



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN GEOGRAFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

**ÁREAS DE GEOCONSERVACIÓN DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA,
MÉXICO: UNA PROPUESTA A PARTIR DE LA REGIONALIZACIÓN FÍSICO-
GEOGRÁFICA**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:
RIGEL ALFONSO ZARAGOZA ALVAREZ

TUTOR
DR. EDWARD MICHAEL PETERS RECAGNO
POSGRADO EN GEOGRAFÍA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
DR. MANUEL BOLLO MANENT
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

DR. JOSÉ RAMÓN HERNÁNDEZ SANTANA
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

MORELIA, MICHOACÁN OCTUBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A ELLA por habernos incluido en su trabajo a ÉL y a mí en un proyecto que rebasa el espacio-tiempo con un alcance infinito no compresible para la mente humana.

A ÉL por otorgarme el privilegio de evolucionar conjuntamente en múltiples niveles y dimensiones.

A mis padres Inés y Alfonso por todo el apoyo que me brindan.

A mis hermanos Cygni, Sirio, Antulio, Selene y Arturo.

Gracias a Miss Angélica y Miss Clarita por todo lo que han realizado para que yo pueda plasmar mi trabajo correctamente.

Agradecimientos

Al Dr. Peters mi infinