e interacciones de estos con el medio antrópico.

Tomando en consideración todo lo anterior, partiendo del concepto de Stanley (2000) podemos considerar que dentro de la geodiversidad se encuentran los rasgos y procesos geológicos que conforman el patrimonio natural y cultural. El patrimonio natural comprende todos aquellos monumentos naturales, formaciones geológicas, lugares y paisajes naturales, que tienen un valor relevante desde el punto de vista estético, científico y medioambiental (UNESCO, 1999), donde sus elementos biológicos están fuertemente vinculados con el entorno geológico, de tal forma que a su vez podemos dividirlo en un patrimonio biológico, plasmado en el concepto de biodiversidad, y un patrimonio geológico, recientemente enlazado al concepto de geodiversidad

(Nieto, 2001; 2002). Por otro lado, el patrimonio cultural es definido como “la herencia tangible e intangible del pasado de una comunidad, con la que vive en la actualidad y que transmite a las generaciones presentes y futuras. Son los bienes y valores que son expresiones de la nacionalidad o identidad de un pueblo”. El patrimonio cultural es sumamente importante al legitimar a un grupo humano, marcar su sentido de pertenencia a la comunidad y reforzar una identidad propia (Nieto, 2002), además que esta fuertemente ligado a la geodiversidad debido a que el devenir histórico del paisaje geológico y sus recursos, esté ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de la cultura, desde la prehistoria con el uso de materiales líticos para la confección de artefactos hasta nuestros días (Bruschi, 2007).

La conjugación de estos aspectos que definen la geodiversidad, originando paisajes naturales, han causado en el ser humano desde un simple goce estético hasta una influencia decisiva el desarrollo de las culturas (Bruschi, 2007). De allí que la geodiversidad es la base en que se sustentan las interacciones entre el uso de la naturaleza y la cultura, y donde el turismo cobra importancia para el uso sostenible del paisaje (Prosser et al., 2011). En este aspecto, el geoturismo o turismo geológico, entendido como, viajar con objeto de experimentar, aprender y disfrutar el patrimonio de la Tierra (Hose, 2000), promueve la comprensión y apreciación de las rocas, fósiles y los accidentes geográficos (McKirdy et al., 2001), de manera que el visitante además de conocer y disfrutar del patrimonio geológico, lo vincula con el natural y cultural, contribuye a fomentar y estimular actividades favorables para la conservación del paisaje a través del uso de bienes y servicios ofrecidos localmente en las comunidades.

RELACIÓN DE GEODIVERSIDAD Y BIODIVERSIDAD

En la premisa del concepto de geodiversidad se debe reconocer la existencia de una relación intrínseca entre la diversidad biológica y la diversidad geológica. En principio, la base geológica es vista como los cimientos del ecosistema (Santucci, 2005). La diversidad natural abraza tanto aquellos aspectos de orden biótico como aquellos otros de carácter abiótico (Serrano Giné, 2014). Por lo que, la comprensión de los vínculos funcionales entre geodiversidad y biodiversidad resulta especialmente importante para la conservación y gestión de medios dinámicos, en los que los procesos naturales (inundaciones, erosión y sedimentación) mantienen la diversidad de hábitats y las funciones ecológicas (Gil et al., 2012; Dudley, 2008).

Tabla I Definiciones de geodiversidad

| Autor(es) | Definición |
|---|--|
| Dixon (1996), Eberhard (1997), Sharples (2002), Australian Heritage Commission (2002) | "El rango de características geológicas (rocas), geomorfológicas (relieve) y suelos, montajes, sistemas y procesos" |
| Semeniuk (1997), Brocx (2008) | "la variedad natural de características geológicas, geomorfológicas, edafológicas, hidrológicas de un área determinada, de las características puramente estáticas, a un extremo, al montaje de productos, y por el otro, sus procesos formativos" |
| Johansson et al. (1999/2000) | "la variedad de las rocas (bedrock), los depósitos superficiales, las formas del terrenos y los procesos geológicos que forman los paisajes" |
| Stanley (2000) | "la conexión entre gente, paisaje y cultura; es la variedad de ambientes geológicos, fenómenos y procesos que dan origen al paisaje, rocas, minerales, fósiles y suelos que proveen el marco de referencia de la vida en la tierra" |
| Nieto (2001) | "el número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas), materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que construyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica" |
| Prosser (2002) | "la diversidad geológica o la variedad de rocas, fósiles y minerales y procesos naturales" |
| International Association of Geomorphologists (2003) | "la variedad de ambientes geológicos y geomorfológicos considerados como la base para la diversidad biológica de la Tierra" |
| Gay (2004) | "el rango natural de geodiversidad de rasgos geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (formas de terreno procesos) y suelos, incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas" |
| Kozłowski (2004) | "la variedad natural de la superficie terrestre, referida a aspectos geológicos y geomorfológicos, suelos, aguas superficiales, así como otros sistemas creados como resultado de procesos naturales (exógeno y endógenos) y la actividad humana" |
| Rojas (2005) | "la diversidad que proviene de la propia naturaleza (medio geográfico) y la que procede de los procesos sociales, como la producción, poblamiento y circulación (el hombre y circulación (el hombre y sus actividades))" |
| Serrano y Ruiz-Flaño (2007) | "la variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre y los mares y océanos, junto a sistemas generados por procesos naturales, endógenos, exógenos y antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares" |
| Spanish 'Natural Heritage and Biodiversity' National Law (2007) | "La variedad de características geológicas, incluyendo rocas, minerales, fósiles, suelos, relieve, formaciones y unidades geológicas, estas son el producto y registro de la evolución de la Tierra" |
| Burek y Prosser (2008) | "la variedad de rocas, minerales, fósiles, relieve, sedimentos y suelos, juntos con procesos naturales los cuales los alteran y forman" |
| Martínez et al. (2008) | "diversidad natural en número, frecuencia y distribución de los elementos y procesos geológicos y de la misma manera como la diversidad biológica, no es una constante y es condicionada a la vez, en un lugar o zona" |
| Royal Society for Nature Conservation (2009) | "la variedad de ambientes geológicos, fenómenos y procesos activos que dan lugar a paisajes, rocas, minerales, fósiles, suelos y otros depósitos superficiales que son el apoyo de la vida en la Tierra" |
| Pereira (2010) | "conjunto de elementos abióticos de la Tierra, incluyendo los procesos físicos y químicos asociados materializó en forma de relieve (conjunto de accidentes geográficos), rocas, minerales, fósiles y suelos formados a partir de las interacciones entre los procesos de la dinámica interna y externa del planeta y están dorados de valor intrínseco, científico, turístico y de uso/gestión" |

Biodiversidad y geodiversidad son dos conceptos determinantes en la proporción del desarrollo sustentable (Kozlowski, 2004) por conformar la diversidad natural del planeta (Monge et al., 2010). Se puede considerar a la geodiversidad como el soporte fundamental de los hábitats, ecosistemas y paisajes (Monge et al., 2010), ya que al ser la biodiversidad es el resultado de billones de años de evolución y extinción, y que el registro de los fósiles nos permite conocer como ésta a cambiado a través del tiempo (Gray, 2004). Por lo que la relación entre biodiversidad y geodiversidad puede ser evaluada en ambientes modernos o pasados (Santucci, 2005). Es así que, actualmente, un número creciente de investigaciones y publicaciones se concentra en la integración del bio-geo sistema (Santucci, 2005), en donde la geodiversidad incorpora muchos de los patrones ambientales y procesos que se consideran conductores de la biodiversidad (Parks y Mulligan, 2010).

COMPONENTES DE LA GEODIVERSIDAD

La geodiversidad se vincula a conceptos como geoconservación, patrimonio natural, patrimonio geológico, geoturismo y a figuras legales como geoparques, paisajes protegidos, monumentos naturales o lugares de interés geológico (Serrano y Ruiz Flaño, 2007). Y cada uno de ellos se encuentran relacionados entre si. En general, la Geodiversidad es considerada sólo como una aproximación teórica sin ninguna aplicación en particular, y es asociada con frecuencia a cuestiones de patrimonio geológico y geoconservación. Por patrimonio geológico, se entiende como el conjunto de los elementos más relevantes de la geodiversidad, con especial importancia para la ciencia, la educación o el turismo (Pereira et al., 2012). La relevancia y, sobre todo, el valor estético y escénico de determinados elementos del patrimonio geológico puede convertirlos en recursos turísticos lo suficientemente importantes como para transformarse en uno de los principales atractivos de un determinado entorno (Carcavilla et al., 2011). Sin embargo, el patrimonio geológico es bastante vulnerable y esta sujeto a varios tipos de amenazas, en su mayoría debido a diversas actividades humanas (Costa, 1987), por lo que es importante valorarlos y conservarlos. El mantenimiento o conservación de la diversidad de las características físicas y procesos de la tierra (geodiversidad) es el objetivo base de la geoconservación (Sharples y Tasmania, 1995). Por tanto, la geoconservación es un término general que abarca todos los pasos necesarios para garantizar la identificación, evaluación, conservación y promoción del patrimonio geológico (Duran y Carcavilla, 2009). Así, la geoconservación pasa a formar parte de un enfoque estratégico, integral e integrada para la gestión del entorno natural que incluye el geoturismo (Burek, 2012). Este es un componente cada vez mayor de la recreación y el ecoturismo a nivel mundial, que se reconoce por vincular a las comunidades locales en la oferta de servicios y, puede escalar al desarrollo de geoparques para promover la conservación y promoción de las actividades sustentables fincadas en la interpretación del paisaje y monumentos geológicos locales (Dowling y Newsome, 2006; 2010; Gordon, 2012). Cabe resaltar que, sin la conservación de la integridad de la geodiversidad de un área, los geoturistas no estarían interesados en visitar y apoyarla financiera, educativa y moralmente, y la geoconservación no tendría el incentivo y estímulo para seguir adelante (Burek, 2012).

EL PATRIMONIO GEOLÓGICO

El concepto de patrimonio geológico involucra a todos los recursos naturales no renovables (formaciones rocosas, estructuras, paisajes, yacimientos minerales y paleontológicos) que posean un valor científico, cultural, educativo, paisajístico y recreativo, y cuyo contenido permita estudiar e interpretar la evolución de la historia geológica de la Tierra (Martínez, 2008). La geodiversidad constituye un patrimonio con un elevado potencial educativo, cultural, estético, recreativo y de desarrollo de actividades productivas, de manera análoga a lo que ocurre con la biodiversidad o con el patrimonio histórico, arqueológico o artístico (Bruschi, 2007). Por lo que, la geodiversidad y patrimonio geológico constituyen la Memoria de la Tierra, son así mismos activos socioeconómicos para el desarrollo sostenible de las áreas rurales (Monge et al., 2010).

A pesar de que ambos guardan una estrecha relación, no son lo mismo, cada uno de ellos es independiente. A la hora de definir la geodiversidad de un área no es necesario conocer su patrimonio geológico. La información obtenida de cada uno de estos estudios puede ser cruzada y puede proporcionar importantes datos sobre la relevancia y distribución de los puntos de interés en el área de estudio. La geodiversidad nos ilustrará sobre la variedad geológica del lugar, y el patrimonio geológico del valor de los elementos presentes, y si se combinan ambas informaciones, del valor geológico de las clases definidas en el estudio de la geodiversidad (Carcavilla, 2006).

GEODIVERSIDAD Y GEOCONSERVACIÓN

Geoconservación es definida como “las acción adaptadas con la intención de conservar y mejorar las características geológicas y geomorfológicas, los procesos, los sitios y las muestras para el futuro” (Burek y Prosser, 2008). Se puede considerar a la geodiversidad como la base para la conservación del paisaje natural, y dada la importancia para la ciencia y la sociedad de las características geológicas y geomorfológicas por ser partes críticas de nuestro entorno natural, son dignas de conservación y de su gestión sostenible (Carcavilla et al., 2008; Gray, 2008). Hay que recalcar que la geoconservación no solo importa por su valor económico en términos turísticos, sino también los servicios ambientales que presta. Por otro lado, la geodiversidad es un recurso en su mayor parte no renovable y, por tanto, muy vulnerable. Su destrucción es casi siempre irreversible y su desaparición conlleva la pérdida de una gran parte de la memoria de la Tierra. Visto así, al registro preservado en los materiales y en el paisaje actual es único y la mayor parte de él es extremadamente frágil, por lo que su aprovechamiento extractivo y el desarrollo de las actividades humanas en general inciden en muchos casos en forma negativa en su buena conservación (Martínez, 2008). Por ello, la geoconservación es absolutamente imprescindible (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2014).

El concepto de geodiversidad cada vez más aceptado a nivel global por representar un factor indispensable para la consecución de un equilibrio en la conservación de la naturaleza, y la geoconservación representa la corriente proteccionista de esa, e implica ir más allá de la simple

conservación y protección, tratando de definir estrategias para la gestión del patrimonio geológico, así como para la puesta en valor del mismo. Esto es, tratar a los elementos del patrimonio geológico como recursos y bases para un desarrollo socio-económico sostenible (Bruschi, 2007)

GEODIVERSIDAD Y GEOTURISMO

La geoconservación se convierte en parte de una estrategia, holística e integrada, enfoque de la gestión del medio natural que incluye al geoturismo (Burek, 2012), entendido como “viajar con objeto de experimentar, aprender y disfrutar el patrimonio de la Tierra” (Hose, 2000). Busca atraer público y generar una derrama socioeconómica, basada en la creación de una infraestructura turística de apoyo a algunos elementos del patrimonio geológico presentes en una región (Carcavilla et al., 2011). Geoturismo también es integrar y valorizar las comunidades locales, la diversidad cultural y la conservación de los recursos naturales además de su estética y sus otras características geográficas para minimizar los impactos y constituir un turismo alternativo (National Geographic Society, 2005).

Sandry (2009) propone 6 tipos de actividades geoturísticas: 1) LIG *sensu stricto* (incluyendo los geomorfológicos y paleontológicos); 2) minas, ya sean antiguas (abandonadas) o activas; 3) taludes y cortes en carreteras, vías férreas y otras infraestructuras; 4) lugares de interés cultural y antropológico (cuevas con yacimientos arqueológico y/o arte rupestre, minas, etc.); 5) construcciones de piedras (arquitectura local, etc.); y 6) LIG donde se desarrollen actividades de aventura. Este listado puede ser ampliado para incluir otro tipo de elementos como museos, centros de interpretación, rutas (que enlazan diversos lugares de interés geológico) o incluso lugares que sean interesantes para mostrar el avance de la Geología como ciencia, como laboratorios o localidades-tipo (Carcavilla et al., 2011).

Una visión particular dentro del concepto de geoturismo es la de los Geoparques, los cuales son una estrategia para la conservación que impulsa el conocimiento de las ciencias geológicas y el turismo (Brilha, 2005). Se han popularizado a raíz de una iniciativa sobre Geoparques, de la UNESCO, en la que pone de manifiesto cómo los componentes geológicos del territorio pueden ser un poderoso reclamo para atraer visitantes y a su vez, ser utilizado como un eje en la creación de programas de desarrollo local y regional (Carcavilla et al., 2011; Zouros y Martini, 2001). Se encuentran sustentado en tres ejes básicos: la conservación del medio ambiente, la educación de las ciencias de la tierra y sobre todo, el fenómeno del desarrollo económico local de forma sostenible (Sánchez, 2011; McKeever, 2009).

Otra alternativa u opción del geoturismo, son los parques geológicos, muy similares a los geoparques, la principal diferencia entre ambos recae en que, los parques geológicos no se han integrado en la Red Europea de Geoparques (Carcavilla et al., 2011).

EL PAPEL DE LA GEODIVERSIDAD EN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos son los bienes y servicios que la sociedad obtiene de los ecosistemas (Gray 2012). Algunas de las funciones que se refieren a los servicios ecosistémicos (Daily 1997) están

compartidos entre los sistemas bióticos y abióticos, como por ejemplo, la mitigación de inundaciones y sequías se logra en parte no solo por los ecosistemas sino también por los materiales y estructuras naturales; otros ejemplos son la protección de playas por medio de barreras; la meteorización y desarrollo del suelo; la fijación del nitrógeno; entre otros. De las definiciones que existen sobre servicios ecosistémicos, algunos autores incluyen únicamente los servicios bióticos (MS 2005; UKNEA 2011), otros (Gordon y Barrón, 2011) prefieren usar el término “servicios ecosistémicos abióticos”. Por otro lado (Gray, 2011, 2012) adopta el término “servicios geosistémicos” argumentando que, gran parte de los bienes de los ecosistemas derivan de la geodiversidad, como se puede observar en la Figura 1.

Desde tiempos remotos, los recursos que ofrece la litosfera han jugado un papel muy importante en el desarrollo económico y social de la humanidad (Mata-Perelló et al, 2011). El concepto de geosistema provee un muy importante instrumento para la síntesis del conocimiento o fenómeno individual, desarrollado por las numerosas ramas de ciencias geográficas, naturales y sociales (Preobrazhensky 1983). Como se puede observar en la Figura 1, los servicios geosistémicos son esenciales para el mantenimiento de las sociedades modernas y, en algunos casos merecen ser mejor entendidos por la sociedad, y muy particularmente por los tomadores de decisiones, quienes usualmente que tienden a tener una perspectiva biocéntrica.

Los valores combinados de la geodiversidad son considerables y juntos proporcionan a la sociedad una enorme gama de “servicios Geosistémicos” que son el equivalente abiótico de servicios ecosistémicos, de tal forma que el término geodiversidad es el equivalente biótico de la biodiversidad (Gray 2011). Es importante reconocer que tanto la geodiversidad como la biodiversidad proveen el apoyo de los procesos clave del ecosistema, ya que afectan a la prestación de sus servicios (Gris 2011, Mace et al. 2012). Hay que recalcar que la humanidad siempre a dependido de los servicios que ofrece la naturaleza, y ha aumentando la demanda de estos, al grado que su degradación ocurre por la excesiva demanda derivado del crecimiento económico, cambios demográficos, y elecciones individuales (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

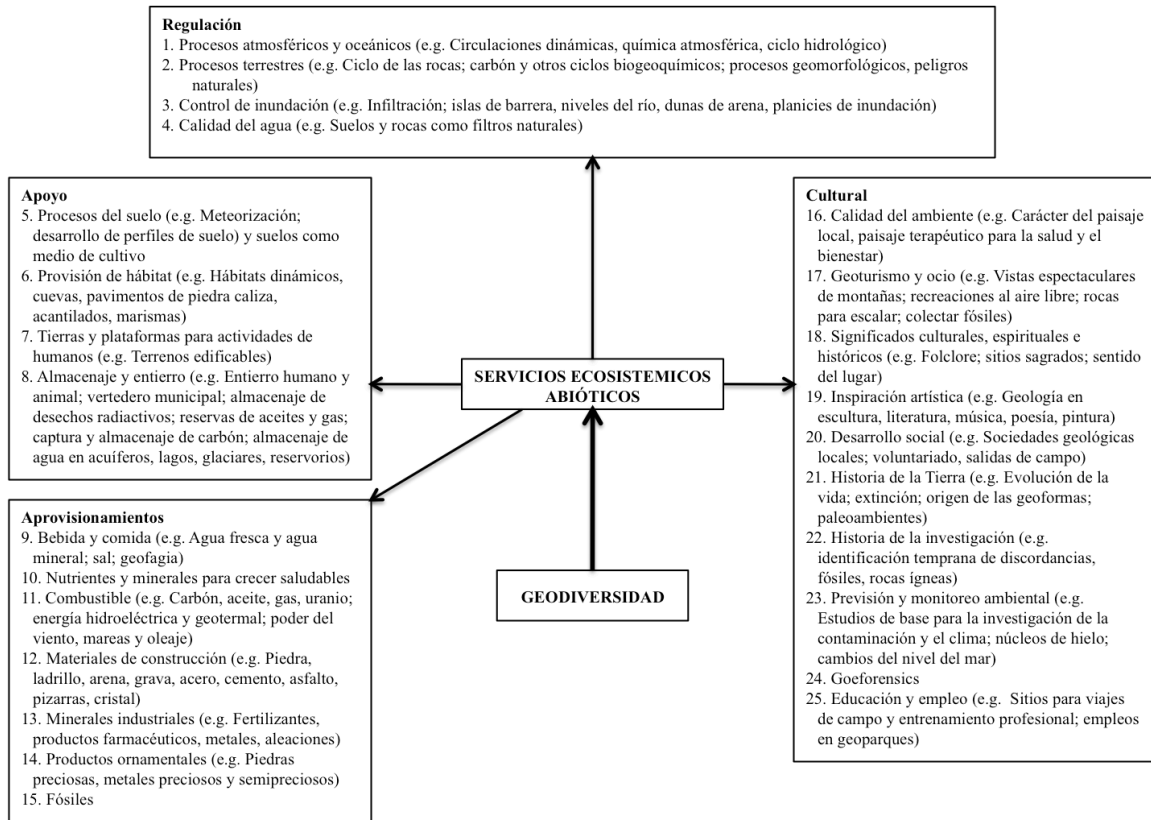


Figura 1 Valores de la geodiversidad (tomado de Gray, 2012)

ANTECEDENTES

EL ESTUDIO DE LA GEODIVERSIDAD Y SU IMPORTANCIA

Actualmente, existen muchas definiciones sobre geodiversidad, y prácticamente ninguna viene acompañada de un método de estudio y análisis con la aplicación del concepto teórico a la realidad de un territorio (Carcavilla et al., 2008). Durán Valsero (1999) reconoce que, así como no existe un acuerdo sobre la definición de geodiversidad, tampoco existe un método estandarizado y contrastado para su estudio (Carcavilla, 2006). Existen dos tendencias para su evaluación de geodiversidad: algunos autores conducen sus estudios en la identificación y caracterización del patrimonio geológico, el cual, como ya se ha mencionado, es solo una pequeña parte del concepto de geodiversidad. Por otra parte, otros autores han tomado una aproximación más holística y consideran la "evaluación de la geodiversidad" como la cuantificación del rango natural de la diversidad geológica (Pereira et al. 2013).

El enfoque holístico permite que los aspectos geológicos sean introducidos en los estudios ecológicos, donde apenas hasta hace poco se les prestaba atención. Pero además, atiende a otros factores que condicionan el desarrollo de ciertos ecosistemas, como son los factores sociales u antrópicos. Estos

adquieren especial relevancia cuando se estudia la evolución del paisaje de un cierto lugar. En Europa, por ejemplo, se considera que todo espacio está transformado en mayor o menor medida por la acción del hombre. Entre estos factores se incluye el uso y percepción que el hombre ha tenido del medio geológico a lo largo de la historia (Carcavilla, 2006). Estudios de este tipo de estudios han sido utilizados muy frecuentemente (Gray, 2008). Usher (2001) propone tres esferas (geosfera, biosfera y antroposfera) para ilustrar la naturaleza integrada de los temas que enfrenta la conservación de la naturaleza, enfatizando la necesidad de incorporar los paisajes naturales, culturales y objetivos de gestión. La esfera de gestión incluye los temas de geología y la geomorfología, pero también incluye el aire y el agua. La biosfera incorpora todas las especies vivas de microbios, plantas, animales y sus interacciones sociales y económicas (Gray, 2008).

Cada subsistema puede analizarse por separado, pero sólo cuando se analizan las combinaciones entre los subsistemas que lo integran, y los efectos de estas combinaciones sobre el comportamiento del sistema global, es cuando se puede considerar que se trata de la geodiversidad como tal (Carcavilla, 2006). Los factores abióticos, por ejemplo, cumplen una función básica, ser el soporte primario de la actividad biológica y social. En cualquier estudio del medio físico es importante considerar los estudios relacionados con la litología, que nos indica la naturaleza, composición textural y propiedades de las rocas, y la geomorfología cuyo conocimiento puede ayudar a la definición del potencial y de las limitaciones que derivan de las formas del terreno. Sin olvidar la estrecha relación que existe entre la geomorfología, el relieve y la hidrografía, de hecho el modelo terrestre, en gran parte, es consecuencia de fenómenos hidrológicos. Por otra parte, la pendiente, de forma indirecta, afectará a la velocidad del drenaje y, por tanto, a la disponibilidad de agua; hay que recordar que el agua juega un papel muy importante en el clima de una zona, es parte integrante del suelo y la vegetación, a través del ciclo hidrológico pasa por todos los elementos de la biosfera y vuelve a la atmósfera, etc. (Aguilo et al., 2004).

El contenido, la composición química, la textura, la pedregosidad y la riqueza nutritiva y demás aspectos de los suelos, determinan sus relaciones con todas las formas de vida vegetal y establecen ciertos límites de las distintas actividades. En primer lugar, el suelo es soporte de las actividades del hombre dirigidas al aprovechamiento de su potencial productivo: cultivos agrícolas, regadíos, repoblaciones, aprovechamientos forestales y tratamientos silvícolas, implantación de pastizales y pastoreo, etc. En segundo lugar, es soporte de actividades constructivas, industriales y técnicas de muy diversas índoles. Cada uno de esos elementos es asociable a un proceso o sistema de procesos geológicos, tales como: vulcanismo, tectónica, glaciación, etc. (Aguilo et al., 2004).

Como parte indisoluble en la memoria de la Tierra, los minerales y fósiles forman parte del patrimonio natural, los cuales a su vez son componentes importantes de la geodiversidad (Carcavilla et al., 2014). La consideración de los fósiles en el campo de la geodiversidad sirve para acercar éste concepto a su homólogo biodiversidad; las diferentes especies de fósiles reconocidas en rocas de determinadas edades reflejan la biodiversidad existente en el intervalo temporal considerado (Nieto, 2001).

Los elementos del medio biótico se incluyen en este análisis como un complemento de la geodiversidad, enfatizando que estos elementos por sí solos no miden la geodiversidad. Por lo que la vinculación de la geodiversidad con la biodiversidad radica en que la primera funciona como un control importante sobre la diversidad de hábitats (Brilha, 2005), esto debido a que la biodiversidad actual está condicionada, entre otros factores, por la geodiversidad, especialmente la litología y tectónica, y por acontecimientos naturales que ocurrieron en el pasado (del Ramo Jiménez, 2013). Así por ejemplo, la vegetación es un integrador del clima, suelos, geomorfología e historia ambiental, y su fisionomía dominante de cada región depende de todos los factores anteriores (González-Abraham et al., 2010). Por otro lado, es estabilizadora de pendientes, retarda la erosión, influye en la cantidad y calidad de agua, mantiene microclimas locales, filtra la atmósfera, atenúa el ruido, es hábitat de especies animales, etc. A su vez, la riqueza faunística muchas veces está estrechamente ligada con la variedad fisiográfica del territorio (Aguilo et al., 2004). Los animales no pueden vivir por sí mismos y aislados: dependen de la cubierta vegetal, de otros animales, de factores del medio y del hombre, dando lugar a biotopos definidos (Aguilo et al., 2004; Möbius, 1877). Por tanto, la combinación de los aspectos bióticos y abióticos condicionan los paisajes naturales que tan a menudo deslumbran (Brilha, 2005). Tal como el ser humano necesita del medio abiótico, el medio biótico necesita del medio abiótico para subsistir (Aguilo et al., 2004).

El territorio como espacio geográfico, no sólo está constituido por elementos físicos y naturales, está poblado por personas que establecen lazos entre sí articulando identidades culturales (Leff 2005; Sánchez, 2011). Es así que se entiende que un territorio es un elemento social, como también un elemento natural (Sánchez Cortéz et al., 2013). El medio físico es la base del sistema social como componentes activo, pues es la población que significativamente transforma los atributos naturales del entorno, los conserva o altera de acuerdo a las necesidades sociales reales o creadas, posibilitando así la distribución de los asentamientos humanos en el territorio y el aprovechamiento de los recursos que en él existen (Bringas y González, 2004). La distribución espacial de la población proporciona un importante punto de referencia para el conocimiento y comprensión de las estructuras territoriales (Aguilo et al., 2004).

Ambos factores, naturales y humanos, han funcionado como potentes motores evolutivos que han cambiado la configuración del sistema terrestre (Toledo, 2006). Cuando los elementos naturales reciben cierto toque animado, o el hombre les atribuye significados, esos mismos elementos geográficos pasan a ser parte de elementos culturales (Sánchez et al., 2013; Durand y Jiménez, 2010). Como seres humanos vivimos no solamente en el espacio físico y concreto de los sistemas naturales (Vernandsky, 1997), sino también habitamos el reino de la noosfera (Morin, 2011), en la cual nuestras facultades cognitivas nos permiten construir complejos culturales (Simmons, 1994). Somos seres humanos naturales y culturales, producto de una doble articulación: en los sistemas naturales y en los sistemas sociales humanos (Monod, 1974). Como sistemas vivos constituimos una unidad en el espacio físico y biológico (Maturana, 1974), como sistemas culturales formamos parte de ecosistemas integrados por ideas, saberes,

creencias y mitos, que viven sus propias vidas (Toledo, 2006). Las culturas, constituidas por el conjunto de hábitos, costumbre, prácticas, saberes, reglas, normas, prohibiciones, tabúes, estrategias, creencias, ideas, valores, mitos, que se reproducen en cada individuo y que se perpetúa de generación en generación, dan lugar y reconstruyen la complejidad social (Toledo, 2006). En la cultura y civilización no ha habido nada que no haya sido el producto de esta base material, primordial para la práctica social que no haya modelado. Por ello, nuestra visión de la sociedad incluye la naturaleza y la naturaleza incluye la sociedad (Toledo, 2006)

En general, el estudio de la geodiversidad implica la identificación y valoración de los elementos abióticos, esencialmente, geológicos que definen el paisaje, así como relacionarlos con elementos bióticos y los procesos culturales del entorno (Gray, 2004). Aun así, la idea se ha ido expandiendo y aplicando en países como España (Nieto et al., 2006; Bruschi, 2007), Portugal (Brilha, 2005), Italia (Piacente & Coratza, 2005), Polonia (Kosłowski, 2004), Irlanda (Moles & Moles, 2004), Japón (Watanabe, 2005), Brasil (Pereira et al., 2013), Estados Unidos (Gray, 2004; Santucci, 2005). En México apenas comienza a dar importancia al patrimonio geológico, sobre todo en áreas naturales protegidas, para aumentar la oferta de aprovechamiento turístico de los escenarios naturales y culturales (Pereira et al., 2014; Puy & Alquizar et al., 2012; Gaitán & Arellano, 2009), y no existen estudios de inventarios o valoración de la geodiversidad.

La península de Baja California se caracteriza por su variedad litológica y ser tectónicamente joven, debido a que se originó por el proceso de apertura del Golfo de California durante el Mioceno, entre 6 y 6 millones de años (Stock y Hodges, 1989), por lo que, se puede considerar como un laboratorio natural para estudios tectónicos y geológicos en general. En el estado de Baja California no existen estudios sobre la valoración de la geodiversidad, y considerando el bajo índice de población y buen estado de conservación de la mayor parte de los escenarios naturales es oportuno un inventario y valoración de la geodiversidad, con el fin de utilizarlo como base para instrumentar una gestión y aprovechamiento sustentable de este vasto territorio. Particularmente importante es la zona costera, donde los desarrollos inmobiliarios se han multiplicado en los últimos años sin considerar la valoración natural del territorio, lo que ha llevado a la pérdida irreversible de importantes elementos de la geodiversidad.

Es por esto que en este trabajo se busca aprovechar todos los recursos naturales y culturales que tiene el estado de Baja California, de manera que pueda ser aprovechado desde el punto de vista de la geoconservación con miras en el geoturismo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar y valorar la geodiversidad del estado de Baja California mediante un índice de geodiversidad que pueda ser plasmado en un subsistema de información geográfica, con el fin de proponer un esquema integral de conservación y aprovechamiento sustentable de los paisajes naturales y culturales más importantes.

Objetivos particulares

1. Identificar las localidades más geodiversas del Estado de Baja California
2. Elaborar un modelo para valorar esas localidades
3. Proponer estrategias de aprovechamiento sustentable priorizando como base al geoturismo

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estado de Baja California se localiza en la porción norte de la península de Baja California (Figura 2) tiene una extensión territorial de 69,921 km² que corresponde al 3.7% de la superficie total de México. Cuenta con un litoral de 1,280 km, de los cuales 720 km se encuentran en la costa del Océano Pacífico y 560 km en la costa del Golfo de California.

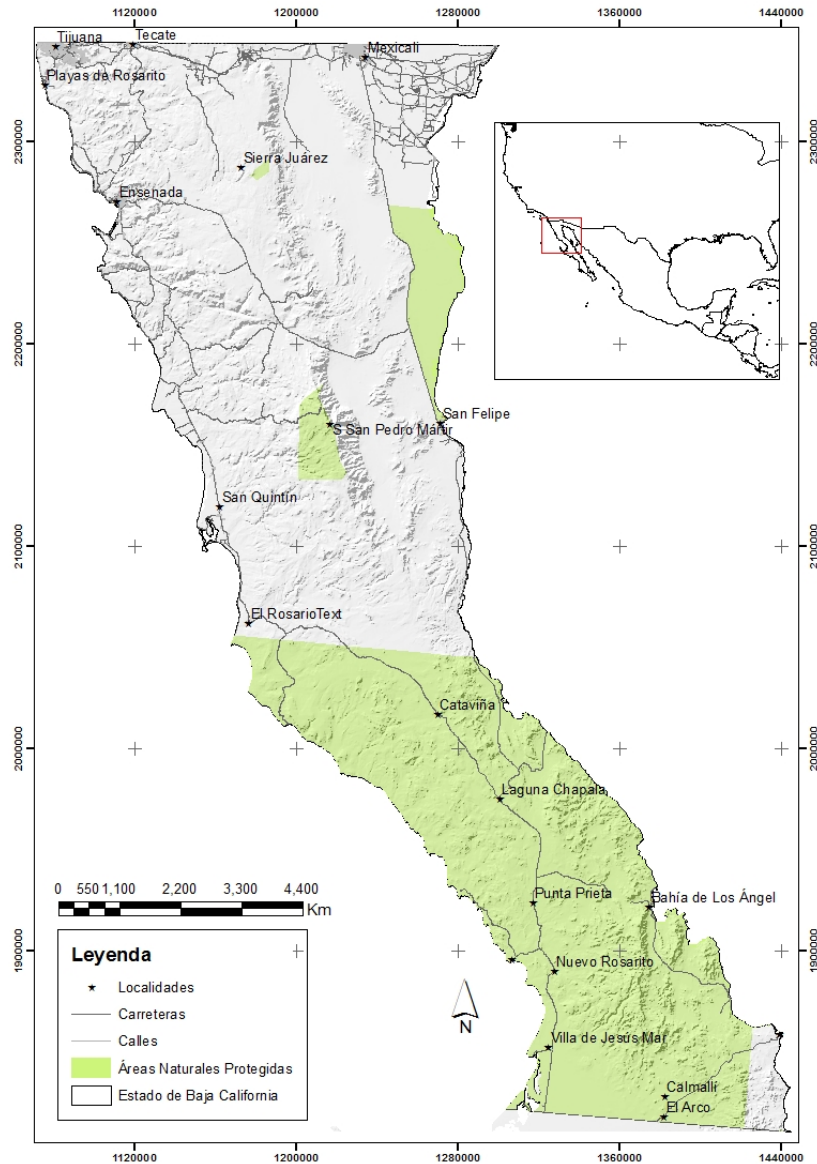


Figura 2 Localización del área de estudio

Marco geológico

La península de Baja California formó parte del macizo continental de Norteamérica, de que se separó por procesos tectónicos que se iniciaron en el Mioceno, cuando existía una zona de subducción en la que se desapareció la placa Farallón debajo de Norteamérica. Como resultado, cambió al actual régimen transtensivo que culminó con la apertura del Golfo de California a lo largo de la frontera entre placas Pacífico y Norteamérica (Joann Stock, 1997). En su configuración geológica actual, la península se compone de tres grupos principales de rocas: 1) una franja occidental de posibles sedimentos y rocas volcánicas del Precámbrico intrusionadas por rocas graníticas del Cretácico tardío; 2) secuencias de rocas sedimentarias marinas y volcanoclásticas en un basamento ofiolítico que fue afectado por el evento intrusivo del Cretácico tardío; y 3) sedimentos post-batolíticos y rocas volcánicas de edades del Cretácico tardío y Cenozoico que sobreyacen en las rocas anteriores (Frizzell, 1984). La cadena montañosa divide a Baja California en tres regiones geomorfológicas: 1) Región de Sierras Peninsulares; 2) Región de la pendiente del Golfo de California; y 3) Región de la pendiente del Pacífico (Figura 3)

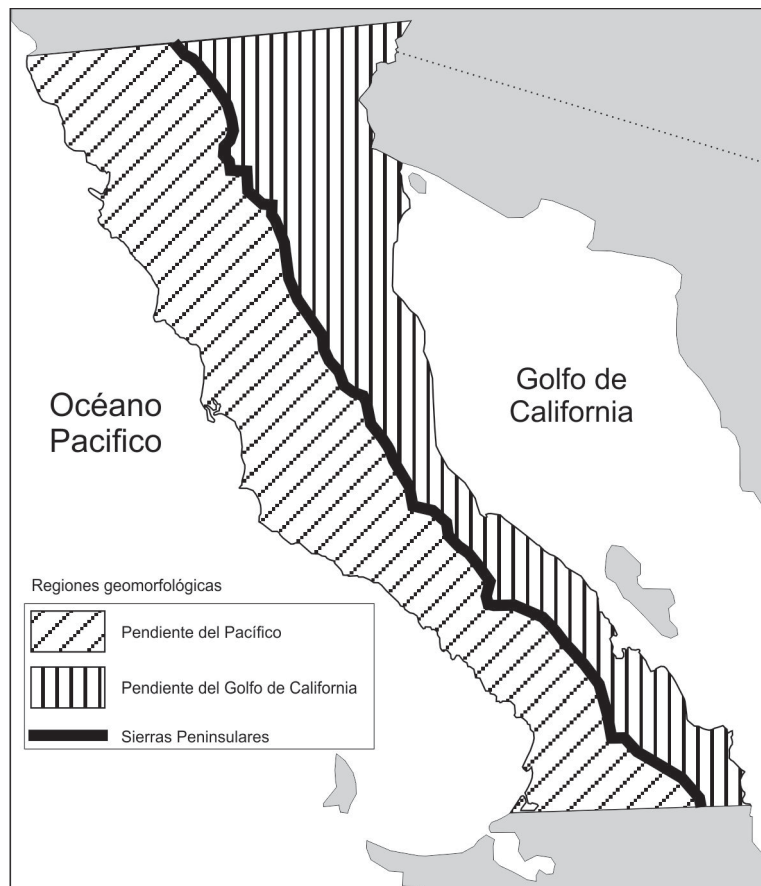


Figura 3 Regiones geomorfológicas del estado de Baja California. La región de Sierras Peninsulares es la división entre la pendiente del Océano Pacífico y la del Golfo de California

- Geología

Geológicamente hablando, el estado de Baja California presenta formaciones heredadas del eristema del Cenozoico, del Mesozoico y del Paleozoico que destacan un paisaje geológico relativamente dominado por la formación ígnea seguida por la sedimentaria y la metamórfica. En las ígneas sobresalen las intrusivas frente a las volcánicas en las sedimentarias dominan las continentales, como relleno de valles y fosas tectónicas, frente a las marinas presentes en el oeste del estado; en las metamórficas graníticas. La dominación de la formación ígnea en la entidad lleva consigo una serie de consecuencias como una conductividad primaria casi nula de los flujos hídricos (Bringas y González, 2004).

- Edafología

En Baja California la mayoría de los suelos son azonales y poco desarrollados (Tabla X); los suelos que presentan menos de 60 cm de profundidad constituyen el 73.9% de la superficie de todos los suelos disponibles y se agrupan según la clasificación de la FAO-UNESCO (1971), en los siguientes tipos: Regosoles, Litosoles y Feozems. Los suelos de una profundidad de hasta un metro constituyen el 18.14% del total de suelos y son representados por el tipo Yermosoles, Solonchaks, Vertisoles y Fluviosoles, y los que van mas alla de un meto de profundidad son los Xerosoles y representan el 5.95% de los suelos de la entidad.

- Estratigrafía

En la entidad se destaca un paisaje geológico relativamente dominado por la formación ígnea seguida por la sedimentaria y la metamórfica. En las ígneas sobresalen las intrusivas frente a las volcánicas; en las sedimentarias dominan las continentales como relleno de valles y fosas tectónicas frente a las marinas presentes al oeste del estado, y en las metamórficas el afloramiento es asociado con formaciones graníticas. La dominación de la formación ígnea en la entidad lleva consigo una serie de consecuencias relacionadas con una permeabilidad que se traduce por una conductividad primaria casi nula (Bringas y González, 2004).

- Clima

Gracias a su extensión latitudinal, su compleja topografía, y su localización entre dos cuerpos de agua muy similares, Baja California se adapta a una amplia gama de climas. Esta gama, a su vez tiene un alto grado de diversidad del medio ambiente, con zonas de clima extremadamente caliente y árido como el Desierto del Valle de los Cirios en el noreste del estado, y otras con clima semifrío en las partes mas altas de las sierras (Bringas y González, 2004). La parte central de la Península se cubre de tierras malas volcánicas interrumpidas por oasis de palmeras, y esta región es uno de los tres desiertos de niebla en el mundo (Grismer, 2002).

Según la clasificación adoptada por INEGI a partir de la propuesta por Köppen, y modificada por Enrique García (1973), en Baja California se identifican dos grandes tipos de climas: Tipo Templado subhúmedo

y el Tipo Semifrío subhúmedo. Además presenta cuatro subtipos: Seco templado, Muy seco cálido, Muy seco semicálido y Muy seco templado (Bringas y González, 2004)

La temperatura media anual es de 18 a 19 °C. Las temperaturas más altas, mayores de 30 °C, se presentan en los meses de mayo a septiembre y las más bajas, alrededor de 5 °C, en el mes de enero. Las lluvias son muy escasas, alrededor de 200 mm de precipitación total anual. En la región noroeste del estado se encuentran los climas templado y seco con lluvias de invierno, condición muy particular, ya que el resto del país las lluvias son en verano (López Valdez, 2015).

- Temperatura

La temperatura media anual en la entidad oscila entre 12° hasta 23° C con amplitud de 11° y promedio de 18.71° C; donde el 75% de la superficie estatal esta en la franja de temperaturas medias superiores a los 18° C que se caracteriza con variaciones espacio-térmicas, pero en su mayoría bajo dominio de temperaturas cálidas (Bringas y González, 2004).

- Hidrografía

Los recursos hídricos que posee Baja California, son muy escasos, y la presencia de sistemas acuáticos continentales, tanto lacustre (lagos) como potamológicos (ríos, arroyos, manantiales, etc.) es limitada. El 88% de estos recursos se localizan en el valle de Mexicali, donde el 57%, equivalente a 1 681.5 Mm³ son aportados por el río Colorado. Además, existe una baja precipitación pluvial porque sólo en algunas partes del territorio ocurren lluvias que en condiciones normales van de 200 a 300 mm al año, mientras que en el resto del estado se registran precipitaciones de 50 mm al año (Molina, 2007). El estado cuenta con cinco regiones hidrológicas, las cuales son: RH-1, Baja California Noroeste (Ensenada); RH-2 Baja California Centro-Oeste (Vizcaíno); RH-4, Baja California Noroeste (Laguna Salada); RH-5 Baja California Centro-Este (Santa Rosalía) y RH-7, Río Colorado (Tabla XX) (SGM, 2010).

Medio biótico

- Flora

Baja California es muy rica en especies y géneros de plantas vasculares nativas; su riqueza florística es común con otras áreas del suroeste de Norteamérica, en especial con la provincia florística Californiana (Peinado et al., 1994). La riqueza florística de Baja California, en plantas vasculares, deriva de tres razones principales: 1) que muchos relictos del terciario sobreviven en la provincia florística de California, por el clima templado de la región y su insolación desde los extremos de un clima continental después de la parte media del plioceno y subsecuentemente levantamiento de la sierra Nevada y cordilleras asociadas, 2) la interacción entre los elementos méxicos derivados de la geoflora del arcto-terciario con elementos xéricos asociados con la flora del madro-terciario, que ocurrió en una región con relieve de alta topografía y suelo variado, 3) explosión de especiación que ocurre en ciertas herbáceas y leñosas,

especialmente dicotiledóneas anuales, géneros principalmente a inicios de la parte media del plioceno o se preservaron en áreas limitadas con climas tranquilos de la región (Delgadillo, 1998; Raven, 1977).

- Fauna

La fauna está estrechamente relacionada con los cambios climáticos ocurridos en el periodo terciario, particularmente durante las glaciaciones que provocaron modificaciones en la distribución de la flora y por ello, en la distribución de la fauna. En la península de Baja California existen 5 distritos faunísticos, de los cuales solo 4 se encuentran en el estado de Baja California (Tabla de distritos faunísticos).

Medio Socioeconómico

- Sistema territorial

El estado de Baja California se localiza en la región noroeste de la República Mexicana, en la parte norte de la península del mismo nombre, tiene una extensión territorial de 69.921 km², que corresponden al 3.7% de la superficie total de México. Cuenta con un litoral de 1280 km, de los cuales 720 km se encuentran en la costa del Océano Pacífico y 560 km en la costa del Golfo de California. Está delimitado al este por el Golfo de California, al oeste por el Océano Pacífico, al noroeste por el estado de Sonora, y al sur por el estado de Baja California Sur. Así mismo, posee una frontera con Estados Unidos, cuyos estados limítrofes son California y Arizona (Bringas y González, 2004). Está conformado por 5 municipios: Mexicali (capital del estado), Tijuana, Tecate, Ensenada y Playas de Rosarito (Molina, 2007).

- Demografía

Las sociedades originales de la región tuvieron una expansión demográfica limitada y especialmente dispersa, además de generosa con los primeros pobladores españoles y, después, con otros migrantes que formaron lo que actualmente son los principales asentamientos de Baja California. Los poblados kiliwua, kumiai, cucapás, paipai, cochimí, entre los que previven, constituyen hoy grupos de escasas familias que reivindican el pasado social y ambiental de la región, a la vez que preservan sus profundas raíces culturales (Guillén López en Baja California, C.C.E., 2009).

La ocupación del territorio de Baja California obedece a una distribución de localidades en función de la cercanía de los principales ejes carreteros y una evidente búsqueda de proximidad a la línea divisoria internacional entre México y Estados Unidos (Bringas y González, 2004). Anteriormente, durante el Porfiriato, el sur de la península estaba más poblado que el norte, debido a las concesiones mineras. Sin embargo, la parte norte despuntó a partir del decaimiento de la minería y los inicios de la revolución, aunado sobre todo a la prosperidad del sur del estado de California. Así fue como Tijuana y Mexicali crecieron de manera vertiginosa en la primera mitad del siglo XX (Cruz González, 2007).

La población total es de 3 381 080 personas, de las cuales el 49.6% son mujeres y el 50.4% hombres (INEGI, 2013). La parte noroeste del estado se distingue por una elevada concentración de localidades alrededor de Tijuana (1 670 365 habitantes) y al noreste en la ciudad de Mexicali y los poblados de su valle (998,355 habitantes), entre Tijuana y Mexicali se encuentra la ciudad de Tecate con el 3.2 % de la población total (108 031 habitantes). Al sur de la costa del Pacífico, existe un continuo de localidades extendidas adyacentes a la carretera escénica del Corredor Costero Tijuana-Ensenada, pasando por el municipio de Playas de Rosarito (100,817 habitantes) y siguiendo por el municipio de Ensenada (503 512 habitantes), considerado el más grande del Estado; existe otra pequeña concentración en el Valle de Maneadero, después de las localidades se expanden siguiendo la carretera Transpeninsular que conecta Baja California con la parte sur de la Península. Una importante concentración de pequeñas localidades se ubican alrededor de Valle de San Quintín, al sur de este valle la distribución es dispersa (Bringas y Toudert, 2011).

Con todo y ese acelerado crecimiento, Baja California sigue siendo un enorme territorio por descubrir, conocer, preservar y desarrollar. Dispone en las condiciones necesarias para delinear a la sociedad mexicana del siglo XIX, aquella a la que inspiramos, una con elevada calidad de vida y sustentabilidad ambiental sin renunciar a la intensidad del crecimiento (Guillén López en Baja California, C.C.E., 2009).

- Infraestructura

El estado de Baja California cuenta con un sistema de comunicaciones conformado por 7 723 km de carreteras, 218 km de vías férreas, tres aeropuertos internacionales: aeropuerto General Abelardo L. Rodríguez, en la ciudad de Tijuana, Aeropuerto General Rodolfo Sánchez Taboada, en Mexicali y San Felipe, en el Puerto de San Felipe; dos aeropuertos nacionales y 51 aeródromos. Cuenta además de 9 puertos, 3 de ellos son de importancia y el resto pesqueros y turísticos (SGM, 2010).

La carretera Transpeninsular ha sido el gran eje articulador a partir del cual han ido abriéndose algunos caminos y carreteras alternas para enlazar la costa del Pacífico con muy pocas localidades, desconectadas entre sí con otras localidades, ubicadas en la costa del Golfo de California. Esta carretera juega un papel trascendente en la valoración del centro-sur del estado a partir de la latitud 30° al darle accesibilidad a un reducido grupo de asentamientos con poca población. El centro-norte de la entidad agrupa un conjunto de localidades de mayor tamaño comparado con el centro-sur del estado, pero sin las suficientes oportunidades socioeconómicas para competir con los atractivos de Tecate, Ensenada y San Felipe que constituyen las extremidades de los campos carreteros que se aventuran en estos espacios montañosos y accidentados (Bringas y Toudert, 2011).

- Economía

De acuerdo con cifras reportadas en el Sistema de Cuentas Nacionales publicadas por INEGI, en 2006 el producto interno bruto (PIB) de Baja California fue alrededor de 58.23 miles de millones de pesos y la

aportación de la entidad al PIB nacional paso de 2.8% en 1993 a 3.6% en 2006. Para 1999, Tijuana fue el municipio con mayor grado de especialización productiva con altos coeficientes en 12 sectores, en segundo orden Playas de Rosarito con ocho, Ensenada con siete, Mexicali con cinco y, finalmente, Tecate con un solo sector. A la fecha esto ha cambiado, únicamente Tijuana es el municipio que presenta una estructura económica más homogénea (Bringas y González, 2004). Las actividades económicas primarias que se realizan en el estado son: agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza.

EVALUACIÓN DE LA GEODIVERSIDAD

1. En este trabajo se evaluó la geodiversidad del estado de Baja California, se significativamente la manera de cómo la población percibe los rasgos geológicos, dentro y a los alrededores de su comunidad. La metodología general se dividió en tres fases: 1) identificación y caracterización de la información; 2) valoración de los lugares de interés geológico; y 3) ordenación y gestión de un lugar de interés geológico (Análisis de los componentes de la geodiversidad

Con base en las diferentes definiciones sobre geodiversidad como su relación con otros elementos, se puede decir que dentro del concepto de geodiversidad se incluyen las relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas que se interrelacionan con el paisaje, la gente y las culturas (Owen et al., 2005). Como resultado de estas interacciones, la geodiversidad se muestra como un sistema complejo y dinámico que incluye a los subsistemas de la geosfera, biosfera y noosfera, sus expresiones y comportamientos en el tiempo (Toledo, 2006; Tress y Tress, 2001). Los elementos naturales forman parte de la geosfera (abióticos) como: rocas, suelos, agua, etc.; y biosfera (bióticos): flora y fauna; mientras que los elementos culturales son parte de la noosfera. El subsistema de la noosfera, los seres humanos, como la sociedad, engendran su esfera de cosas del espíritu; saberes creencias, mitos, leyendas, ideas (Toledo, 2006).

Tabla II).

Fase 1. Identificación y caracterización

La primera fase se divide en dos procesos: 1) el análisis de los componentes de la geodiversidad, y 2) la integración de la información. En el proceso del análisis de los componentes de la geodiversidad se analizaron los factores usados como componentes para su valoración (bióticos, abióticos y antrópicos). El segundo proceso consistió en la identificación y caracterización de los Lugares con Interés Geológico (LIGs), a través de la integración de los tres componentes. A continuación se detallan cada una de los procesos.

2. Análisis de los componentes de la geodiversidad

Con base en las diferentes definiciones sobre geodiversidad como su relación con otros elementos, se pude decir que dentro del concepto de geodiversidad se incluyen las relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas que se interrelacionan con el paisaje, la gente y las culturas (Owen et al., 2005). Como resultado de estas interacciones, la geodiversidad se muestra como un sistema complejo y dinámico que incluye a los subsistemas de la geosfera, biosfera y noosfera, sus expresiones y comportamientos en el tiempo (Toledo, 2006; Tress y Tress, 2001). Los elementos naturales forman parte de la geosfera (abióticos) como: rocas, suelos, agua, etc.; y biosfera (bióticos): flora y fauna; mientras que los elementos culturales son parte de la noosfera. El subsistema de la noosfera, los seres humanos, como la sociedad, engendran su esfera de cosas del espíritu; saberes creencias, mitos, leyendas, ideas (Toledo, 2006).

Tabla II Evaluación holística de la geodiversidad (modificado de Mata Olmo et al., 2014)

| Evaluación de la geodiversidad | | | | |
|--|--|--|---|--|
| PROCESOS | TAREAS | | | FASES |
| | Análisis de los factores estructurales | | | |
| Análisis de los componentes de geodiversidad | Componentes abiótico | Componentes bióticos | Componentes antrópicos | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Entidad y forma del relieve Características litológicas, hidrológicas y edáficas Presencia de elementos fósiles y minerales | <ul style="list-style-type: none"> Componentes faunísticos Componentes florísticos | <ul style="list-style-type: none"> Asentamientos urbanos y rurales Actividades económicas Actividades turísticas Identidad cultural | |
| | Identificación y delimitación de las unidades para la evaluación | | | |
| | Construcción del esquema de caracterización de las unidades | | | |
| Integración | Nivel de la información | Elección de las variables | Recogida de la información | Cartografía y representación de la información |
| | <ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad de los datos Escala gráfica Tiempo disponible Presupuesto económico Ámbito de estudio Diversidad del área de estudio | <ul style="list-style-type: none"> Circunstancias del territorio Superficie del área de estudio Análisis de las variables Volumen de datos Calidad de los datos | <ul style="list-style-type: none"> Búsqueda bibliográfica Datos ya existentes Datos accesibles Trabajo de campo | <ul style="list-style-type: none"> Tablas Cartografía temática Gráficas |
| Evaluación | Cartografía exhaustiva (1:250000) | | | |
| | Identificación e inventario de los LIG | | | |
| | Valuación | | Percepción | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Ausencia/presencia Juicio de expertos Categorización | | <ul style="list-style-type: none"> Encuestas a los habitantes Entrevistas | |
| Prospectiva | Selección | | | |
| | Propuesta de gestión | | Establecer una propuesta de estrategia para el aprovechamiento sustentable para la geoconservación de uno de los lugares de interés geológico identificados | |

3. Integración de la información

En esta etapa de la fase 1, se valuó la información de los componentes abióticos, bióticos y antrópicos. Se identificaron y seleccionaron las variables con las que se alimentó el Modelo propuesto para evaluar la geodiversidad. Se consideraron las recomendaciones de Aguilo et al. (2004) sobre el nivel de información, la selección de las variables, la recopilación de información y, cartografía y representación de la información. En este paso, la disponibilidad de información existente, pero sobre todo lo que pudo ser representado en un mapa. Debido al tamaño del área de estudio, la escala de la información utilizada varía, pero no el contenido de la información. El tiempo disponible fue otro factor importante, se debe considerar el tiempo disponible suficiente para una buena recopilación de datos y sobre todo para afinarlos. Únicamente las variables seleccionadas fueron analizadas con igual profundidad dentro del modelo, para evitar pérdidas de información. Por lo que se trato de que el volumen de los datos que fueran lo menor posible, por lo que fue necesario depurar los datos y eliminar aquellos que aportaron

información escasa o ya repetida. La selección de las variables es una decisión que va a condicionar la realización y los resultados del trabajo, pues condiciona la bondad de los datos (Aguilo et al., 2004).

Fase 2. Valoración de los Lugares de Interés Geológico

Para la valorar los LIGs se utilizó una versión modificada del modelo propuesto por Pereira et al. (2012), el cual se basa en la definición de índices numéricos parciales, en donde a partir de criterios específicos y de capas que representen las variables relacionadas con dichos criterios, se pudo generar a través de su evaluación, las capas que representen la capacidad en cuanto a esos criterios para cada uno de los datos espaciales de las capas originales. Una vez que las capas temáticas correspondientes a los criterios fueron generadas, se combinaron a través de las reglas de decisión para lograr la evaluación (Gómez y Barredo, 2006).

Para conocer la percepción de los pobladores locales se aplicaron un total de 46 encuestas, con 15 preguntas abiertas, a los habitantes de las 8 localidades rurales de la mitad sur del estado de Baja California en el Anexo XX se presentan los resultados de estas encuestas, este trabajo se presentó en el Congreso internacional sobre paisajes alternativos, por el momento se presenta como prueba de galera (Posada et al., 2015).

Fase 3. Ordenación y gestión

Se realizó la propuesta de gestión para el aprovechamiento sustentable de un lugar de interés geológico para su geoconservación. De los resultados de la valoración de la geodiversidad del estado de Baja California se eligió uno de los sitios para proponer un plan de geoturismo con la finalidad de promover los recursos naturales y culturales de la región, además de apoyar la economía local sin causar daños. En el Capítulo 3 se muestra la propuesta del plan de gestión.

Tabla III Secuencia metodológica

| Objetivos particulares | Métodos | Resultados |
|---|---|--|
| Identificar las localidades más geodiversas del Estado de Baja California | Búsqueda bibliográfica Elaboración de encuestas y su aplicación Toma de fotografías en campo | Anexo XX. Como primer producto de este trabajo, se presenta un análisis del potencial de geodiversidad y paisaje del estado de Baja California. En donde se realizó un primer inventario sobre los sitios con un nivel alto de interés geológico, de acuerdo a la revisión bibliográfica. Anexo XX. En este apartado se revisa e integra el conocimiento que existe sobre el área de estudio, obtenido mediante búsqueda bibliográfica, el cual se corroboró y complementó con datos recabados en campo, tales como observaciones, encuestas y fotografías. |
| Elaborar un modelo para valorar esas localidades | Búsqueda bibliográfica Recopilación de información digital Manejo de datos en el software ArcGIS 10.2 | Capítulo 2. El modelo para evaluar la geodiversidad del estado se presenta en este capítulo. Mediante un SIG se obtuvo la distribución espacial de la geodiversidad |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Proponer estrategias de aprovechamiento sustentable priorizando como base al geoturismo</p> | <p>Búsqueda bibliográfica sobre estrategias de gestión de la geodiversidad y/o patrimonio geológico en otros países Se elaboro un inventario del patrimonio geológico de El Rosario</p> | <p>Capítulo 3. Se estableció una propuesta de estrategias para el aprovechamiento sustentable para la geoconservación de los lugares de interés geológico, en El Rosario, B.C.</p> |
|--|---|---|

Capítulo 2. Modelo para evaluar la geodiversidad

INTRODUCCIÓN

Un modelo es una representación simplificada de un sistema del mundo real, consiste en un juego de operaciones lógicas contenidas dentro de un programa de cómputo (Wheater et al., 2008), va desde un simple diagrama en el que se simplifican los componentes del sistema y las posibles relaciones funcionales entre estos, hasta complejos programas de cómputo parametrizados con variables biofísicas y sociales clave en la dinámica del sistema. La utilización de un modelo simple o complejo dependerá de la información disponible, así como el grado de entendimiento que se tenga del funcionamiento del socio-ecosistema en cuestión (Maass y Cotler, 2008).

Algunos modelos utilizan métodos estadísticos, siendo los más comunes el de regresión múltiple o los multivariados (p.e. Austin, 1998 o Guisan et al., 1999). Otros hacen uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004), los cuales funcionan como trabajo que proporciona un medio adecuado para responder a cuestiones relacionadas con la componente, se distingue por manejar una base de datos espaciales, la cual es representado por uno de los componentes más importantes en el diseño e implementación del SIG (Guevara, 1992).

El estudio de geodiversidad de un territorio consiste en analizar la variedad de elementos geológicos presentes, la relación que muestran entre ellos (Carcavilla et al., 2014) y el vínculo que tienen con los elementos del medio ambiente y la sociedad (Carcavilla, 2006). En la actualidad se ha comenzado a dar un enfoque holístico a estudios del medio físico (Gray, 2008), permitiendo que los aspectos geológicos, hasta hace poco no se les prestaba atención, sean introducidos en los estudios ecológicos. Además atiende a otros factores que condicionan el desarrollo de ciertos ecosistemas, como son los factores sociales, los cuales adquieren especial relevancia cuando se estudia la evolución del paisaje de un cierto lugar (CITA). También nos permite ponderar un espacio por su potencial educativo, científico, turístico, recreativo, del cual derivan actividades productivas como el geoturismo, que puede constituir una fuente de desarrollos económico sustentable para las comunidades que lo posean y administren, de la misma manera que ocurre con la biodiversidad, el patrimonio histórico o arqueológico (Carcavilla et al., 2007). El objetivo de este apartado es la elaboración de un modelo que permita valorar la geodiversidad del estado de Baja California partiendo del modelo propuesto por Pereira et al. (2013)

METODOLOGÍA

Índice de Geodiversidad

Tal como lo propone Pereira et al. (2013), el índice de geodiversidad es la suma de varios índices parciales, con la última resultante de la suma de unidades y ocurrencias de las áreas dentro del grid. Para la visualización de los resultados se utilizó el software ArcGIS 10.2 Geographic Information System (SIG). El mapa resultante muestra la distribución espacial del Índice de Geodiversidad (IGd) del área de estudio, representado por isolíneas. Este índice expresa, de la manera más equilibrada posible, todos los aspectos abióticos y antrópicos seleccionados sin enfatizar ningún elemento en particular.

El modelo original de este estudio incluía los factores biótico, abiótico y antrópico (Figura 4), pero debido a la falta de datos, sólo se incluye en el índice los factores abiótico y antrópico.

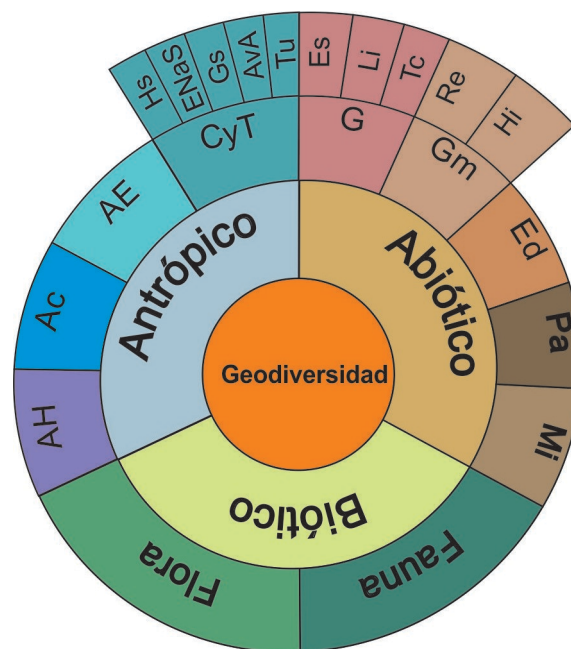


Figura 4 Esquema del modelo de evaluación de la Geodiversidad. Donde: Mi-mineralógico, Pa-paleontológico, Ed-edafológico, Gm-geomorfológico, G-geológico, Es-estratigráfico, Li-litológico, Tc-tectónico, Re-relieve, Hi-hidrológico, AH-asentamientos humanos, Ac-accesibilidad, AE-actividades económicas, CyT-cultura y turismo, Hs-histórico, ENaS-espacios naturales singulares, Gs-geosímbolos, AvA-avistamiento de aves, Tu-turismo

Los índices que componen el IGd están dados por factores abióticos y antrópicos (Tabla XX). El factor abiótico está compuesto por cinco índices parciales: geológico (G), edafológico (Ed), geomorfológico (Gm), paleontológico (Pa) y mineralógico (Mi). El índice geológico (IG) está formado por los subíndices: estratigráfico (Es), litológico (Li) y tectónico (Tc). Para la riqueza edafológica (IEd) se consideraron los grupos de suelos primarios. En el índice paleontológico (IPa) se utilizaron datos de la consulta

bibliográfica, se identificaron los sitios en los que se han registrado la presencia de fósiles y se plasmaron en el mapa. Para el índice mineralógico (IMi), se utilizó la información del Servicio Geológico Mexicano (SGM) sobre depósitos minerales metálicos y no metálicos. Estos índices se valoraron de acuerdo a Pereira et al. (2012; 2013), en donde se calculan la ocurrencia de las unidades o elementos presentes en cada unidad del grid. El índice geomorfológico (IGm) esta compuesto por dos subíndices: hidrológico y relieve. El subíndice hidrológico se tomaron en cuenta arroyo, lagos, lagunas, esteros y la zona costera, con rangos de valores de 0 a 1, siendo los ríos y zonas costeras el mayor valor. El subíndice relieve se consideraron las pendientes (0°-5°, 6°-15°, 16°-25°, 25°-50°, >50°). Los rangos de valores se encuentra entre Muy Bajo a Muy Alto (0 -1).

En el factor antrópico se incluyen datos de índole social, turístico, económico y cultural. Este índice esta integrado por información sobre asentamientos humanos (AH), en donde se considero como valores altos a las áreas con menor densidad poblacional, es decir, poblados rurales. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la población rural es la compuesta de 1 a 2500 habitantes, que en el caso de nuestra área de estudios es casi la totalidad de su territorio. En el subíndice de accesibilidad (Ac) se tomaron en cuenta los distintos tipos de caminos (pavimentados, terracería, brechas y veredas). El índice económico únicamente contempla las principales actividades económicas (AE): minería, acuacultura y agricultura; aunque la ganadería y pesca son también actividades económicas principales se decidió excluirlas, debido a que, en la primera no se cuenta con la información suficiente y la segunda debido a que es una actividad que se realiza fuera de la costa. En infraestructura turística (Tu) se incluyó información proporcionada por la Secretaría de Turismo (SECTUR) del estado de Baja California. Por último, la parte cultural (Cu) incluye: los geosímbolos dados por Tapia (2009) y otros que fueron mencionados por la población de las comunidades rurales durante la salidas de campo (Tabla XX); algunos sitios históricos; sitios arqueológicos tomados de la base de datos proporcionada por Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH); y los espacios naturales singulares.

Los Espacios Naturales Singulares del estado de Baja California, en su parte insular, se consideran, tanto áreas protegidas bajo algún régimen legal estatal o federal, así como aquellas que no cuentan con algún tipo de protección. Dentro de los espacios naturales protegidos se encuentran las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son instrumento de política pública para la conservación de la biodiversidad, debido a que representan por sus atributos ecológicos y socio-ambientales áreas de relevancia tanto a nivel estatal como a escala nacional (SEMARNAT, 2007) El estado de Baja California es el estado que cuenta con una mayor superficie de ANPs (3 535 147.23 Ha) de la república (Tabla XI).

Otros espacios naturales importantes son los humedales, los cuales están bajo una protección de importancia internacional dentro de los llamados Sitios RAMSAR. Es uno de los primeros tratados modernos de carácter intergubernamental sobre conservación y uso sostenible de los recursos naturales, que está dedicado a un ecosistema, con disposiciones relativamente sencillas y generales. México se

adhirió a este convenio en 1986 (Secretaría de la Convención RAMSAR 2013). Los humedales incluidos en la lista forman parte de una nueva categoría en el plano nacional e internacional: se reconoce que tiene un valor significativo a nivel mundial. México tiene 139 Sitios RAMSAR con una superficie de 8 833 094 ha, en Baja California existen cinco Sitios RAMSAR (**Tabla XII**) los cuales ocupan una superficie de aproximadamente 940 735 Ha.

En el año 2002, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) elaboró el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad, mediante el cual identificó en el país zonas o regiones que por sus “características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad”. Para el fin de este trabajo tomamos tres de los cuatro apartados: Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) y Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) y Áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS). En Baja California se identificaron 9 RTP con 47 621 km² de superficie (**Tabla XIII**), 4 RHP con una superficie total de 20 390.015 km² (**Tabla XIV**), y 8 AICAS con una superficie de 1 104 622.55 km² (Tabla XV). La valoración de estos índices se hizo de acuerdo a Pereira et al. (2012). Para fines prácticos se agrupo la parte Turística y Cultural para formar el Índice Cultura y Turismo (ICyT).

Debido a que se están estimando diferentes aspectos: abióticos y antrópicos; que se expresan en diferentes unidades, por lo que los indicadores fueron normalizados (Galván, 2013; Sarandón, 2002) con la finalidad de manejar datos de diferentes unidades, quedando rangos de entre 0-1 para todas las variables, de acuerdo al método descrito por Nijkamp et al. (1990) con la siguiente fórmula;

$$B_j = \frac{(X_j - \min X_j)}{(\max X_j - \min X_j)}$$

Donde: B_j = valor del dato estandarizado; X_j = valor del dato a estandarizar; min X_j = valor mínimo de los datos; max X_j = valor máximo de los datos

Una vez estandarizados los datos, se procedió a la evaluación de la geodiversidad con las formulas:

$$\text{MIGd} = \text{FAB} + \text{FAN}$$

Donde: MIGd – Modelo del Índice de Geodiversidad; FAB – Factor abiótico; FAN – Factor antrópico

El factor abiótico se calculo de la siguiente manera:

$$\text{FAB} = \text{IG} + \text{IEd} + \text{IGm} + \text{IPa} + \text{IMi}$$

Donde: IG – índice parcial geomorfológico; IEd – índice parcial edafológico; IGm – índice parcial geomorfológico; IPa – índice parcial paleontológico; IMi – índice parcial mineralógico

Los índices parciales geológico y geomorfológico se calcularon de la siguiente manera

$$IG = Es + Li + Tc$$

$$IGm = Re + Hd$$

Donde: Es – estratigráfico; Li – litológico; Tc – tectónico; Re – relieve; Hd – hidrológico

El factor antrópico se calculó con las siguientes fórmulas:

$$FAn = AH + Ac + AE + CyT$$

Donde: AH – presencia de Asentamientos Humanos; Ac – presencia de caminos; AE – principales actividades económicas; CyT – Cultura y Turismo

$$ICyT = Hs + ENaS + Gs + AvA + Tu$$

Donde: ICyT – índice parcial de Cultura y Turismo; Hs – Historia; ENaS - Espacios Naturales Singulares; Gs – Geosímbolos; AvA - Avistamientos de Aves; Tu - Turismo

En todo mapa la escala es clave porque, en función de ella, se considerarán los elementos y parámetros que van a ser agrupados. En este trabajo, debido a la gran extensión del tamaño del área de estudio, se utilizaron mapas de diferentes escalas (1/50000, 1/250000 y 1/1000000).

Para el análisis se sobrepuso un grid o malla sobre un mapa. El grid es considerado una herramienta básica, provee cuadros, círculos, rectángulos o hexágonos, en los que las unidades y ocurrencias pueden ser contados y la discriminación de los resultados obtenidos (Pereira et al., 2013). Se trazaron series repetitivas de hexágonos contiguos con la extensión Repeating Shapes para ArcGIS (Jenness, 2006). Se obtuvieron un total de 1236 hexágonos con un área de 64.95 km² cada uno, con los cuales se produjo un mapa con unidades muestrales distribuidas uniformemente.

Factor biótico

El estado de Baja California tiene una gran riqueza biótica, esto lo demuestra la gran cantidad de ANP que existen en el estado, sin embargo, la información sobre flora y fauna registrada en el área de estudio aún es escasa, por lo que no fue posible incluir este factor dentro del modelo. Sin embargo, se incluyó de manera descriptiva/comparativa con los resultados del modelo. Se consultó: tratados especiales, bases de datos regionales y comunicación con expertos en estos temas. Debido a la ausencia de información de biodiversidad de la península, se decidió utilizar como referencia a reptiles endémicos referidos por (Grismer, 2002), y en el caso de flora las especies endémicas en dos provincias y respectivos sectores fitogeográficos propuestos por (M. Peinado, Alcaraz, Delgadillo, & Aguado, 1994). Como complemento a los registros de la flora, se

consulto la base de datos del Consorcio Botánico de Baja California, incluido el Herbario BCMEX de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis de coeficiente de correlación de Spearman (ρ), para conocer las variables más importantes dentro del modelo. Este coeficiente es una medida de la correlación entre dos variables aleatorias continuas. Las variables fueron analizadas con el software estadístico SPSS versión 20. Se hizo uso de las tablas dinámicas para analizar la estadística de la matriz de datos, resultado del IGd. El coeficiente de correlación de Spearman puede tener valores que varían entre -1 hasta +1, pasando por el cero. Cuando el valor resultante es cercano a +1 se dice que ambas variables se asocian directamente de manera muy estrecha. Mientras que, cuando el valor resultante es cercano a -1 se dice que ambas variables se asocian inversamente de manera muy estrecha. Cuando los valores son cercanos a 0 se dice que ambas variables no presentan asociación (Ostle, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo del modelo propuesto por Pereira et al. (2012) y su modificación con respecto a la definición de geodiversidad dada por Stanley (2000), los resultados obtenidos de los índices parciales y el índice de geodiversidad se presentan a continuación.

Índice del factor abiótico.

El factor abiótico dado por los índices parciales: geológico, geomorfológico, edafológico, paleontológico y mineralógico, en su distribución se observa que la parte costera tiene valores con rangos de muy bajo (0-0.2) a medios (0.4-0.6). Mientras que en la parte de las sierras, sobre todo en el lado de la vertiente del Océano Pacífico la diversidad es principalmente alta con un 38%, siguiendo valores medios representando el 33% del territorio (Tabla IV). Algunas de las localidades que presentaron valores muy altos se encuentran: La Rumorosa, Santo Tomás, Colonet, San Telmo, Camalú, Santo Domingo, San Vidente, San Quintín, El Rosario, Punta Prieta, Nuevo Rosarito, entre otros. Al sureste del Rosario se encuentra un área con valores muy altos, los cuales, están asociados con estructuras geológicas (tectónica, litología y estratigrafía), edafología y mineralogía del área. Esto se pudo comprobar con el análisis de correlación de Spearman (Tabla VI), el cual mostro una correlación alta con el índice geológico. La variable G engloba los elementos litológicos, estratigráficos y tectónicos (Tabla VI). Se podría considerar a estos elementos como la base del factor abiótico.

Tabla V Valores del número de hexágonos con valor de los rangos y porcentajes en los se presentan

| | Índice de Geodiversidad | | Factor Abiótico | | Factor Antrópico | |
|----------|-------------------------|-------|-----------------|-------|------------------|-------|
| Muy bajo | 42 | 3.4% | 46 | 3.7% | 241 | 19.6% |
| Bajo | 276 | 22.3% | 132 | 10.6% | 406 | 32.8% |
| Medio | 593 | 47.9% | 456 | 36.8% | 440 | 35.6% |
| Alto | 302 | 24.4% | 470 | 38.0% | 134 | 10.8% |
| Muy alto | 23 | 1.8% | 132 | 10.6% | 15 | 1.2% |

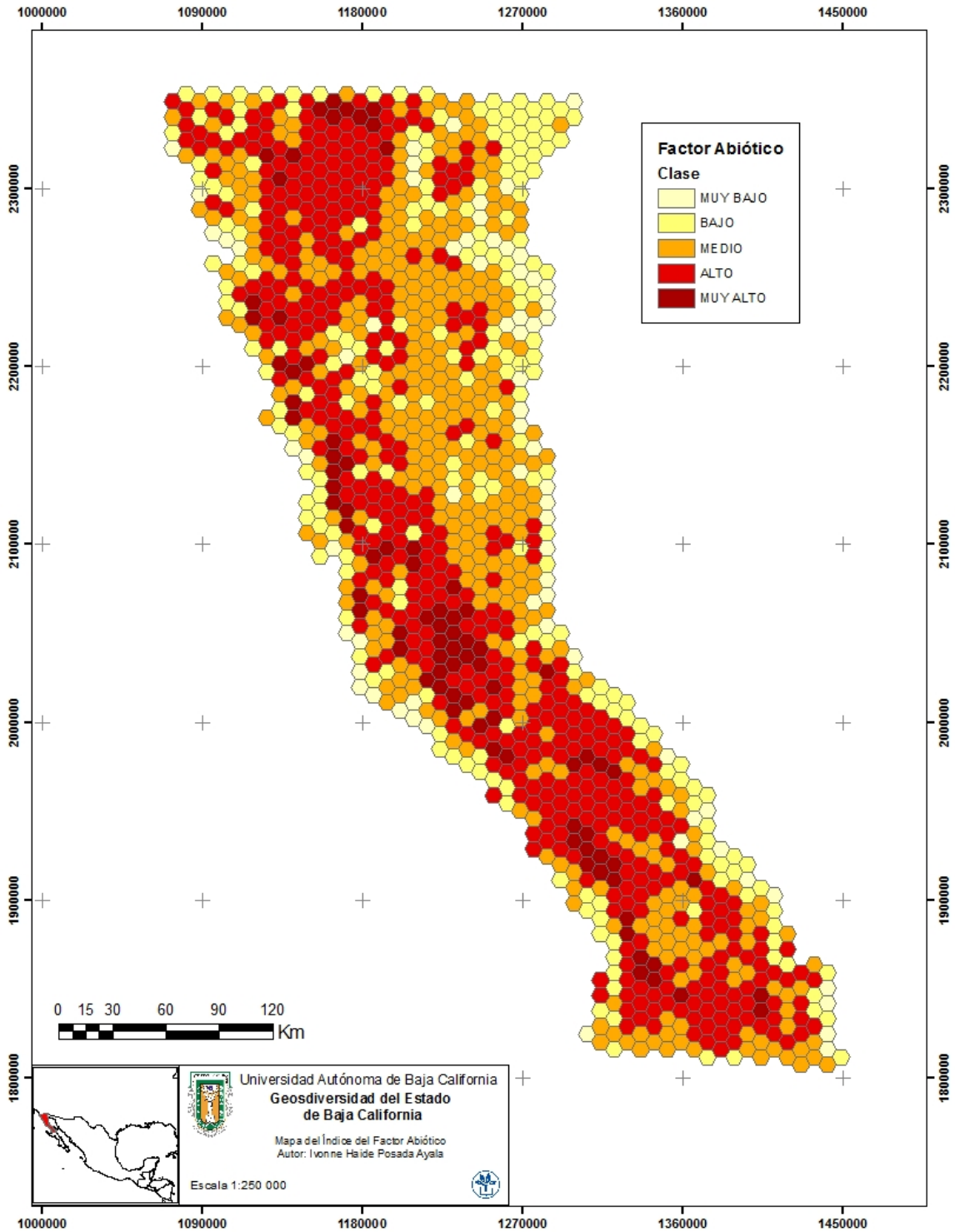


Figura 5 Distribución espacial del valor del factor abiótico del estado de Baja California

Índice del factor antrópico

La mayor parte de la vertiente del Golfo de California presenta valores de muy bajos y bajos (0 – 0.4). Los valores medios (0.4-0.6) y muy altos (0.8-1) se presentan del lado del Océano Pacífico (TABLA). El coeficiente de correlación arroja como resultado que el FAn tiene alta asociación con accesibilidad, por tanto, son los caminos elementos importantes dentro del índice de geodiversidad (Tabla VI). Gray (2011, 2012) los denomina sistemas geosistémicos (Figura 1).

Son la geodiversidad y el patrimonio geológico los que cuentan la historia de la Tierra, pero son la sociedad quien le da otro sentido a esa historia, con las leyendas locales que se van contando de generación en generación, los artefactos producidos con algún tipo de material derivado de los elementos geológicos y que perduran de generación en generación; lo que le da a la geología otro valor de importancia histórica, cultural y turística. Es así que varias de las localidades de Baja California tienen valores altos, lo que los hace ser elegibles para realizar actividades turísticas que incluyan a la geología dentro de sus actividades. Algunas de las localidades son: San Quintín, El Rosario, Calmallí y Ensenada (Figura 6).

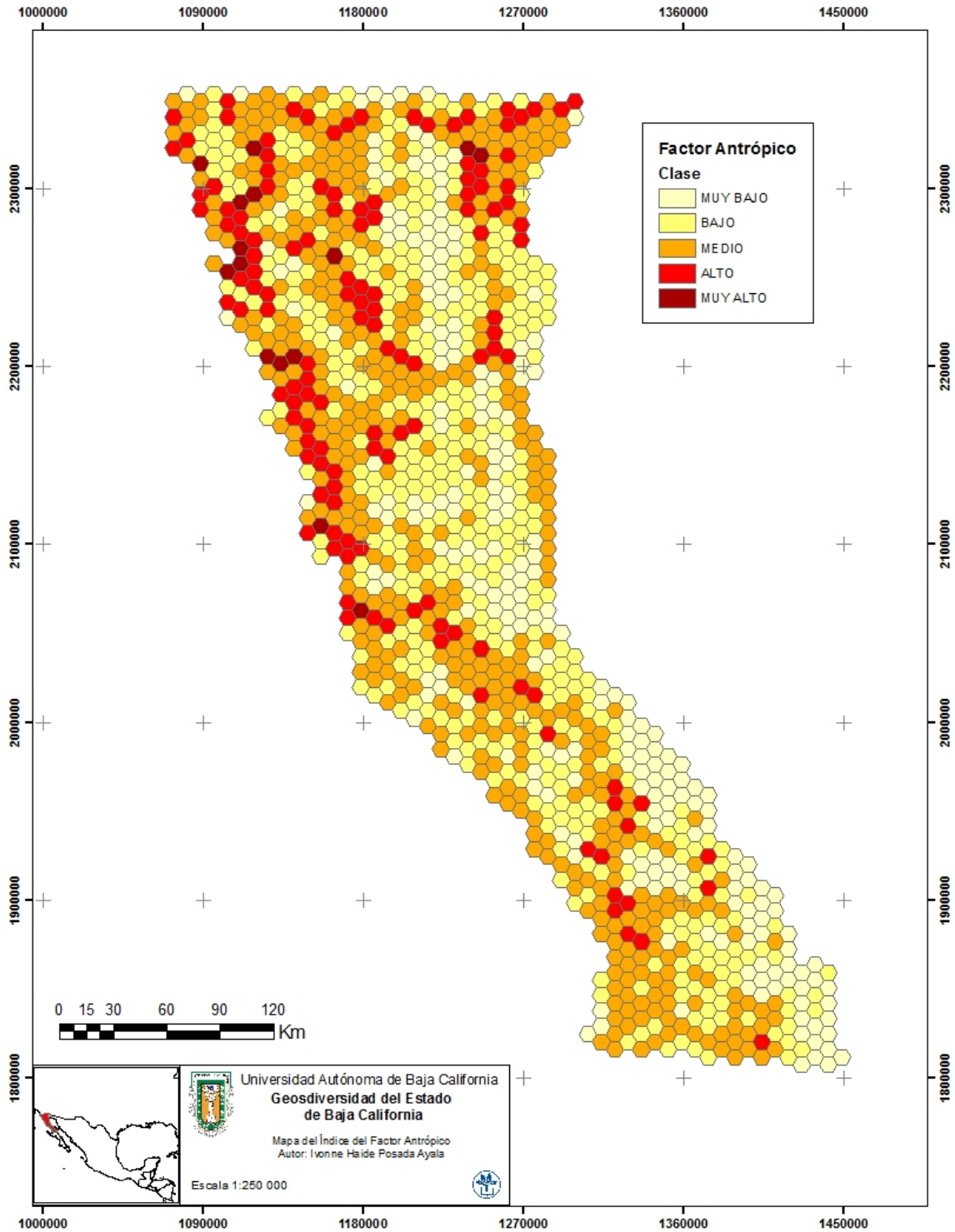


Figura 6 Distribución espacial del valor del factor antrópico del estado de Baja California

Índice de Geodiversidad

El Índice de Geodiversidad es el resultado de la suma de los índices parciales: abiótico y antrópico. Tomando en cuenta los valores obtenidos mínimos y máximos para este índice, se consideraron cinco clases: muy bajo (0-0.2), bajo (0.2-0.4), medio (0.4-0.6), alto (0.6-0.8) y muy alto (0.8-1) La Figura 7 muestra la distribución espacial del índice de la geodiversidad del área de estudio. En ella, se puede observar que la región de las sierras peninsulares y la vertiente del Océano Pacífico presentan los valores más altos, mientras que la vertiente del Golfo de California presenta valores bajos y muy bajos. La mayor parte del territorio presenta valores de geodiversidad de bajos a medios (22 - 48%). Únicamente el 1.8% del territorio presenta una geodiversidad muy alta, la cual es dada por ambos factores (abiótico y antrópico) por igual. El coeficiente de correlación de Spearman (Tabla VI) mostró que: para la geodiversidad existe una correlación muy alta con FAB, Fan y Ac, por lo que, se puede decir que ambos factores actúan como variables importantes para la geodiversidad. Se puede considerar a los factores abióticos y antrópicos con una alta relación con la geodiversidad, sin embargo, mostraron que entre ellos no existe una correlación.

Factor biótico

Debido a que no contamos con la información suficiente sobre flora y fauna del estado de Baja California, se intentó hacer una descripción de la distribución y número de especies endémicas con la de la geodiversidad. Para la fauna se utilizó la distribución de reptiles endémicos proporcionada por (Grismer, 2002) y las especies endémicas de las provincias fitogeográficas propuestas por (Manuel Peinado, Bartolome, Delgadillo, & Aguado, 1994).

La distribución de la diversidad de especies de reptiles endémicos de Baja California se muestra en la Figura 12, en ella se puede observar que la mayor cantidad de especies se distribuye en la parte sur del estado, sobre todo en sierras. En la parte norte, la costa del lado del Golfo de California cuanta con una distribución muy baja. Me atrevería a afirmar, de acuerdo a la Figura 12 que entre más compleja sea la geomorfología mayor diversidad de especies de reptiles.

Con respecto a la flora; para la división fitogeográfica de la península de Baja California se utilizaron los criterios: bioclimáticos, florísticos, fitosociológicos y fisiográficos; quedando cuatro provincias dentro del estado de Baja California (Figura 8): Californiana-Meridional, Martireense, Colorada y Bajocaliforniana. La provincia californiana-meridional es compartida, en gran parte, con territorio de Estados Unidos, sólo una pequeña extensión se encuentra en Baja California a través del área de Tecate hasta la falla de Las Palmas y la Rumorosa. La provincia Martireense se divide en los sectores: Martireense y Juarezense, esta provincia ocupa alrededor de 24,000 km² en el noroeste de la península de Baja California, la mayor parte del territorio se incluyen en la provincia Martireense. La provincia Bajocaliforniana se encuentra dentro de la región Xeroftico-

Mexicana, al mismo tiempo se divide en los sectores: Vizcaíno, Angelino-Loretano y Magdalenense. Sin embargo, sólo los dos primeros se encuentran compartidos por los estados de Baja California y Baja California Sur. En esta provincia se incluyen todos los territorios desérticos de la península, excepción del desierto de San Felipe, que pertenece a la provincia Colorada. Dentro de la provincia Colorada corresponde la denominada subdivisión "Lower Colorado Valley" (Shreve y Wiggins, 1964), se trata de la zona florística más pobre de toda la región Xerofítico-Mexicana (Peinado et al., 1994). Visualmente, se pueda observar en la Figura 8 que las provincias del lado del Pacífico se encuentran valores medios y altos de geodiversidad.

Peinado et al., (1994) mencionan que la provincia californiana es una zona florísticamente pobre, dentro de la revisión que hicimos sobre especies endémicas en bases de datos de herbarios y la bibliografía, encontramos que esta provincia cuenta con 12 endemismos (TABLA) y como se puede observar en la Figura 8 la geodiversidad dentro del polígono tiene la mayoría de los valores bajos y medios, sería interesante contar con la información suficiente para realizar una comparación más real y poder comprobar estadísticamente la correlación de estos factores. La provincia con mayor número de endemismos fue la Martirensis con 118 especies, repartidos entre el sector Martirensis (45 especies) y Juarezense (64 endemismo). No se incluyeron datos de los sectores Vizcaíno y Angelino-Loretano de la provincia Bajocaliforniana debido a que no se conoce aun cuales son las especies endémicas que pertenecen solo al estado de Baja California.

La Figura 9 muestra los rangos de valores del IGb, FAb y Fan de 15 LIGs identificados mediante bibliográfica y corroborados en campo (Apéndice 3.2). Los resultados de la comparación arrojan que, el área de Calmallí presenta valores altos a muy altos, Punta Prieta y Nuevo Rosarito con valores de medios a muy altos, y por últimos El Rosario y San Quintín con rangos de bajos a muy altos. Cabe destacar que, tanto El Rosario como San Quintín presentan rangos de valores en los factores abióticos y antrópicos. Sin embargo, se necesitaría un análisis mas detallado en cada una de estas localidades para medir el valor real de geodiversidad de cada una de las localidades, por el tamaño de la escala solo se puede dar una aproximación en rangos de los valores de las localidades.

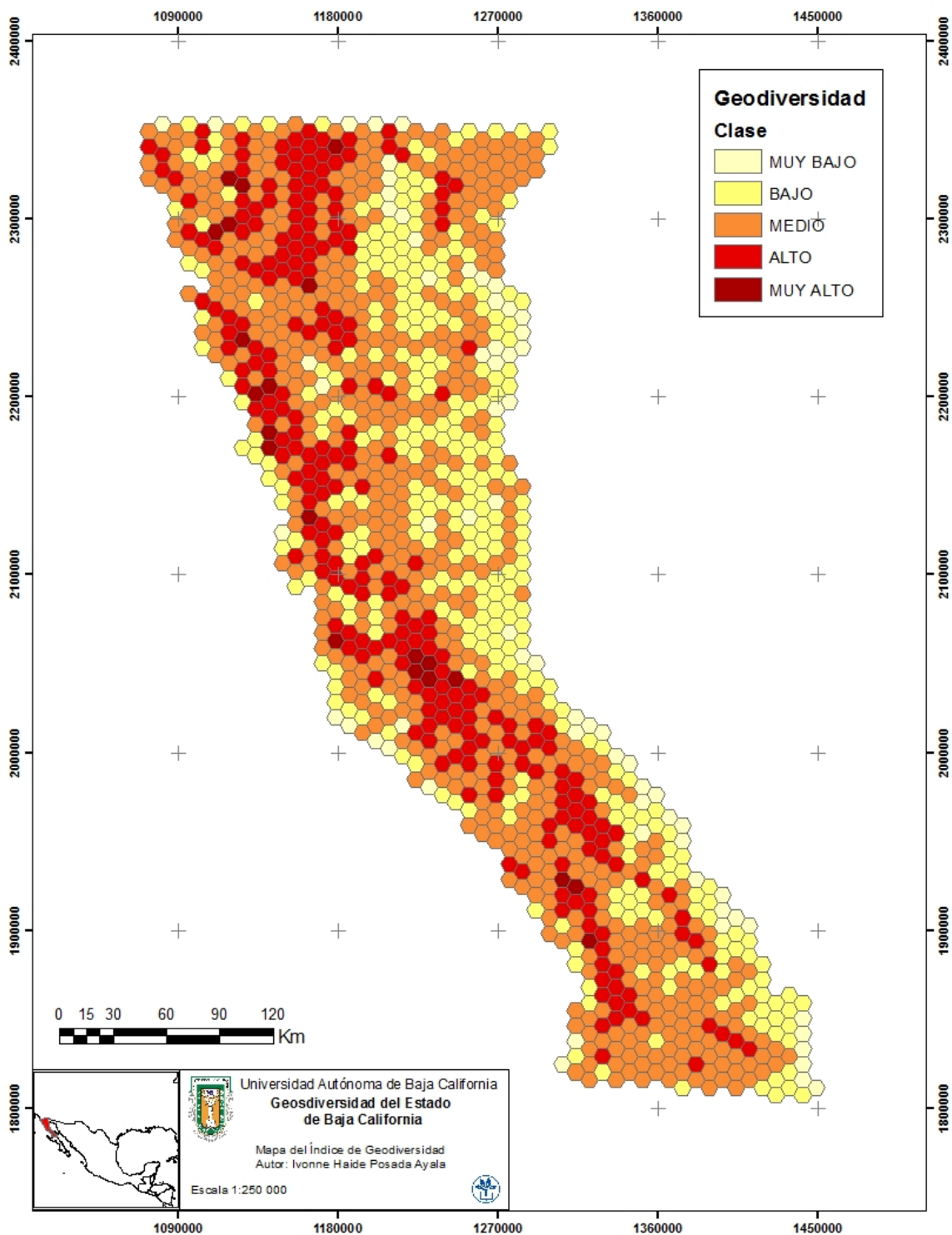


Figura 7 distribución espacial del valor de la geodiversidad del estado de Baja California

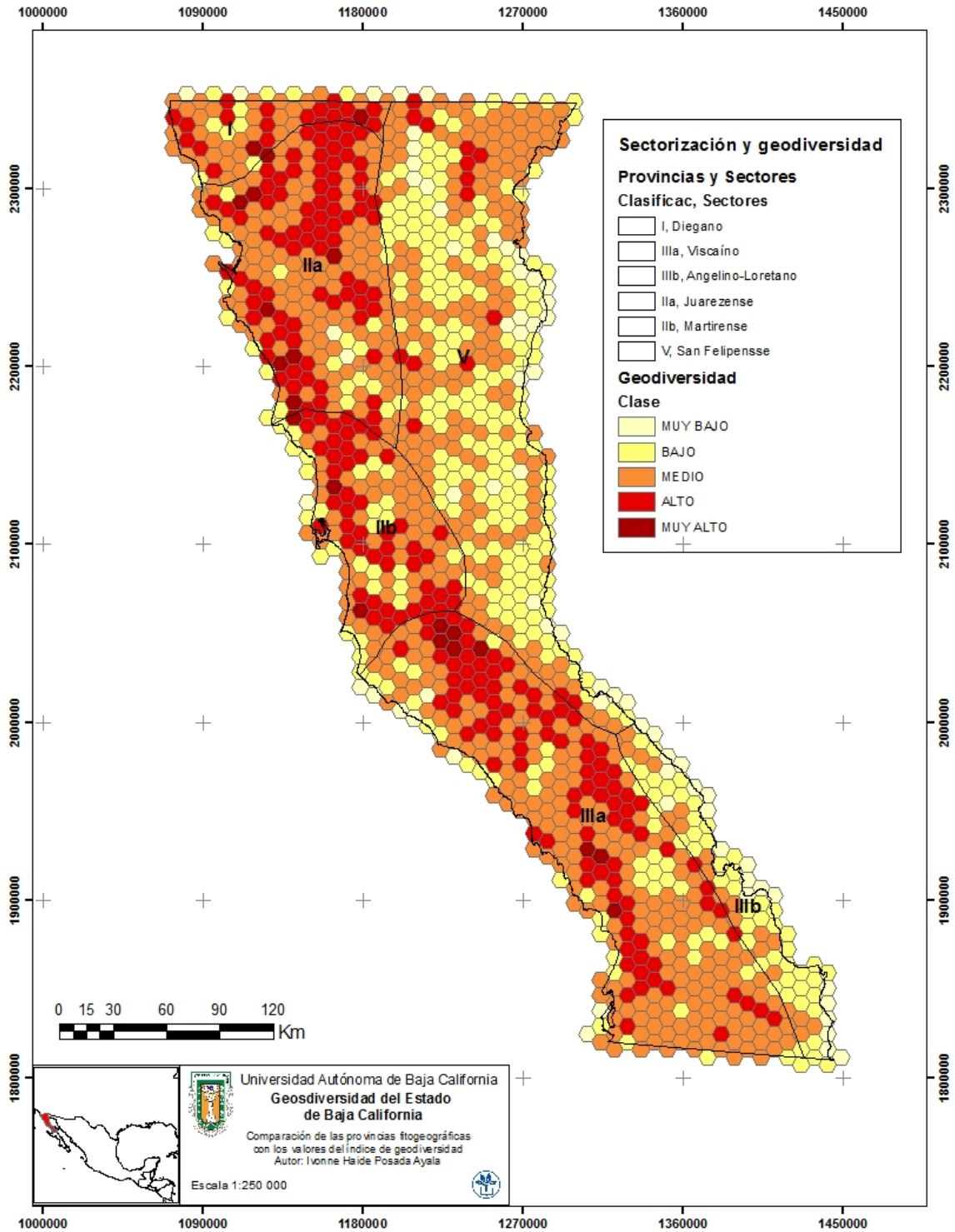
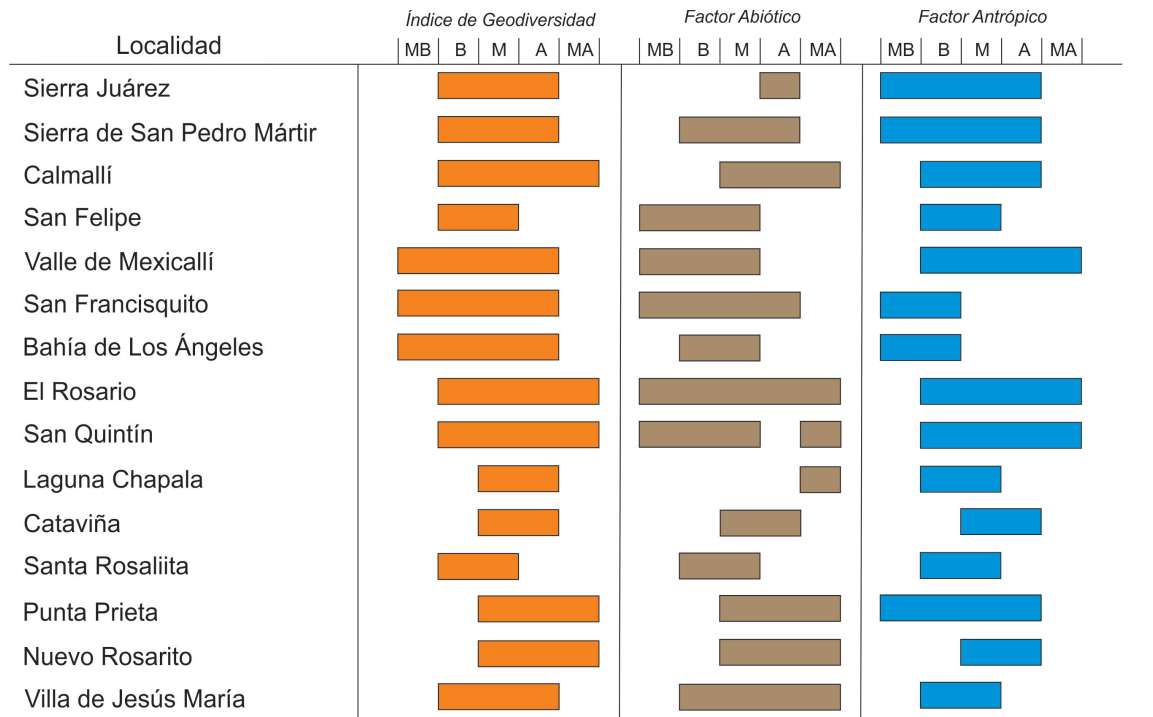


Figura 8 Provincias florísticas (Peinado et al., 1994) comparadas con los valores de geodiversidad.

Tabla VI Coeficiente de correlación de las variables del modelo (donde: ID=hexágonos de la malla; Gd=geodiversidad; FAb=Factor abiótico; FAn=Factor antrópico; G=geológico; Ed=edafológico; Pa=paleontológico; Mi=mineralógico; Gm=geomorfológico; Re=relieve; Hd=hidrográfico; AH=asentamientos humanos; Ac=tipos de accesos; AE=actividades económicas; CyT=cultura y turismo; Aq=arqueología; ENaS=espacios naturales singulares; Gs=geosímbolos; AvA=avistamiento de aves; Hs=Historia; Tu=turismo)

| | ID | Gd | FAb | FAn | G | Ed | Pa | Mi | Gm | Re | Hd | AH | Ac | AE | CyT | Aq | ENaS | Gs | AvA | Hs | Tu |
|------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| ID | 1.00 | 0.02 | -0.13 | 0.19 | -0.22 | 0.05 | 0.03 | -0.22 | -0.04 | -0.02 | -0.08 | -0.39 | 0.22 | 0.22 | 0.17 | -0.07 | 0.00 | 0.03 | 0.10 | -0.04 | 0.00 |
| Gd | 0.02 | 1.00 | 0.63 | 0.66 | 0.33 | 0.25 | 0.09 | 0.49 | -0.35 | -0.13 | -0.27 | -0.11 | 0.61 | 0.27 | 0.21 | 0.06 | 0.02 | 0.08 | 0.09 | 0.26 | 0.14 |
| FAb | -0.13 | 0.63 | 1.00 | 0.07 | 0.54 | 0.36 | 0.06 | 0.55 | -0.58 | -0.06 | -0.47 | 0.03 | 0.08 | 0.05 | -0.04 | 0.05 | -0.08 | -0.01 | -0.12 | 0.16 | -0.03 |
| FAn | 0.19 | 0.66 | 0.07 | 1.00 | -0.01 | 0.04 | 0.06 | 0.17 | 0.05 | -0.19 | 0.07 | -0.21 | 0.85 | 0.36 | 0.31 | 0.04 | 0.05 | 0.12 | 0.24 | 0.21 | 0.20 |
| G | -0.22 | 0.33 | 0.54 | -0.01 | 1.00 | 0.20 | 0.02 | 0.30 | -0.07 | 0.07 | -0.10 | 0.08 | -0.02 | 0.04 | -0.08 | 0.08 | -0.12 | -0.02 | -0.05 | 0.06 | 0.00 |
| Ed | 0.05 | 0.25 | 0.36 | 0.04 | 0.20 | 1.00 | 0.04 | -0.03 | -0.06 | -0.07 | -0.08 | 0.00 | 0.05 | 0.08 | -0.01 | 0.05 | -0.03 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | -0.01 |
| Pa | 0.03 | 0.09 | 0.06 | 0.06 | 0.02 | 0.04 | 1.00 | -0.06 | 0.08 | -0.02 | 0.09 | -0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | -0.02 | 0.02 | 0.09 | 0.00 | 0.13 |
| Mi | -0.22 | 0.05 | 0.55 | 0.17 | 0.30 | -0.03 | -0.06 | 1.00 | -0.03 | 0.05 | -0.04 | -0.01 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.01 | -0.09 | -0.09 | -0.03 | 0.25 | -0.01 |
| Gm | -0.04 | -0.35 | -0.58 | 0.05 | -0.07 | -0.06 | 0.08 | -0.03 | 1.00 | 0.10 | 0.78 | -0.03 | 0.03 | 0.12 | 0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | 0.21 | -0.07 | 0.06 |
| Re | -0.02 | -0.13 | -0.06 | -0.19 | 0.07 | -0.07 | -0.02 | -0.05 | 0.10 | 1.00 | -0.09 | 0.04 | -0.20 | 0.00 | -0.01 | -0.04 | 0.07 | -0.03 | -0.01 | -0.04 | -0.01 |
| Hd | -0.08 | -0.27 | -0.47 | 0.07 | -0.10 | -0.08 | 0.09 | -0.04 | 0.78 | -0.09 | 1.00 | -0.07 | 0.07 | 0.12 | -0.02 | -0.06 | -0.09 | -0.04 | 0.21 | -0.08 | 0.07 |
| AH | -0.39 | -0.11 | 0.03 | -0.21 | 0.08 | 0.00 | -0.01 | -0.01 | -0.03 | 0.04 | -0.07 | 1.00 | -0.45 | -0.28 | -0.10 | 0.01 | -0.02 | 0.04 | -0.09 | 0.03 | -0.12 |
| Acc | 0.22 | 0.61 | 0.08 | 0.85 | -0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.15 | 0.03 | -0.20 | 0.07 | -0.45 | 1.00 | 0.30 | 0.06 | -0.01 | -0.10 | 0.00 | 0.17 | 0.08 | 0.11 |
| AE | 0.22 | 0.27 | 0.05 | 0.36 | 0.04 | 0.08 | 0.00 | 0.15 | 0.12 | 0.00 | 0.12 | -0.28 | 0.30 | 1.00 | 0.01 | 0.01 | -0.06 | -0.04 | 0.09 | 0.00 | 0.10 |
| CyT | 0.17 | 0.21 | -0.04 | 0.31 | -0.08 | -0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.03 | -0.01 | -0.02 | -0.10 | 0.06 | 0.01 | 1.00 | 0.14 | 0.51 | 0.34 | 0.30 | 0.435 | 0.31 |
| Aq | -0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | -0.02 | -0.04 | -0.06 | 0.01 | -0.01 | 0.01 | 0.14 | 1.00 | -0.02 | 0.04 | -0.02 | -0.02 | 0.00 |
| ENaS | 0.12 | 0.02 | -0.08 | 0.05 | -0.12 | -0.03 | -0.02 | -0.09 | -0.02 | 0.07 | -0.09 | -0.02 | -0.10 | -0.06 | 0.51 | -0.02 | 1.00 | 0.02 | 0.05 | -0.01 | 0.02 |
| Gs | 0.03 | 0.08 | -0.01 | 0.12 | -0.01 | 0.05 | 0.02 | -0.09 | -0.01 | -0.03 | -0.04 | 0.04 | 0.00 | -0.04 | 0.34 | 0.04 | 0.02 | 1.00 | 0.08 | -0.04 | 0.07 |
| AvA | 0.10 | 0.09 | -0.12 | 0.24 | -0.05 | 0.00 | 0.09 | -0.03 | 0.21 | -0.01 | 0.21 | -0.09 | 0.17 | 0.09 | 0.30 | -0.02 | 0.05 | 0.08 | 1.00 | 0.05 | 0.17 |
| Hs | -0.04 | 0.26 | 0.16 | 0.21 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | -0.07 | -0.04 | -0.08 | 0.03 | 0.08 | 0.00 | 0.43 | -0.02 | -0.01 | -0.04 | 0.05 | 1.00 | 0.01 |
| Tu | 0.00 | 0.14 | -0.03 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | -0.01 | 0.06 | -0.01 | 0.07 | -0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.31 | 0.00 | -0.02 | 0.07 | 0.17 | 0.01 | 1.00 |

Figura 9 Rangos de valores del índice de geodiversidad, factor abiótico y factor antrópico de 15 LIGs identificados en bibliografía y campo (Donde: MB=muy bajo, B=bajo, M=medio, A= alto, MA= muy alto, IGb=índice de geodiversidad, FAb=factor abiótico, Fan=factor antrópico)



Calmallí es distinguido como un importante distrito minero que tuvo su apogeo en el siglo XIX, en toda el área existen ruinas y vestigios mineros de gran atractivo para el geoturismo. Este distrito es rico en recursos naturales y culturales, entre los que se pueden distinguir son: paisajes de roca volcánica con minerales de cobre, vegetación desértica, cañones con palmeras, áreas extensas con cardones, pinturas rupestres, la Misión de Santa Gertrudis, etc. Esto y más son lo que le dan los valores altos de geodiversidad.

Punta Prieta es un valle ubicado en la confluencia de dos sierras, existen afloramientos de rocas graníticas y volcánicas, tinajas en granito con agua permanentes, pinturas rupestres y senderos prehistóricos en las cercanías, minas abandonadas, se encuentra dentro del desierto central y ANP valle de los cirios.

Santa Rosaliita hay una extensa playa arenosa con puntas rocosas, dunas costeras, concheros arqueológicos

San Quintín tiene un campo volcánico costero único, el cual conforma y dio origen a la laguna costera durante el Pleistoceno, además de ser área de refugio de aves acuáticas durante el

invierno, posee importantes depósitos de moluscos y mamíferos del Pleistoceno, dunas, y abundan depósitos arqueológicos diseminados en toda el área (CITA). En el área de El Rosario, donde además de la fauna marina se han hecho importantes hallazgos de dinosaurios y otros reptiles de Cretácico, además de mamíferos primitivos y abundante madera petrificada (Morris, 1967; 1971). En el aspecto cultural, un atractivo del área son las ruinas misionales del siglo XVII edificadas con adobe, y que actualmente solo quedan algunos restos del edificio.

Fregoso-Servón et al. (2015) mencionan que los índices con información muy detallada puede definir a la geodiversidad. Los resultados obtenidos en este estudio nos permiten asegurar que los estudios con información detallada puede proveer información importante. Esto, debido a que la diversidad natural abraza tanto aquellos aspectos de orden biótico como aquellos de carácter abiótico, sumándole a estas dos esferas la concerniente al ser humano y sus actividades (Serrano Giné, 2014).

Varios autores (Melelli, 2014; Nastase, Cuculici, Muratoreanu, Grigorescu, & Dragota, 2012; C. A. Pereira, Fragoso, & Prezas, 2014; D. Pereira, Pereira, Brilha, & Santos, 2013; D. Pereira et al., 2012; Silva, Pereira, Aguiar, & Rodrigues, 2013; Silva, Rodrigues, & Pereira, 2014) han modelado con SIG para valorar la geodiversidad de áreas pequeñas, aunque ninguno de esos estudios han utilizado información de tipo antrópico como complemento de sus modelos, ya que solo se enfocan en la información abiótica. Sin embargo, es importante que este tipo de información se incluya, ya que en conjunto con la información del medio biótico, el índice de geodiversidad puede ser considerado como una herramienta para el manejo de los recursos naturales, la conservación de la naturaleza, o estrategias para el turismo de naturaleza.

Existen algunos trabajos que evalúen la geodiversidad de forma cualitativa como Gray (2004), ... , sin embargo, son necesarias las evaluaciones cuantitativas para asegurar el avance del conocimiento en la identificación de la geodiversidad para el desarrollo del patrimonio natural.

CONCLUSIONES

La geodiversidad puede ser representada por mapas de isolíneas o polígonos, esto permite una mejor interpretación y ser utilizados como instrumento para el desarrollo económico y la gestión de la conservación.

En este trabajo se describe un método de análisis con un SIG, donde se utilizan distintas herramientas de análisis espacial, con el fin de obtener un conjunto de datos digitales que sobrepuesta un grid sobre el área prueba en cinco clases de geodiversidad (muy bajo-bajo-medio-alto-muy alto). Este índice puede ser adaptado a diferentes áreas de estudio, siempre y cuando se cuente con la información necesaria.

Las zonas con mayor valor de geodiversidad se encuentran en las sierras y la parte oeste del estado (pendiente del pacífico). La parte este presenta valores bajos, sin embargo esto no quiere decir que no sea rico en diversidad abiótica, son muchos los factores que intervienen en este índice, uno de ellos es la escala. Dado la magnitud del área de estudio no permite ver en mejor detalle la geodiversidad de la zona.

Para el análisis y relación del factor biótico no fue fácil realizarla y combinarla con los otros factores, No tanto por la falta de información en la diversidad biológica, sino en la ausencia de índices numéricos bióticos que permita un análisis con otros índices numéricos como por ejemplo el índice social.

Los resultados de este trabajo pueden ser utilizados por autoridades de las ANP como herramienta importante para el establecimiento de zonas con distinta capacidad de afloramiento o la presión natural o humana.

Capítulo 3. Propuesta de plan de gestión para la conservación del área de El Rosario, Baja California

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las primeras leyes dedicadas a la conservación del patrimonio natural, contienen un fuerte componente biótico, dedicado a la preservación forestal y de la biodiversidad, a pesar de que están inexorablemente vinculados con el componente abiótico (Sánchez et al., 2013). La preservación y uso sustentable de los recursos naturales se ha convertido en importantes actividades en las agendas políticas de nuestro país (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 1995, 1996a, 1996b) y el resto del mundo (PRONATURA, 1998).

En una situación ideal de utilización sustentable, la biodiversidad, geodiversidad y demás elementos del patrimonio natural y cultural no debieran alterarse. Las diferencias de una situación real y una situación ideal se evidencian en forma de problemas y conflictos, visualizados por los diferentes actores que intervienen en un ecosistema desde puntos de vista que corresponden a sus intereses particulares (Enriquez et al., 1998).

La geodiversidad, como un bien común, forma parte indiscutible de la riqueza natural de un territorio ya que constituye el asiento de la biodiversidad y condiciona el desarrollo de los elementos bióticos que hasta ahora han sido el principal objetivo de la gestión y su desaparición conlleva la pérdida de una parte de la memoria del planeta. Por tanto su conservación es absolutamente imprescindible. Además de que el patrimonio geológico constituye un recurso educativo y divulgativo, fundamental para dar a conocer la formación y evolución de los paisajes tan característicos que un determinado territorio ofrece y muy relacionado a su vez con los elementos culturales. Es por tanto, un activo de gran potencial a la hora de definir las estrategias de desarrollo en las zonas rurales, especialmente las relacionadas con el sector turístico (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, 2014).

Existe un muy estrecha relación entre geodiversidad y patrimonio geológico (Carcavilla, 2006), ya que ambos constituyen la Memoria de la Tierra (Mongue et al., 2010), a pesar de que no son lo mismo y su estudio es independiente, su análisis combinado proporciona importante información que puede construir una herramienta esencial para la planificación y ordenación de un territorio, sobre todo en relación con la geoconservación (Carcavilla, 2006). El estudio combinado de estos se basa en analizar la relación entre los LIG y sus clases. El estudio de la geodiversidad parte de la clasificación del territorio en función de su diversidad geológica. Eso significa que mediante su estudio se podrán definir que rasgos son los más representativos del área de estudio y cuáles son los menos frecuentes, lo que puede ayudar en el estudio de

patrimonio geológico (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, 2014).

Autores como Carreras and Druguet (1997) proponen que frente a un enfoque basado en crear espacios naturales de interés geológico, se plantee el enfoque de lugares, y se afronte la protección integral del espacio, atendiendo a factores bióticos, abióticos y culturales (Figura 10). Este tipo de diagrama permite situar las esencias de un espacio concreto y la relativa importancia de cada componente patrimonial (Carreras y Druguet, 2010)

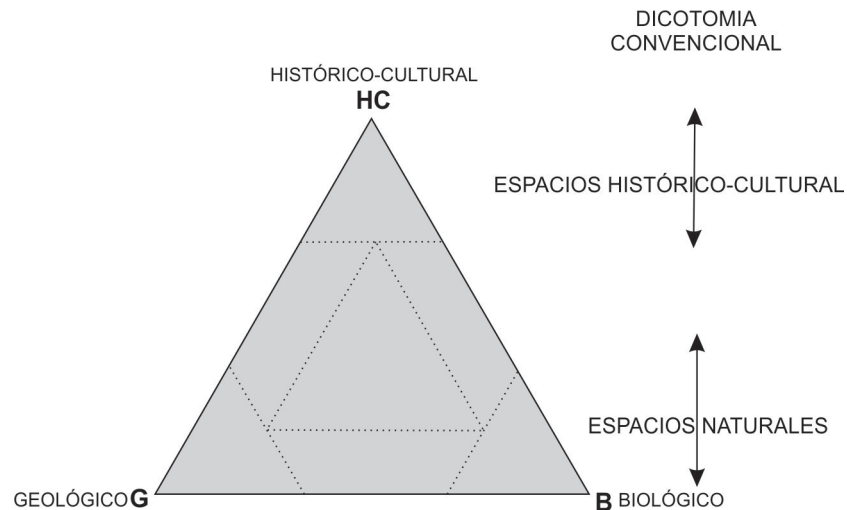


Figura 10 Proyección triangular que muestra la existencia de un espectro continuo de ámbitos en donde el patrimonio geológico puede ser ubicado (Carreras y Druguet, 2010)

Es por lo que se considera a la gestión de la geodiversidad y patrimonio geológico como compleja, porque no sólo atiende a aspectos naturales vistos desde una perspectiva científica sino también a aspectos legales, económicos, culturales, educativos y recreativos (Carcavilla Urquí, 2006). La planificación territorial debe basarse en la comprensión de los procesos bióticos y abióticos que operan en la naturaleza (Carcavilla Urquí, 2006). Por ello, los aspectos geológicos cobran un papel importante en la planificación territorial y ordenación del territorio, existiendo numerosos trabajos específicos dedicados a su desarrollo (p.e. Pedraza, 2000; Martín Duque, 2000; Cendrero, 1989). La Countryside Agency, English ature, English Heritage y la Environmental Agency en el año 1989/99 aplicaron de manera experimental un sistema de gestión del medio natural en el que se incluye el patrimonio geológico y la geodiversidad a 18 lugares británicos (Carcavilla, 2006; Countryside Agency, 2003). Otro ejemplo son los estudios de patrimonio geológico y geodiversidad incluidos en los Programas de Ordenamiento Nacionales (PORNs).

El Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco (2014) realizó la gestión de la geodiversidad y el patrimonio geológico del País Vasco, el plan se enfocó en las distintas vertientes que ofrece como recurso:

- Son parte indivisible de los ecosistemas y paisajes culturales de los procesos que en ellos se producen. Por tanto, su conocimiento es fundamental para planificar estrategias y actuaciones destinadas a su conservación.
- Constituyen un recurso científico y didáctico fundamental para interpretar el pasado de la Tierra y su evolución y facilitar el entendimiento de los procesos actuales.
- Son importantes activos para el desarrollo sostenible de las zonas rurales. Su consideración como elemento del patrimonio natural, de igual forma que la flora, la fauna o el paisaje, incrementa la capacidad de atracción de un territorio.
- Son parte fundamental de la cultura del ser humano ya que constituye el sustento de sus actividades en el territorio y ha condicionado sus asentamientos (presencia de manantiales y acuíferos, cuevas y abrigos naturales, disponibilidad de materiales de construcción y recursos minerales, etc.). Todo ello ha generado un legado de recursos que constituyen en sí una muestra de la cultura y la historia de un territorio.

En la actualidad, tanto la geodiversidad como el patrimonio geológico han adquirido entidad propia, suficiente como para necesitar una estrategia específica que garantice una adecuada gestión, planificación y conservación (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco et al., 2014). Afortunadamente ha crecido el interés de la sociedad por conservar y cuidar los elementos naturales, sobre todo los aquellos no renovables, como son los componentes geológicos, lo que conlleva a la creación de normas o leyes para la protección de los recursos geológico, en países como Australia, Gran Bretaña, Italia, España, entre otros.

La correcta gestión de este recurso debe realizarse con un enfoque global e integrador que aúne todas las políticas sectoriales, compatibilizando las diferentes competencias para garantizar su uso sostenible y garantice su protección y conservación. Es así que el principal objetivo de la conservación de elementos geológicos dentro de los LIG, es de transmitir el conocimiento y desarrollo de actividades turísticas de dichos elementos. Para posteriormente potenciar el desarrollo de actividades económicas, que aporten valor añadido al entorno de los elementos patrimoniales (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, 2014).

Los geoparques representan una herramienta eficaz para el manejo y la conservación de los recursos (Martini, 2009), funcionan como importantes fuentes de desarrollo local (Brilha, 2009), además son herramientas empleadas en el ordenamiento territorial para equilibrar la distribución entre el uso y el no uso, y guardar un valor intrínseco, dado por su proceso de formación, que puede ser empleado para explicar el concepto de la historia de la tierra (Brilha, 2009). Estos, a

través de procesos participativos, buscan la implementación de un modelo de autogestión del territorio, bajo una coordinación intersectorial e interinstitucional que permitan mejorar la comunicación entre actores y alcanzar objetivos a mediano plazo (Sánchez Cortez, 2013). También buscan reeditar la historia de la Tierra, no como elemento aislado, sino como un todo, en el cual a humanidad juega un papel privilegiado (Martini, 2009; Sánchez Cortez et al., 2013).

Marco normativo

- Marco legislativo a nivel Internacional

Desde el punto de vista normativo, tanto la geodiversidad como el patrimonio geológico carecen de una legislación propia que ampare y regule su conservación y protección de forma explícita. Algunas de las iniciativas a escala mundial son: Global Geosites y Global Geopark. Ambos proyectos se encuentran bajo el auspicio de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y del área de Ciencias Naturales de la UNESCO (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, 2014)

Gran Bretaña fue el país pionero en materia de protección y conservación del patrimonio geológico en el siglo XIX, estableció el marco normativo y legal a través del cual se protege mediante figuras de protección específicas los elementos de interés geológico y geomorfológico de su territorio. Actualmente, dispone de un ordenamiento jurídico en materia ambiental extenso, sin embargo, las competencias en materia de geodiversidad recaen tradicionalmente sobre el órgano ambiental (Natural Conservancy Council NCC), que opera a nivel nacional, y los Regionally Important Geological Sites (RIGS), a nivel comarcal. En Escocia, el reconocimiento queda recogido en la Ley de la Conservación de la Naturaleza (2004) y en la Ley de la Marina (2010). La primera contiene una figura de protección que considera entre sus valores a conservar los elementos de interés geológico y geomorfológico. Con respecto a la segunda, la selección de áreas marinas protegidas, contempla junto a la conservación de la flora y fauna marina, los elementos de interés geológico y geomorfológico. En Italia se cuenta con una larga trayectoria en aspectos relacionados con la protección de los recursos naturales, y más concretamente con los recursos geológicos (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, 2014).

Por otro lado, más recientemente España lanzó la iniciativa que incluye en su legislación la conservación de la geodiversidad dentro de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Definiendo a la geodiversidad como parte del patrimonio natural y estableciendo que su protección es obligación de las Administraciones públicas. En esta ley se contempla la creación de un inventario de LIGs representativo de, al menos, las unidades y contextos geológicos de relevancia mundial (DOCUMENTO DE BRUSCHI). Y así otros países se han

sumado esfuerzos a favor del patrimonio geológicos: Holanda, Alemania y Francia (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, 2014).

La conservación y protección del patrimonio geológico se consolida a través de la celebración del Primer Simposio Internacional sobre Patrimonio Geológico, celebrado en Digne, Francia, en 1981. Como resultado de esta reunión se obtuvo la “Declaración internacional sobre derechos de la Memoria de la Tierra” también conocida como “Declaración de Digne” (Anexo XX). Como resultado de este encuentro se creó la Asociación Europea de la Conservación del Patrimonio (ProGEO) que representa el organismo europeo propuesto para conservar y proteger el patrimonio geológico en Europa. Es a partir de aquí que han surgido numerosas iniciativas y programas geoconservacionistas como el programa Global Geoparks – European Geopark y el Proyecto Global Geosites.

- Marco legislativo en el ámbito Nacional

En México son pocos los esfuerzos por preservar los elementos geológicos. En si, no existe dentro de la legislación ninguna mención sobre geodiversidad ni patrimonio geológico. Dentro de la legislación mexicana, la política ambiental intenta frenar las tendencias históricas de deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales, contribuir a lograr un crecimiento económico significativo mediante procesos productivos más limpios, y desarrollar servicios que mejoren, en alguna medida, las condiciones de vida de los cerca de 26 millones de habitantes que padecen extrema pobreza, sobre todo en las zonas rurales (Ivanova e Ibáñez, 2012).

En la Constitución Política de los Estados Unidos se menciona la protección al ambiente (artículo 133), la conservación de los recursos naturales (artículo 27, párrafo 3º) y la preservación y control de la contaminación ambiental (artículo 73, fracción XVI). La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece que la regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y preservación de los recursos forestales, el suelo, las aguas nacionales, la biodiversidad, la flora, la fauna y los demás recursos naturales (artículo 5º fracción XI); la regulación de las actividades relacionadas con la explotación y beneficio de los minerales, sustancias y demás recursos del subsuelo que corresponden a la Federación, en lo relativo a los efectos que dichas actividades pueden generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente (artículo 5º fracción XIV) (Brañes, 2000).

Los planes de ordenamiento territorial (POT) constituyen una valiosa herramienta para la planeación y gestión del territorio, como medio para avanzar en la dirección de lograr un desarrollo sostenible desde una perspectiva integral (Sánchez Salazar, Casado Izquierdo, & Bocco Verdinelli, 2013). Instrumentos de ámbito cultural como la Ley Federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, artísticas e históricos, la cual menciona a los vestigios o restos fósiles, de

los cuales, su investigación, restauración, conservación, recuperación o utilización revistan interés paleontológico (artículo 28bis).

Otros instrumentos de políticas con incidencia en los recursos naturales son: el Desarrollo rural, Turismo, regulación minera, educación e investigación. La Ley de Desarrollo Rural define a los recursos naturales (artículo 3º fracción XXVI) como “todos aquellos bienes naturales renovables y no renovables susceptibles de aprovechamiento a través de los procesos productivos rurales y proveedores de servicios ambientales: tierras, bosques, recursos minerales, agua, comunidades vegetativas y animales y recursos genéticos”. La Ley Federal del Turismo tiene en cuenta que las actividades turísticas pueden generar impactos ambientales importantes (NOTAS DEL SEMINARIO), por lo que este reglamento regula las zonas de desarrollo turístico, la promoción turística, el Registro Nacional de Turismo que ayuda a promover a las empresas del ramo (Abbott, Steer, & McDonough, 1982; Ivanova & Ibáñez, 2012). Dentro de esta ley se mencionan algunos de los elementos de geodiversidad y patrimonio geológico como opción para el turismo: “la Secretaría colaborará con las dependencias y entidades que tengan a su cargo la administración y conservación de parques y bosques nacionales, playas, lagos, ríos, zonas arqueológicas, edificios, monumentos u objetos de valor histórico o cultural, museos y otros atractivos turísticos, a efecto de impulsar su aprovechamiento turístico” (Brañes, 2000).

La Ley Minera no establece reglas para la protección del ambiente respecto a los efectos de la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de las sustancias minerales, sin embargo, si establece algunas restricciones a las actividades mineras para efectos de la protección del ambiente (artículo 7º, fracción I): “el aprovechamiento racional y preservación de los recursos Minerales de la Nación” (Brañes, 2000).

Lo que respecta a la educación ambiental, Bellorio Clabot (1999) señala que esta es un objetivo importante para combatir la ignorancia acerca de los temas ambientales, proporcionar a las personas los conocimientos y habilidades para hacerles frente y cultivar el sentido de responsabilidad necesario para la aplicación correcta de esas habilidades y conocimientos, para un mejor cuidado de los intereses ambientales, del crecimiento con desarrollo sustentable y la realización plena del hombre y de los pueblos. Sin embargo, en México, la educación ambiental es muy pobre en todos los niveles, dentro de los programas educativos de las escuelas en cualquier nivel no está incluida de manera formal, con excepción de algunos diplomados y posgrados de carreras recientes. A nivel familiar y en los medios de comunicación masiva, no hay ninguna orientación seria ni permanente al respecto. Aunado a esto, nuestra propia apatía ante la educación ambiental, cierra la capacidad de conocimiento, concientización y acción (Montaño Salas et al., 2012).

El diseño del plan parte de la definición de unos objetivos generales que servirán de marco conceptual, y que buscarán la integración con otros planes, estrategias o iniciativas de conservación de la naturaleza, de patrimonio artístico, de ordenación del territorio o de ayuda al desarrollo (Carcavilla, 2006). El objetivo principal de este apartado es el de proponer una estrategia de aprovechamiento sustentable priorizando como base al geoturismo.

Metodología

Área de estudio

El Rosario se localiza en el Municipio de Ensenada, a 35 Km al sur de Bahía San Quintín. Colinda al Norte con El Consuelo y al Sur con San Carlos, mientras que al Este se extiende 70 Km hacia adentro (Figura 11; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Clima

El clima local presenta una temperatura promedio anual de 16.7 °C, mientras que en la parte inferior de los valles llega a alcanzar los 37 °C. La temporada de lluvias presenta en régimen invernal, con su promedio de precipitación anual de 272.15 mm (Enríquez Hernández, 1997).

Geología y geomorfología

El área del Rosario se encuentra sobre un terreno montañoso costero, cuyo relieve y topografía se caracterizan por la extrema variación de las múltiples masas, cordilleras y picos que están separados por una compleja red de cañones y valles (Enríquez Hernández, 1997; Kilmer, 1963). El paisaje es dominado por extensas cordilleras y cerros cuya altura oscila entre la cota de los 200 y 500 m, constituidos por conglomerados bien consolidados de edad Plioceno que se distribuyen hacia el noreste, sureste y sur del Rosario (Kilmer, 1963).

El tipo de suelos es, de acuerdo a la clasificación FAO-UNESCO (Tabla X) fluvisol, regosol, planosol, luvisol y xerosol. La textura varía de arenosa, limosa-arcillosa, con grado variable de gravosidad, siendo lítica (Munguía Bastidas, 1991).

La hidrología de la zona está formada por arroyos intermitentes, con caudal en época de lluvias y secos en verano (Munguía Bastidas, 1991).

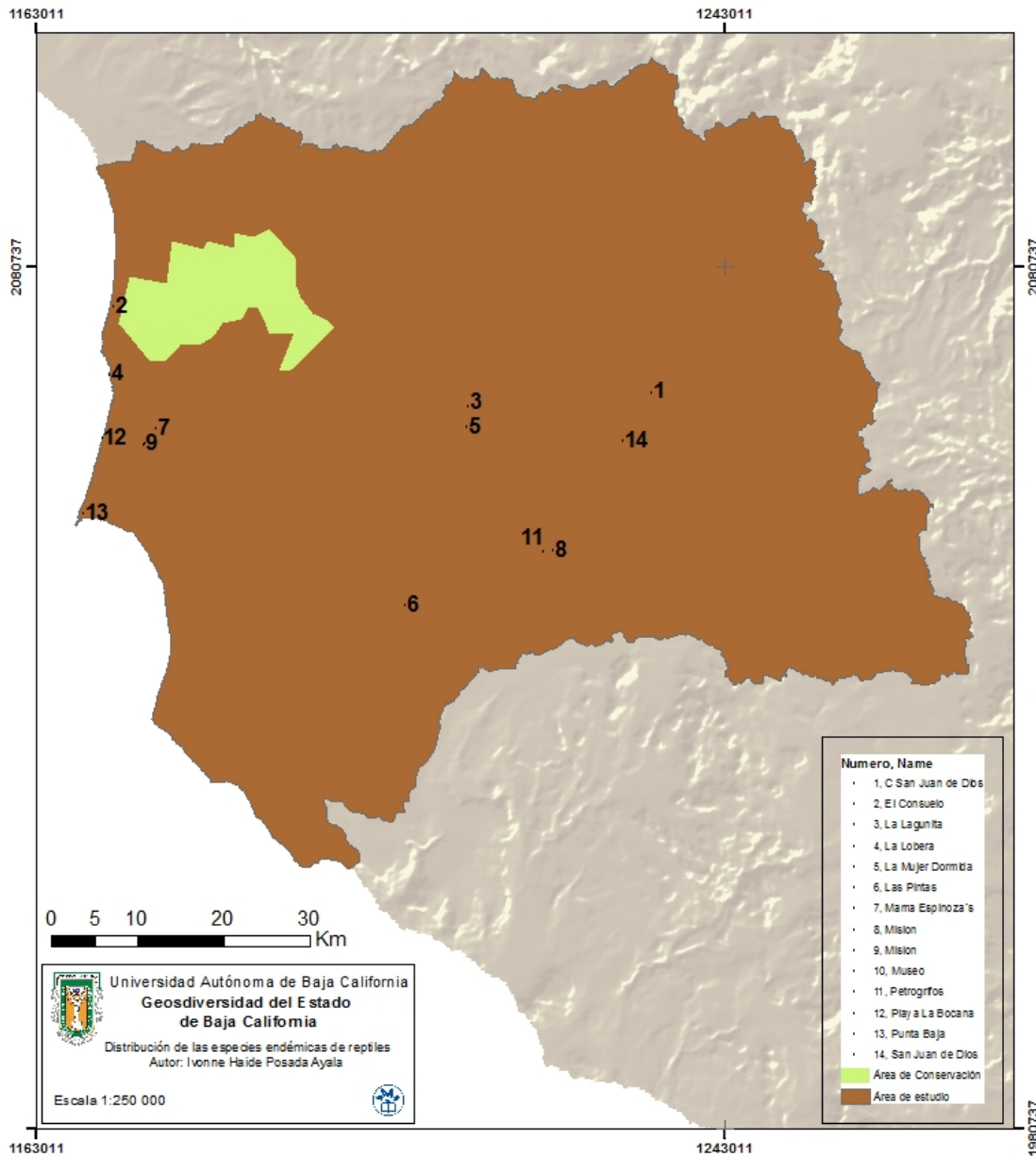


Figura 11 Ubicación geográfica de El Rosario, Baja California

Vegetación y fauna terrestre

La flora de la península de Baja California se distingue por su riqueza en endemismo (Enríquez Hernández, 1997; Peinado Lorca et al., 1994; 1995). El área entre Ensenada y el Rosario es conocida como una zona de transición o ecotono, entre las regiones ecoclimáticas mediterránea y desértico tropical, las causas presentan su límite meridional alrededor del paralelo 30, unos kilómetros al sur del Arroyo el Rosario (Peinado Lorca et al., 1994). La flora presente consiste de

una mezcla de especies desérticas como cactáceas y otras de tipo suculento (Enríquez Hernández, 1997; Delgadillo, 1998).

La fauna terrestre se conforma por un menor número de endemismos, en comparación a la flora, de estos destacan algunas arañas y reptiles que son peculiares de la península de Baja California (Minch y Leslie, 1991).

Revisión bibliográfica

Se realizó una recopilación de información sobre las legislaciones existentes a nivel mundial como nivel nacional, con la finalidad de localizar aquellas en las que se incluyan tanto la geodiversidad como el patrimonio geológico. Carcavilla (2006) menciona que la gestión integral del patrimonio geológico y de la geodiversidad debe abordar asuntos que abarcan desde una adecuada caracterización de los elementos que los componen hasta desarrollar al máximo los mecanismos existentes para potenciar el reconocimiento y entendimiento de los mismos por parte de la población, incluyendo las iniciativas locales y de voluntariado, de ámbitos diversos (local, nacional e internacional). Se partió del esquema que propuso Carcavilla, el cual refleja los aspectos que debe abordar un plan de gestión del patrimonio geológico y la geodiversidad (Tabla VII).

Tabla VII Aspectos básicos a considerar en un plan de gestión integral del patrimonio geológico y de la geodiversidad (Carcavilla, 2006)

| | | |
|--|---|--|
| INTRODUCCIÓN Y MARCO GENERAL | Marco conceptual y definiciones | Establece las bases del plan e introduce las definiciones de conceptos como patrimonio geológico y geodiversidad, junto con otros como geoconservación, patrimonio mueble, georrecurso, etc. Al final del plan puede, además, incluirse un glosario o anexos que faciliten la comprensión de los términos utilizados |
| | Objetivos del plan | <p>Aunque el plan puede diseñarse con varios objetivos, en todos los casos se incluirán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • caracterizar el patrimonio geológico y la geodiversidad de una región mediante un marco geológico previo y la identificación, descripción y valoración de los elementos que componen el patrimonio geológico y definen la geodiversidad del área, • establecer unas bases para la geoconservación, tanto en el aspecto práctico como en relación con los procedimientos legales y administrativos • analizar y desarrollar las posibilidades del patrimonio geológico y de la geodiversidad como recurso, ya sea como motor de desarrollo económico y social, como rasgo identificativo y particular de una comunidad, o como apoyo a otras políticas y estrategias sectoriales • sentar las bases para el desarrollo divulgativo e interpretativo del patrimonio geológico y de la geodiversidad. Se refiere tanto al gran público mediante el establecimiento de iniciativas sobre todo tipo interpretativo, pero también a la integración en planes y programas internacionales de difusión del patrimonio mundial <p>Las acciones diseñadas para conseguir estos objetivos son las que configurarán los siguientes epígrafes del plan.</p> |
| GEOLOGÍA, GEODIVERSIDAD Y PATRIMONIO GEOLÓGICO | Caracterización geológica de la zona de estudio | El inventario del patrimonio geológico de una región y el análisis de su geodiversidad deben partir del adecuado conocimiento del medio geológico. Por ello, en el plan de gestión es fundamental la caracterización geológica de la zona considerada y su subdivisión en unidades. En muchos casos ocurrirá que la zona presenta un buen grado de conocimiento geológico, pero falta una síntesis que resuma las características fundamentales y las analice con homogeneidad. En esos casos será necesario realizarla |
| | Estudio del patrimonio geológico y de | Es importante que los puntos seleccionados posean una valoración que permita la |

| | | |
|-----------|---|---|
| | la geodiversidad | comparación y definición del tipo y relevancia de su interés, así como una buena definición de por qué es relevante. De cara a la gestión los LIGs y elementos de la geodiversidad deben estar cartografiados y delimitados con criterios claros y objetivos. Debería reflejarse de manera esquemática (tablas, figuras y datos estadísticos) la tipología de los LIGs, su tipo de interés relevancia, localización y extensión. Lo mismo en relación con las unidades de geodiversidad. |
| GESTIÓN | Aspectos básicos | Identificación de: los organismos poseen competencias en materia de gestión del patrimonio geológico y cuáles son sus objetivos; los órganos gestores y de la cultura, turismo, ordenación del territorio y agricultura; marco legal de referencia que ampara su conservación Análisis de las ventajas e inconvenientes de una gestión pública o privada |
| | Plan de conservación | Análisis de la situación de partida y de la situación a la que se pretende llegar en relación con la conservación. Interferencia de la geoconservación con planes de desarrollo sectoriales. Análisis de viabilidad de actividades asentadas en el territorio o futuras actividades. Definición de las amenazas y de la vulnerabilidad |
| | Metodología | Definición de unidades y mecanismo de gestión. Directrices básicas de gestión, propuestas de futuro. Establecimiento de sistemas de gestión en los que, cuando sea posible, tenga cabida la participación pública, el asociacionismo y el voluntariado. Desarrollo legislativo necesario para la gestión (incluyendo la protección) |
| | Desarrollo como recurso | Análisis de potencial del patrimonio geológico y de la geodiversidad como recursos. Análisis del resultado y adecuación de experiencias similares en otros lugares. Estudio de las posibilidades a escala local, inclusión en otras iniciativas regionales (p.e. redes de espacios naturales protegidos, redes e itinerarios temáticos), inclusión en planes y programas de ámbito internacional (directivas comunitarias, iniciativas como las promovidas por la UNESCO, el programa MaB, Geoparks, etc. |
| | Plan de uso público y de interpretación | Como parte esencial de la gestión del patrimonio geológico y de la geodiversidad, y como apoyo a las estrategias de geoconservación y de desarrollo. Análisis de los sistemas de interpretación, mecanismos de difusión y objetivos de la divulgación. Optimización de recursos. Análisis de la adecuación e inversiones necesarias |
| LOGÍSTICA | Financiación | Presupuesto de partida para la realización del plan. Estudio de sistemas de financiación y subvenciones. Organismos y entidades promotoras. Posibilidades de participación de otros organismos y entidades. Apoyo de particulares. Distribución de presupuesto |
| | Calendario de actuaciones | Fechas para las fases y ciclos del plan de gestión. Asociar objetivos y resultados a cada fase. Periodo de vigencia del plan. Sistemas de renovación de la vigencia |
| | Sistemas de revisión | Establecimiento de sistemas de revisión de las fases para su aplicación según el calendario. Establecimiento de indicadores del avance y resultados de la implantación del plan. Identificación de revisores externos e internos. Sistemas de inclusión de las conclusiones de las revisiones en el plan de gestión. Conclusiones de cara a la renovación y diseño del futuro plan |

Resultados

La historia ambiental ha demostrado, a través del estudio del pasado, su capacidad de análisis al proyectar el presente y futuro, desde el punto de vista ambiental. Un futuro de sociedades sustentables. Para esto, las sociedades deben proclamar nuevos valores de vida, justicia social y una nueva racionalidad económica; a través de una resignificación de la naturaleza y la definición de nuevas formas de apropiación de ésta (Domingues et al., 2013).

La llamada Carta de geoturismo ... menciona que, en principio, integridad del lugar, diversidad de mercado, participación y beneficio de la comunidad, conservación y protección de los recursos, así como la planificación e interpretación interactiva.

Los recursos geológicos han jugado un papel determinante en todas las sociedades y en sus sistemas socioeconómicos. El agua, los suelos, los yacimientos minerales, etc. Son y han sido recursos imprescindibles para el conjunto de la humanidad y son fundamentales para el desarrollo de sectores productivos vitales para la economías de las regiones. La explotación de estos recursos ha condicionado el sistema de asentamientos y comunicaciones en el territorio, y ha modificado el paisaje a los largo de la historia (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, 2014). En este sentido, los recursos geológicos que ofrece el área de El Rosario forman un atractivo para el turismo. Cuenta con un importante patrimonio paleontológico, histórico y cultural, que le da identidad al estado de Baja California.

El patrimonio paleontológico es ... tiene un importante potencial geoturístico. En España por ejemplo, el Museo del Jurásico de Asturias (MUJA) cuenta con una colección de más de 8000 fósiles del Jurásico asturiano ha propiciado la instalación de una serie de infraestructuras y servicios que han ayudado a impulsar económicamente la zona (Carcaville, 2006; García Ramos, 2004).

En el Rosario existen importantes depósitos del Cretácico con huesos de dinosaurios y abundante madera petrificada (Figueroa, 2009; Morris, 1971). Son los estudios paleontológicos que se han realiado los que le atribuyen el reconocimietnos por su riqueza fosilifera (Figueroa, 2009). Algunos de estos son: Kopelman (1997) realizo una reconstrucción del medio ambiente que predominaba en El Rosario hace 70 Ma, así mismo se hace la descripción no detallada de la flora y fauna y se menciona la importancia de la presencia de Lambeosaurus laticaudus en el área del Rosario y lo menciona como un buen indicador de paleoambientes (Quintero, 2005). Shelton et al. (1964) descubrieron fósiles de hadrosaurios y carnosaurios (Quintero, 2005). Morris (1968) describió a Hypacrosaurus como uno de los hidrosaurios más grandes. Reportó también dinosaurios carnívoros y ankylosaurios. Propuso que la ruta más posible de migración de estos dinosaurios fue a lo largo de las márgenes del Pacífico (Quintero, 2005). Pues la fauna de hadrosaurios de El Gallo es la más abundante dentro de los márgenes del Pacífico, por tanto, propuso que la fauna de El Gallo como autóctona (Quintero, 2005; Morris, 1973).

Anteriormente existió la idea de planificar o formar el Parque Nacional de Disinosaurios, sin embargo, por falta de información, servicios turísticos, protección del área; este plan quedo, en el mejor de los casos, en papel, olvidado en algún escritorio. El Rosario adquirió importancia paleontológica a partir de 1965, cuando iniciaron las primeras excavaciones financiadas por la National Geographic Society, con participación del museo de Historia Natural de Los Ángeles California, y el Instituto de Geología de México (Tellez, XXXX)

Patrimonio histórico

Historicamente, la fundación de El Rosario data de la época misional dado que fue la primer misión asentada en la península por la orden religiosa de los dominicos, en 1774. Dicha misión, denominada “Misión de Nuestra Señora del Santísimo Rosario de Viñadaco”, fue establecida cerca del arroyo llamado “Viñataco” con abundante agua, población natural, leña, tierras aptas para cultivo y hortalizas, frutas, ganado mayor y menor; así como la cercanía al oceano, las montañas y sus recursos. En 1802 la misión de El Rosario fue trasladada al margen izquierda del arroyo.

El museo comunitario

El manejo de recursos en Baja California....

Otra iniciativa de interés es la creación de parques geomíneros. Son áreas situadas en cuencas mineras en las que se protege el patrimonio geológico y minero ubicado en ellas, acondicionándolas para que puedan ser visitadas por el público, con el objetivo lúdico, didáctico o de investigación.

- Estudio del patrimonio geológico y de la geodiversidad

Se valoraron los lugares que se consideran importantes para la comunidad de El Rosario la

TABLA

Tabla VIII Ficha para la valoración de la geodiversidad en campo

| Áreas de interés | | Tipo de interés | | | | | | | Tipo de utilización | | | | |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|-----------|--------------|-----------------|--------|----------------|---------------------|-------------|-----------|------------|-----------|
| | | Estratigráfico | Paleontológico | Tectónico | Petroológico | Sedimentológico | Minero | Geomorfológico | Procesos | Geosímbolos | Turístico | Científico | Didáctico |
| 1 | La Lobera | ◆ | ◆ | | | ◆ | | ■ | ■ | | ■ | ◆ | ■ |
| 2 | Mama Espinoza's | | | | | | | | | | ◆ | ○ | ○ |
| 3 | La Mujer Dormida | | | ◆ | | | | ■ | | ■ | ■ | | |
| 4 | Topografía de tierras malas | ■ | ■ | | | ◆ | | ■ | ◆ | | ■ | ■ | ■ |
| 5 | El Castillo | ■ | | ■ | | ○ | | ■ | | ■ | ◆ | ◆ | ■ |
| 6 | La Bocana | ■ | ■ | | | ◆ | | | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| 7 | Punta Baja | ■ | ■ | | | ◆ | | | | | ◆ | ■ | |
| 8 | Misión de Nuestra Señora del Rosario | | | | | | | | ◆ | | ■ | | ◆ |
| 9 | Misión de San Fernando Velicatá | ◆ | ○ | ■ | | | | | ◆ | ■ | ■ | | ◆ |
| 10 | El Consuelo | ■ | ■ | | | ◆ | | ■ | | | ■ | ■ | ■ |
| 11 | La Lagunita | | | | | | | ◆ | | | ◆ | ○ | ◆ |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------------|-------|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|
| 12 | Las Pintas | ◆ | ■ | | | | | ■ | | ■ | ■ | ◆ | ■ |
| 13 | Petrogrifos | | | | | | ◆ | | | ■ | ◆ | | |
| 14 | Cerro San Juan de Dios | ■ | ■ | | | ■ | | ◆ | | | ■ | ■ | ■ |
| 15 | San Juan de Dios | | | | | | | | | | | | |
| Interés | | Alto | ■ | | | | | | | | | | |
| | | Medio | ◆ | | | | | | | | | | |
| | | Bajo | ○ | | | | | | | | | | |

Sandry (2009) identifica 6 tipos diferentes de actividades turísticas: 1) lugares de interés geológico *sensu stricto* (incluyendo, los geomorfológicos y paleontológicos); 2) minas, ya sean antiguas (abandonadas) o activas; 3) Taludes y cortes de carreteras, vías férreas y otras infraestructuras; 4) lugares con interés cultural y antropológico (cuevas con yacimientos arqueológicos y/o arte rupestre, minas, etc.); 5) Construcciones con piedra, casas excavadas en roca, etc.); y 6) lugares de interés geológico donde se desarrollen actividades de aventura. Por su parte, Domínguez Contreras (2012) considera cinco lugares, temas y aspectos a considerar (TABLA)

Tabla IX Lugares, temas y aspectos a considerar para el geoturismo (tomado de(Domínguez Contreras, 2012)

| | |
|--------------------------------|---|
| 1. Lugares y tradiciones | <ul style="list-style-type: none"> Alimentos y bebidas (incluidos los métodos y productos agrícolas) Las artes escénicas: musica, danza, teatro. Artes, oficios y tiendas locales Festividades, incluyendo las formas distintivas de celebración |
| 2. Naturaleza y medio ambiente | <ul style="list-style-type: none"> Flora y fauna representativa –sitios de observación de aves- Flora y árboles distintivos Vínculos entre la naturaleza y la cultura local –historia, gastronomía, eventos- |
| 3. Sitios del patrimonio | <ul style="list-style-type: none"> Sitios históricos que ofrecen algún tipo experiencia o participación Sitios arqueológicos, principalmente aquellos donde participa la comunidad |
| 4. Estética | <ul style="list-style-type: none"> Áreas que tienen un paisaje agradable, iluminación adecuada, ausencia espectaculares (publicidad) |
| 5. Experiencia de visitante | <ul style="list-style-type: none"> Tours o lugares que combinen las actividades anteriores Rutas que incluyan la variedad de negocios y diferentes lugares de interés |

En este trabajo proponemos una clasificación de actividades, lugares y temas para el geoturismo en El Rosario, la cual es una combinación de Sandry (2009), TESIS UABCS y Aguilo (2004), a continuación se muestra:

1. Lugares y tradiciones
 - a. Festividades, incluyendo las formas distintivas de celebración
 - b. Lugares con interés cultural e histórico
 - c. Geosímbolo
2. Naturaleza y medio ambiente
 - a. Flora y fauna representativa

- b. Lugares de interés geológico *sensu stricto* (incluyendo los geomorfológicos y paleontológicos)
 - c. Minas, ya sean antiguas (abandonadas) o activas
3. Científico-educativo
- a. Áreas de interés geomorfológico, donde se dan accidentes morfológicos importantes que pueden ser destruidos
 - b. Áreas de interés estratigráfico: presencia de cortes tipo o serie tipo de unidades litológicas
 - c. Lugares que pueden servir como ejemplo de procesos naturales actuales o pretéritos
 - d. Lugares de acción geológica poco común: grutas, dunas, cascadas
 - e. Yacimientos de fósiles que pueden o no estar en peligro de extinción o destrucción
4. Patrimonio
- a. Sitios históricos que ofrecen algún tipo de experiencia o participación
 - b. Sitios arqueológicos, principalmente aquellos donde participa la comunidad
5. Experiencia del visitante
- a. Tours o lugares que combinen las actividades anteriores
 - b. Rutas que incluyan la variedad de negocios y lugares de interés
 - c. Lugares de interés geológico donde se desarrollen actividades de aventura

| Sitios | Actividades recomendadas | Actividades conflictivas |
|--------------------------------------|--------------------------|--|
| C San Juan de Dios | 5 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| El Consuelo | | |
| La Lagunita | 1, 5 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| La Lobera | 2, 5 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| C La Mujer Dormida | 1, 2, 5 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| Las Pintas | 4 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| Mama Espinoza´s | 1 | No fumar No mascotas |
| Misión de Nuestra Señora del Rosario | 1, 4 | |
| Misión de San Fernando de Velicata | 1, 4 | |
| Museo comunitario | 1, 4 | No fumar No mascotas No introducir alimentos |
| Petroglifos | 1, 4 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna |

| | | |
|----------------------|---------|--|
| | | No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| Playa La Bocana | 5 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| Punta Baja | 5 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| San Juan de Dios | 1, 4, 5 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| El Castillo | 1, 2, 3 | Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |
| Museo de dinosaurios | 2, 3, 5 | Se prohíbe coleccionar fósiles Se prohíbe tirar basura No maltratar ni recolectar plantas No esta permitido molestar, perseguir, capturar o matar a la fauna No se permite, por ningún motivo, inscripciones, señales, signos o dibujos en piedras, árboles o en todo bien mueble e inmueble |

Patrimonio histórico

El museo comunitario de El Rosario se realizó gracias al rescate de la escuela “Salvatierra”, bajo la iniciativa del Ing. Alejandro Espinoza. Actualmente alberga una colección de objetos de la región que han sido donados por la comunidad (Figueroa, 2009).

GESTIÓN

El área de El Rosario no cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial, sin embargo, ...

- Aspectos básicos
- Plan de conservación

Para la gestión y conservación del conjunto de los recursos geológicos es importante conocer cuáles son las amenazas más frecuentes y cómo afectan, ya que el impacto dependerá en gran medida del recurso geológico que se vea afectado. Carcavilla (2006) muestra en su tesis una tabla donde señala algunos de los usos del territorio que pueden suponer una amenaza en términos de geoconservación, así como una estimación de su posible incidencia. Sin embargo, el autor resalta que se requiere de un estudio concreto de las amenazas que puedan afectar al LIG, ya que lo que a veces supone una amenaza en otros casos se convierte en la garantía de conservación.

La planificación debe basarse en la comprensión de los procesos bióticos y abióticos que operan en la naturaleza (Carcavilla, 2006; Cleaves, 2000). Tanto el patrimonio geológico como la geodiversidad pueden servir como recursos valorables económicamente o utilizables desde el punto de vista socioeconómico, por su interés científico, intrínseco, cultural, recreativo y didáctico. Su presencia y riqueza puede constituir un recurso que favorezca el desarrollo local y en ámbitos rurales (Carcavilla, 2006; Villalobos, 2001).

- Desarrollo como recurso

El patrimonio geológico y la geodiversidad pueden servir como recursos valorables económicamente o utilizables desde el punto de vista socioeconómico, por su interés científico, naturalístico, cultural, recreativo y didáctico. Su presencia y riqueza puede construir un recurso que favorezca el desarrollo social, económico e incluso cultural de la sociedad, sobre todo a

escala local y en ámbitos rurales. Además, el patrimonio geológico y geodiversidad pueden servir de base para articular modelos de desarrollo local basados en el turismo (Villalobos, 2001).

La relevancia y, sobre todo, el valor estético y escénico del patrimonio geológico y la geodiversidad pueden alcanzar niveles que hagan de ellos un recurso turístico relevante, tanto como para convertirse en uno de los principales atractivos para promocionar la visita a un lugar, lo que se denomina geoturismo (Carcavilla, 2006; Hose, 1999)

Existen algunos ejemplos de países donde se basan su oferta y atractivo turístico en la existencia de elementos geológicos singulares, entre otros aspectos naturales y culturales. Islandia es un pequeño país cuyos atractivos turísticos se centran en la existencia de elementos geológicos de especial relevancia, entre otros, la presencia de numerosos procesos geodinámicos activos. Jordania, país posee elementos de elevado interés cultural, pero también otros de aspecto geológico que sirven para apoyar o promocionar al turismo (Mar Muerto y el desierto de Wadi Rum). Turquía, cuyo principal atractivo turístico es Estambul, y que se apoya en la visita de las terrazas travertínicas del Pammukale y de las chimeneas de las hadas de Capadocia para promover el turismo en el interior del país y diversificar así la oferta.

CONCLUSIONES

Literatura citada

- Abbott, P. L., Steer, B. L., & McDonough, S. D. (1982). Flow characteristics of two Eocene rivers, Alta and Baja California. *Geological Society of America*, 14(4), 145.
- Aguilo, M., Aramburu Maqua, M. P., Blanca Andray, A., Calatayud Prieto-Lavin, T., Carrasco Gonzalez, R. M., Castilla Casellano, G., . . . Rhea Consultores, S. A. (2004). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología* (5a ed.): Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría General para la prevención de la contaminación y del cambio climático.
- Baja California, C. C. E. (2009). *Libro de oro de Baja California: en la ruta del progreso*: Cia. Editorial de Exportación.
- Brañes, R. (2000). *Manual de derecho ambiental mexicano*: Fundación Mexicana para la Educación Ambiental. Fondo de Cultura Económica.
- Brilha, J. B. R. (2005). *Patrimonio Geológico e Geoconservacao: a conservacao da natureza na sua vertente geológica* (Palimage Ed.). Braga.
- Bringas, N., & González, J. I. I. (2004). El turismo alternativo: una opción para el desarrollo local en dos comunidades indígenas de Baja California. *Economía, Sociedad y Territorio*, IV(15), 551-588.
- Bringas, N., & Toudert, D. (2011). *Atlas: ordenamiento territorial para el estado de Baja California*. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Bruschi, V. M. (2007). *Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad*. (PhD), Universidad de Cantabria, Santander.
- Burek, C. (2012). The Role of LGAPs (Local Geodiversity Action Plans) and Welsh RIGS as Local Drivers for Geoconservation within Geotourism in Wales. *Geoheritage*, 4(1-2), 45-63. doi: 10.1007/s12371-012-0054-4
- Carcavilla Urquí, L. (2006). *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. (Doctor), Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Carcavilla Urquí, L., Ánchel, B., Durán Valsero, J. J., & Hilario, A. (2011). Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, 19(1), 81-94.
- Carcavilla Urquí, L., Durán Valsero, J. J., & López Portillo, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10, 1299-1303.
- Carreras, J., & Druguet, E. (1997). Algunas claves para la protección del patrimonio geológico de Cap de Creus. *Zubía*, 15, 45-53.
- Cruz González, N. d. C. (2007). El poblamiento de Baja California y la influencia de la política de población en el periodo cardenista. *Estudios Fronterizos*, 8(16).
- da Silva, C. R. (2008). *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro* (C. R. d. Sailva Ed.). Rio de Janeiro: CPRM.
- Daily, G. C. (1997). *Nature's Services* (G. C. Daily Ed.). Washington, DC: Island Press.
- Delgadillo, J. (1998). *Florística y ecología del norte de Baja California*. Ensenada, B.C.: UABC. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, U.T.E. Tecna, S. L., Grama, S. L., Vasco, U. d. P., Hydrolur, L. U. d. P. s. V. y. I. e., Geo5, & Taldea, K. L. (2014). *Estrategia de Geodiversidad de la comunidad autónoma del País Vasco 2020*.
- Domínguez Contreras, W. L. (2012). *Análisis de las potencialidades del geoturismo en el Oasis de los Comondú, B.C.S., y propuesta de nuevos productos geoturísticos*. (Licenciatura en Turismo Alternativo), UABCS, La Paz, Baja California Sur. (TE2739)
- Dowling, R. K. (2010). Geoturim's Global Growth. *Geoheritage*.
- Dudley, N. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas pprotegidas* (Gland Ed.). Suiza: UICN.
- Durán Valsero, J. J., & Carcavill Urquí, L. (2009). Patrimonio geológico y geodiversidad *La Profesión de el geólogo* (pp. 275-292). España: CYAN, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.
- Enríquez Andrade, R. R., & Danemann, G. D. (1998). Identificación y establecimiento de prioridades para las acciones de conservación y oportunidades de uso sustentable de los

- recursos marinos de la Península de Baja California *Reporte técnico* (pp. 77): PRONATURA Península de Baja California.
- Frizzell, V. A. J. (1984). The geology of the Baja California peninsula: an introduction. In V. A. J. Frizzell (Ed.), *Geology of the Baja California Peninsula* (Vol. 39, pp. 1-7): Pacific Section S.E.P.M.
- Gil, V., Gentili, J., O., & Campo, A. M. (2012). La cuenca hidrográfica como unidad de evaluación de la Geodiversidad. Parque provincial Ernesto Tronquist, Buenos Aires. *Párrafos Geográficos*, 11(1), 64-78.
- Gómez Delgado, M., & Barredo Cano, J. I. (2006). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio* (2a edición actualizada ed.): Alfaomega.
- Gordon, J. (2012). Rediscovering a Sense of Wonder: Geoheritage, Geotourism and Cultural Landscape Experiences. *Geoheritage*, 4(1-2), 65-77. doi: 10.1007/s12371-011-0051-z
- Gordon, J. E., Barron, H. F., Hansom, J. D., & Thomas, M. F. (2011). Engaging with geodiversity - why it matters. *Proceedings of the Geologists' Association*, 175. doi: 10.1016/j.pgeola.2011.08.002
- Gray, M. (2004). *Geodiversity valuing and conserving abiotic nature*. Great Britain: John Eiley & Sons Ltd.
- Gray, M. (2008). Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119, 287-298.
- Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation*, 38(3), 271-274. doi: 1.1017/S0376892911000117
- Gray, M. (2012). Valuing Geodiversity in an 'Ecosystem Services' Context. *Scottish Geographical Journal*, 128(3-4), 177-194. doi: 10.1080/14702541.2012.725858
- Grismer, L. L. (2002). *Amphibians and Reptiles of Baja California, Including Its Pacific Islands, and the Islands in the Sea of Cortez*: University of California Press.
- Guevara, A., J. (1992). Esquema metodológico para el diseño e implementación de un sistema de información geográfico. *V Coloquio de Geografía Cuantitativa*, 10.
- Hose, T. A. (2000). European geotourism-geological interpretation and geoconservation promotion for tourists. In D. Baretino, W. A. P. Wimbledon & E. Gallego Valcarce (Eds.), *Geological heritage: its conservation and management* (pp. 127-146): Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.
- Ivanova, A., & Ibáñez, R. (2012). *Medio ambiente y política turística en México* (Vol. 1): Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Johansson, C. E., Andersen, S., & Alapassi, M. (1999). Geodiversity in the Nordic Countries. *ProGeo News*, 1, 1-3.
- Kozłowski, S. (2004). Geodiversity: The concept and scope of geodiversity. *Przegląd Geologiczny*, 52, 833-837.
- López Valdés, N. (2015). *Caracterización de la mineralogía de alteración del área geotérmica de Puertecitos, Baja California*. (Licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Martínez, O. R. (2008). Patrimonio geológico. Identificación, valoración y gestión de sitios de interés geológico. *Geograficando*, 4(4), 233-250.
- Martini, G. (2009). Geoparks... a vision for the future. *Revista do Instituto de Geociencias - USP*, 5, 83-90.
- Mata Olmo, R., Galiana, L., Allende, f., Fernández, S., Lacasta, P., López, N., . . . ZSanz, C. (2014). Evaluación del paisaje de la comunidad de Madrid: de la protección a la gestión territorial. *urban*(14).
- Mata-Perelló, J. M., Mata-Lleonart, R., & Vintró-Sánchez, C. (2011). A new casification of geological resources. *Dyna*, 78(170), 243-249.
- McKeever, P. J., & Zouros, N. (2009). *The Global Network of National Geoparks*. Paper presented at the Conference, the East Asia Geopark Vision, Taipei, Taiwan.
- McKirdy, A. P., Threadgould, R., & Finlay, J. (2001). Geotourism: an emerging rural development opportunity. In J. E. Gordon & K. F. Leys (Eds.), *Earth Science and the Natural Heritage. Internations and Integrated Management* (pp. 255-261): The Stationery Office.

- Melelli, L. (2014). Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 13(1), 27-37.
- Molina, M. (2007). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Estado de Baja California 2005: Centro Mario Molina.
- Morris, W. J. (1971). Mesozoic and Tertiary vertebrates in Baja California. *National Geographic Society. Research Reports*, 1965, 195-198.
- Morris, W. R. (1967). Baja California; late Cretaceous dinosaurs. *Science*, 155(3769), 1539-1541.
- Nastase, M., Cuculici, R., Muratoreanu, G., Grigorescu, I., & Dragota, C.-S. (2012). A GIS-based assesment of geodiversity in the Maramures Mountains natural park. A preliminary approach. Paper presented at the European SCGIS Conference "Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites".
- Nieto, L. M. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112(2), 3-12.
- Nieto, L. M. (2002). Patrimonio geológico, cultural y turismo. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 182, 109-122.
- Ostle, B. (1980). *Estadística aplicada*. México, D.F.: Editorial científico técnica.
- Parks, K. E., & Mulligan, M. (2010). On the relationship between a resource based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. *Biodiversity and Conservation*, 19(9), 2751-2766. doi: 10.1007/s10531-010-9876-z
- Peinado Lorca, M., Alcaraz, F., Delgadillo Rodríguez, J., & Aguado, I. (1994). Fitogeografía de la península de Baja California, México. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 51(2), 255-257.
- Peinado, M., Alcaraz, F., Delgadillo, J., & Aguado, I. (1994). Fitogeografía de la Península de Baja California, México. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 51(2), 256-276.
- Peinado, M., Bartolome, C., Delgadillo, J., & Aguado, I. (1994). Pisos de vegetación de la Sierra de San Pedro Martír, Baja California, México. *Acta Botánica Mexicana*, 29, 1-30.
- Pereira, C. A., Fragoso, S. P., & Prezas, H. B. (2014). *Geodiversidad, ordenamiento y áreas naturales protegidas: un análisis para la conservación*. Paper presented at the Memorias del XIII Congreso Internacional y XIX Congreso de Ciencias Ambientales.
- Pereira, D., Pereira, P., Brilha, J., & Santos, L. (2013). Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. *Environmental Management*, 52, 541-552. doi: 10.1007/s00267-013-0100-2
- Pereira, D., Santos, L., Silva, J., Brilha, J., Silva, J., & Rodrigues, C. (2012). Mapping regional geodiversity in Brazil and Portugal. *Geologia dell'Ambiente*, 3, 107-108.
- Posada Ayala, I. H., Tellez Duarte Miguel, A., & Garcia Gastelum, A. (2015, 7-9 de octubre de 2014). *Geodiversidad y la valoración del paisaje en las comunidades rurales del sur del estado de Baja California*. Paper presented at the IV Congreso de Cicancia y Arte del paisaje "paisajes alternativos", Chapala, Jal., México.
- Preobrazhenskiy, V. S. (1983). Geosystem as an object of landscape study. *GeoJournal*, 7(2), 131-134. doi: 10.1007/BF00185157
- Sánchez Cortez, J. L. (2011). Geoparques y Áreas Naturales Protegidas: Una visión desde la conservación, identidad y participación social. *Investigación Ambiental*, 3(2), 44-51.
- Sánchez Cortez, J. L. (2013). *Propuesta para generalción y gestión de geoparques bajo estructuras de participación comunitaria en América Latina*. (Doctor), Universidad Autonoma de Baja Califronia, Ensenada, BC.
- Sánchez Cortez, J. L., Arredondo García, M. C., Leyva Aguilera, C., Ávila Serrano, G., Figueroa Beltrán, C., & Mata Perelló, J. (2013). Determinación del patrimonio geológico, cultural e histórico en la creación de geoparques como instrumento de conservación y desarrollo local. *De Re Metallica*, 20, 47-54.
- Sánchez Cortéz, J. L., Arredondo García, M. C., Leyva Aguilera, C., Avila Serrano, G., Figueroa Beltrán, C., & Mata Perelló, J. (2013). Generación y gestión de geoparques bajo estructuras de participación comunitaria en América Latina.
- Sánchez Salazar, M. T., Casado Izquierdo, J. M., & Bocco Verdinelli, G. (2013). *La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica*. .
- Sandry, B. N. (2009). *Fundamentals of geotourism with special emphasis on Iran*. Tehran, Irán.
- Santucci, V. L. (2005). Historical Perspectives on Biodiversity and Geodiversity. *Geodiversity & Geoconservation*, 22(3), 29-34.

- Serrano Giné, D. (2014). Valoración de la geodiversidad. Validación metodológica en escalas detalladas. *Revista de Geografía Norte Grande*(59), 62-85.
- SGM. (2010). *Panorama minero del estado de Baja California*: CGMinería, Gobierno de Baja California.
- Silva, J. P., Pereira, D., Aguiar, A. M., & Rodrigues, C. (2013). Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. *J Maps*(9), 1-9.
- Silva, J. P., Rodrigues, C., & Pereira, D. (2014). Mapping and Analysis of Geodiversity Indices in the Xingu River Basin, Amazonia, Brazil. *Geoheritage*. doi: 10.1007/s12371-014-0134-8
- Stanley, M. (2000). Geodiversity. *Earth Heritage*, 14, 15-18.
- Stock, J. (1997, del 6 al 9 de abril). *Efectos geológicos de la tectónica de placas Miocénica a Reciente en la península de Baja California*. Paper presented at the IV Reunión Internacional sobre geología de la Península de Baja California, Ensenada, B.C.
- Stock, J., & Hodges, K. V. (1989). Pre-Pliocene extension around the Gulf of California and the transfer of Baja California to the Pacific Plate. *Tectonics*, 8(1), 99-117.
- Tapia Landeros, A. (2009). Algunos geosímbolos de Baja California. Identidad y memoria colectiva de la ruralidad. *culturales*, V(10).
- Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*: Instituto Nacional de Ecología.
- UNESCO. (1999). *UNESCO Geoparks Programme - Proc.156th Session of UNESCO Executive Board, 156 Ex/11*. Paris France.
- Villaseñor, J. L., & Téllez-Valdés, O. (2004). Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Botánica*, 75(2), 205-220.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

La Memoria de la Tierra (Digne, Francia 1991)

1. Así como la vida humana es considerada única, ha llegado el momento de conocer la unicidad de la Tierra.
2. La Madre Tierra nos sostiene: estamos atados a ella, ella representa, por tanto, la unión de todos los humanos para toda su vida.
3. La Tierra tiene una edad de cuatro mil millones de años, y es la cuna de la vida. A lo largo de las eras geológicas, ha habido numerosos cambios que han determinado su larga evolución, que ha conducido a la información del ambiente en el que vivimos actualmente.
4. Nuestra historia y la de la Tierra son inseparables; su origen y su historia son los nuestros; su futuro será nuestro futuro.
5. La superficie de la Tierra es nuestro ambiente. Éste es distinto, no sólo de aquél del pasado, sino también del futuro. Ahora somos compañeros de la Tierra, y sus guardianes momentáneos.
6. Como un viejo árbol conserva el riesgo de su vida, la Tierra mantiene la memoria del pasado escrita en sus profundidades y en su superficie, en las cosas y en el paisaje; esta clase de registro puede también ser traducido.
7. Debemos estar atentos a la necesidad de proteger nuestro patrimonio cultural, la "memoria" del género humano. Ha llegado el momento de proteger el patrimonio natural y el ambiente físico porque el pasado de la Tierra no es menos importante que el del hombre. Es la hora de aprender a conocer este patrimonio y poder leer este libro del pasado, escrito en las rocas y en el paisaje antes de nuestra llegada.
8. El hombre y la Tierra forman un patrimonio común. Nosotros y los gobiernos somos solamente custodios de esta herencia. Todos los seres humanos deben comprender que el más pequeño ataque puede mutilar, destruir o producir daños irreversibles. Toda clase de desarrollo debería respetar la singularidad de esta herencia.
9. Los participantes en el I Congreso Internacional de la Conservación de nuestro Patrimonio Geológico que ha previsto la participación de más de 100 especialistas procedentes de más de 30 países piden urgentemente a todas las autoridades nacionales e internacionales el pleno apoyo a la necesidad de tutelar el patrimonio de nuestra Tierra y de protegerlo con todas las medidas legales, financieras y organizativas que pudieran ser necesarias

Tabla X Tipos de suelos de Baja California (Clasificación FAO-UNESCO, 1971)

| Clase | Descripción |
|------------------------------|--|
| Regosoles (RG) | Suelos procedentes de materiales no consolidados (excepto materiales de textura gruesa o con propiedades flúvicas) que no tienen otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico o úmbrico |
| Litosoles (LP) | Suelos limitados en profundidad por una roca dura continua o por material muy calcáreo (carbonato de calcio equivalente mayor a 40%) o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 30 cm a partir de la superficie; o que tienen menos del 20% de tierra fina hasta una profanidad de 75 cm; sin otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A mollico, Cábbrico u ócrico, con o sin un horizonte B cábbrico |
| Foezems o Phaeozems (PH) | Suelos con un horizonte A mollico, carecen de un horizonte cálcico, de un horizonte gypsico y de concentraciones de caliza pulverulenta blanda y tienen un grado de saturación del 50% (por NH ₄ OAc) como mínimo en los 125 cm superiores del perfil |
| Yermosoles o Gypsisoles (GY) | Suelos que tienen un horizonte gypsico o petrogypsico o ambos, dentro de una profundidad de 125 cm a partir de la superficie, sin otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico, un horizonte B cábbrico, un horizonte ártico impregnado de yeso o de carbonato de cálcico |
| Solonchaks (SC) | Suelos que no muestran propiedades flúvicas, que tienen propiedades sálicas y que no tienen otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A, un horizonte H hístrico, un horizonte B cábbrico, un horizonte cálcico o un gypsico |
| Vertisoles (VR) | Suelos que tienen, después de mezclar los 20 cm superiores, 30% o más de arcilla en todos los horizontes, hasta una profundidad de 50 cm por lo menos; desarrollando fisuras, desde la superficie del suelo hacia abajo, en algún periodo de la mayor parte de los años (excepto si el suelo tiene riego), son de 1 cm de ancho, como mínimo, hasta una profundidad de 50 cm |
| Fluvisoles (FL) | Suelos desarrollados a partir de depósitos aluviales recientes, que no tienen otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico, móllico o Cmbrico, o un horizonte H hístrico o un horizonte sulfúrico |
| Xerosoles | Suelos áridos que contienen materia orgánica; la capa superficial es clara, debajo de ésta puede haber acumulación de minerales arcillosos y/o sales, como carbonatos y sulfatos |

Tabla XI Listado de Áreas Naturales Protegidas (ANP) en el estado de Baja California, CONANP, 2013 (PN= Parque Nacional; RB= Reserva de la Biosfera; APFyF= Área de Protección de Flora y Fauna; BC= Baja California; Son= Sonora)

| Categoría | Nombre | Superficie Ha | Año creación | Municipios |
|-----------|--|---------------|--------------|-------------------------------------|
| RB | Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado | 934 756.25 | 1993 | Mexicali (BC), Puerto Peñasco (Son) |
| RB | Zona Marina Bahía de Los Ángeles, Canales de Ballenas y de Salsipuedes | 483.20 | 2013 | Ensenada |
| PN | Parque Nacional Constitución 1857 | 5 009.49 | 1962 | Ensenada |
| APFyF | Valle de los Cirios | 2 521 987.61 | 1980 | Ensenada |
| PN | Sierra de San Pedro Mártir | 72 910.68 | 1947 | Ensenada |

Tabla XII Listado de Sitios RAMSAR en Baja California, superficie y ubicación. Lista de Humedales de Importancia Internacional, Convención Ramsar (2013)

| Sitio RAMSAR | Superficie Ha | Fecha Incorporación | Municipio(s) |
|---|---------------|---------------------|--------------|
| Corredor costero La Asamblea-San Francisquito | 44 304 | 2005 | Ensenada |
| Bahía de San Quintín | 5 438 | 2008 | Ensenada |
| Humedales del Delta del Río Colorado | 250 000 | 1996 | Mexicali |
| Sistema de Humedales del Río Colorado | 127 614 | 2008 | Mexicali |
| Laguna Hanson, Parque constitución 1857 | 510 986/5009 | 2009? | Ensenada |
| Estero de Punta Banda | 2 393 | 2006 | Ensenada |

Tabla XIII Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), CONABIO (2002)

| Núm. | Nombre | Superficie Km ² | Municipio(s) | Localidades de referencia |
|------|--------------------------------|----------------------------|---|--|
| 5 | El Vizcaíno-El Barril | 26 310 | Ensenada (BC), Mulege (BCS) | Santa Rosalía (BCS), Guerrero Negro (BCS), Bahía Tortugas (BCS), Villa Alberto A. Alvarado A. (BCS) |
| 6 | Sierra La Libertad-La Asamblea | 5 192 | Ensenada | Bahía de Los Ángeles, Parador Punta Prieta, Camalajue, Campo Harchelón |
| 7 | Valle de Los Cirios | 2 576 | Ensenada | Bahía de Los Ángeles, Cataviña, Guayaquil, San Agustín |
| 8 | San Telmo-San Quintín | 1 210 | Ensenada | Lázaro Cárdenas, Vicente Guerrero, Camalú, San Quintín, Campo Las Pulgas |
| 9 | Punta Banda-Eréndira | 459 | Ensenada | Ensenada, Rodolfo Sánchez, El Zorrillo, Uruapan |
| 10 | Santa María-El Descanso | 572 | Tijuana, Ensenada | Ensenada, Playas de Rosarito, El Sauzal, Primo Tapia, Colonia Santa Anita |
| 11 | Sierra de San Pedro Mártir | 2 424 | Ensenada- Mexicali | San Felipe, Lázaro Cárdenas, Ejido Francisco R. Serrano, Ejido Kiliwas, Ejido General Leandro Valle, Agua Caliente |
| 12 | Sierra de Juárez | 4 568 | Ensenada, Mexicali, Tecate | Mexicali, Lázaro Cárdenas, La Rumorosa, Ejido Francisco R. Serrano |
| 13 | Delta del Río Colorado | 4 310 | Mexicali, Puerto Peñasco (Son), San Luis Río Colorado (Son) | Puerto Peñasco (Son), San Felipe (BC), Golfo de Santa Clara (Son), Nuevo Michoacán (Son) |

Tabla XIV Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), CONABIO (2002)

| Núm. | Nombre | Superficie Km ² | Municipio(s) | Localidades de referencia |
|------|---|----------------------------|--|---|
| 1 | San Pedro Mártir | 6 208.475 | Ensenada | San Pedro Mártir, Punta Colonet, san Vicente |
| 2 | Ríos estacionales de Baja California-Cataviña | 3 658.470 | Ensenada | Puerto Canoas, Punta Prieta y San José |
| 3 | Sierra de la Libertad | 2 551.980 | Ensenada, Mexicali | Bahía de Los Ángeles, San Felipe, San Rafael, El Progreso |
| 4 | Delta del Río Colorado | 7 971.09 | Mexicali (BC), San Luis Río Colorado (Son) | Mexicali (BC), San Luis Río Colorado (Son) |

Fuente: www.conabio@gob.mx

Tabla XV Áreas de Importancia para la conservación de Aves (AICAS), CONABIO (2012)

| Clave | Nombre | Superficie Ha |
|-------|-----------------------------------|---------------|
| 12 | Complejo Lagunar Ojo de Liebre | 84 152.19 |
| 13 | Area de San Quintín | 18 644.03 |
| 14 | Bahía todos Santos | 8 491.09 |
| 15 | San Pedro Mártir | 342 801.30 |
| 16 | Sierra Juárez | 570 554.42 |
| 17 | Delta del Río Colorado | 72 664.72 |
| 30 | Sistema San Luis Gonzaga | 1 911.92 |
| 84 | Archipiélago Bahía de los Angeles | 5 402.90 |

Tabla XVI Datos utilizados

| Factor | Variable | Parámetro | Indicador | Categoría | Rango | Ponderador | Datos utilizados |
|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|------------|------------------|
|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|------------|------------------|

| | | | | | | | |
|----------|----------------|----------------|--|---|---|--|--|
| Abiótico | Geológico | Estratigráfico | Cenozoico Mesozoico Paleozoico | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó mas elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales de INEGI Escala 1:1000000 |
| | | Litológico | Metamórfica Sedimentaria Volcanosedimentaria Ígnea Extrusiva Ígnea Intrusiva | | | | Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales de INEGI Escala 1:1000000 |
| | | Tectónico | Falla Estructura Eje estructural | | | | Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales de INEGI Escala 1:250000 |
| | Edafológico | Suelos | Cambisol Feozem Fluvisol Litosol Planosol Regosol Solonchak Vertisol Xerosol Yermosol | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó más elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Conjunto de Datos Edafológico Vectoriales de INEGI Escala 1:1000000 |
| | Geomorfológico | Relieve | Pendientes | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Pendiente > 50° Pendiente de 26° a 50° Pendiente de 16° a 25° Pendiente de 6° a 15° Pendiente de 0° a 5° | Se utilizo el MDE |
| | | Hidrológico | Zona costera Ríos Lagos Lagunas Esteros Arroyos | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Ríos y zonas costeras Lagos, lagunas y esteros Arroyos de orden >=4 Arroyos de orden <=3 Ausencia de elementos | Conjunto de Datos Hidrológicos Vectoriales de INEGI Escala 1:50000 |

| Factor | Variable | Parámetro | Indicador | Categoría | Rango | Ponderador | Datos utilizados |
|---------------------------|-----------------|------------------------------------|--|---|---|--|--|
| Abiótico | Paleontológico | Paleontológico | Sitios paleontológicos | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó más elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Se consultaron bases de datos y trabajos sobre paleontología en el Estado de Baja California |
| | Mineralógica | Mineralógico | Franja tungstenífera Franja ferrífero-cuprífera Franja aurífera Franja cuprífero-aurífera No metálicos | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó más elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Se consultó la información del Servicio Geológico Mexicano y se digitalizó la información |
| Socioeconómico y cultural | Social | Asentamientos | | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | 0 habitantes 1 – 9,999 habitantes 10 – 24,999 habitantes 25 – 49,999 habitantes > 50,000 habitantes | Capa de datos de manzanas de México en formato vectorial de INEGI Escala |
| | | Accesibilidad | Pavimentada Terracería Brecha Vereda | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó más elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Capas de Datos de caminos Vectoriales de INEGI Escala 1:50000 |
| | Económico | Principales actividades económicas | Minas Pastizal cultivado Acuícola Agricultura | Muy alto Alto Medio Bajo Muy Bajo | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó más elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Capa de Datos de Uso de Suelo y Vegetación SV Vectoriales de INEGI. Capa geológica de INEGI Escala 1:250 000 y 1:1000000 |
| | Infraestructura | Turístico | Museos Playas Áreas turísticas de Baja California | | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó más elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Se digitalizó la información proporcionada por SECTUR de BC |

| Factor | Variable | Parámetro | Indicador | Categoría | Rango | Ponderador | Datos utilizados |
|---------------------------|----------|-------------------------------|--|-----------|---|--|--|
| Socioeconómico y cultural | Cultural | Geosímbolos | Lugares con significado (símbolo de la comunidad) | | 0.8-1.0 0.6-0.8 0.4-0.6 0.2-0.4 0.0-0.2 | Presencia de 5 ó más elementos Presencia de 3 ó 4 elementos Presencia de 2 elementos Presencia de 1 elemento Ausencia de elementos | Se tomaron los datos de Tapia (2009) y se complementaron con algunas observaciones y recomendaciones de los pobladores en las salidas de campo |
| | | Histórico | Lugares con algún significado histórico | | | | Se consulto la bibliografía sobre datos históricos del estado de Baja California |
| | | Arqueológico | Pinturas rupestres Petrograbados Concheros | | | | Se consulto bibliografía sobre datos arqueológicos, también se conto con la base de datos arqueológicos proporcionada por el INAH |
| | | Espacios Naturales Singulares | Áreas Naturales Protegidas | | | | Datos vectoriales de la CONABIO |
| | | | Regiones Prioritarias Terrestres | | | | INEGI Nombre Escalas |
| | | | Regiones Hidrológicas Prioritarias | | | | INEGI Nombre Escalas |
| | | | Sitios considerados para Conservación ¹ | | | | INEGI Nombre Escalas |
| | | | AICAS | | | | INEGI Nombre Escalas |
| | | | Sitios RAMSAR | | | | INEGI Nombre Escalas |
| | | | Dunas | | | | INEGI Nombre Escalas |

¹Terrenos comprados por Terra Peninsular con la finalidad de su conservación (terrapeninsular.org)

Tabla XVII Distribución de taxa considerando la propuesta Fitogeográfica de Baja California de Peinado et al. (1994). I= Provincia Californiana-Meridional, II= Provincia Martirensis, a= Sector Juarezense, y b= Sector Martirensis; V= Provincia Colorada

| Especies | Provincias y sectores | | | | Especies | Provincias y sectores | | | |
|---|-----------------------|-----|-----|---|--|-----------------------|-----|-----|---|
| | I | Ila | Ilb | V | | I | Ila | Ilb | V |
| <i>Acmispon distichus</i> | | | | | <i>Eriogonum fastigiatum</i> | | | * | |
| <i>Acmispon prostratus</i> | | | | | <i>Eriogonum foliosum</i> | | * | | |
| <i>Adenothamnus validus</i> | | * | | | <i>Eriogonum galioides</i> | | | | * |
| <i>Aesculus parryi</i> | | * | * | | <i>Eriogonum grande</i> var. <i>testudinum</i> | | * | | |
| <i>Agave deserti</i> ssp. <i>pringlei</i> | | | | * | <i>Eriogonum hastatum</i> | | * | * | |
| <i>Agave moranii</i> | | | | * | <i>Eriogonum icurightii</i> var. <i>oresbium</i> | | * | * | |
| <i>Agave shawii</i> ssp. <i>shawii</i> | | * | * | | <i>Eriogonum wrightii</i> var. <i>oresbium</i> | | | | |
| <i>Allium eurotophilum</i> | | | * | | <i>Eupatorium peninsulare</i> | | | * | |
| <i>Amrosia flexuosa</i> | | | | * | <i>Ferocactus fordii</i> var. <i>fordii</i> | | | * | |
| <i>Amorpha apiculata</i> | | | * | | <i>Fraxinus parryi</i> | | * | * | |
| <i>Arctostaphylos australis</i> | | * | | | <i>Galium diabloense</i> | | | * | |
| <i>Arctostaphylos bolensis</i> | | * | | | <i>Galium martinense</i> | | | * | |
| <i>Arctostaphylos incognita</i> | | * | | | <i>Galium wigginsii</i> | | * | | |
| <i>Arctostaphylos moranii</i> | | | * | | <i>Garrya grisea</i> | | * | * | |
| <i>Arctostaphylos peninsularis</i> | | | * | | <i>Haplopappus ferrisiae</i> | | * | * | |
| <i>Arctostaphylos australis</i> | | * | | | <i>Haplopappus juarezensis</i> | | * | | |
| <i>Argemone subintegrifolia</i> | | | | * | <i>Haplopappus martirensis</i> | | | * | |
| <i>Astragalus anemophilus</i> | | | * | | <i>Haplopappus rosaricus</i> | | | * | |
| <i>Astragalus circumdatus</i> | | * | * | | <i>Haplopappus orcuttii</i> | | * | * | |
| <i>Astragalus gruinus</i> | | | * | | <i>Haplopappus pulvinatus</i> | | | * | |
| <i>Astragalus harbisonii</i> | | | * | | <i>Haplopappus vernicosus</i> | | * | * | |
| <i>Berberis clareae</i> | | * | | | <i>Haplopappus wigginsii</i> | | * | | |
| <i>Berberocactus emoryi</i> | | * | * | | <i>Hazardia berberidis</i> | | * | * | |
| <i>Brickellia sessile</i> | | | * | | <i>Hemizonia greeneana</i> | | * | * | |
| <i>Brickellia vollmeri</i> | | | | * | <i>Hemizonia martirensis</i> | | | * | |
| <i>Castilleja ophiocephala</i> | | | * | | <i>Heterotheca martirensis</i> | | | * | |
| <i>Ceanothus bolensis</i> | | * | | * | <i>Hoffmannseggia peninsularis</i> | | | | * |
| <i>Centromadia perennis</i> | | * | | | <i>Hymenoclea platyspina</i> | | | | * |
| <i>Chenopodium flabellifolium</i> | | * | | | <i>Ipomopsis effusa</i> | | * | * | |
| <i>Chorizanthe turbinata</i> | | | * | | <i>Lathyrus splendens</i> | * | * | | |
| <i>Chorizanthe chaetophora</i> | | | * | | <i>Lepechinia ganderi</i> | * | | | |

| Especies | Provincias y sectores | | | | Especies | Provincias y sectores | | | |
|--|-----------------------|-----|-----|---|---|-----------------------|-----|-----|---|
| | I | IIa | IIb | V | | I | IIa | IIb | V |
| <i>Chorizanthe jonesiana</i> | | * | | | <i>Physalis peninsularis</i> | | | * | |
| <i>Chorizanthe turbinata</i> | | | * | | <i>Linanthus bellus</i> | | * | * | |
| <i>Cordylanthus rigidus ssp. involutus</i> | | | * | | <i>Leptosiphon jamauensis</i> | | * | | |
| <i>Cordylanthus rigidus ssp. setigerus</i> | | * | | | <i>Leptosiphon laxus</i> | | * | | |
| <i>Cryptantha martirensis</i> | | | * | | <i>Lobelia dunnii var. dunnii</i> | | * | * | |
| <i>Cryptantha patula</i> | | * | * | | <i>Acnison distichus</i> | | * | * | |
| <i>Cryptantha wigginsi</i> | | * | * | | <i>Lupinus andersonii var. sublinearis</i> | | | | |
| <i>Cupressus montana</i> | | | * | | <i>Castilleja phiocephala</i> | | | * | |
| <i>Cylindropuntia californica var. delgadilloana</i> | | | | * | <i>Opuntia clarkiorum</i> | | | * | |
| <i>Cylindropuntia safelipensis</i> | | | | * | <i>Pachelia hirtuosa</i> | | * | | |
| <i>Draba corrugata var. Demareei</i> | | | * | | <i>Poliomintha conjunctrix</i> | | | * | |
| <i>Dudleya anthonyi</i> | | | * | | <i>Prosopis globosa var. mexicana</i> | | | * | |
| <i>Dudleya La Mision</i> | | * | | | <i>Ptelea aptera</i> | | * | * | |
| <i>Dudleya brittoii</i> | | * | | | <i>Quercus cedrosensis</i> | | * | * | |
| <i>Dudleya campanulata</i> | | * | | | <i>Quercus peninsulares</i> | | * | * | |
| <i>Dudleya cultrata</i> | | | * | | <i>Rosa minutifolia</i> | | * | * | |
| <i>Dudleya ingens</i> | | * | * | | <i>Sanicula deserticola</i> | | | * | |
| <i>Echino</i> | | | | | <i>Satureja ganderi</i> | | * | | |
| <i>Echinocereus mombergerianus</i> | | | * | | <i>Sphaeromeria martirensis</i> | | | * | |
| <i>Echinocereus pacificus</i> | | * | | | <i>Stephanomeria monocephala</i> | | | * | |
| <i>Encelia ravenii</i> | | | | * | <i>Ackinaterum bracteatum</i> | | * | | |
| <i>Ericameria cooperi ssp. Bajacalifornica</i> | | * | | | <i>Trifolium wigginsii</i> | | | * | |
| <i>Eriodyctyon sessilifolium</i> | | * | * | | <i>Sphenopholis interrupta ssp. californica</i> | | | * | |
| <i>Eriogonum elongatum var. vollmeri</i> | | * | | | <i>Verbena orcuttiana</i> | | * | | |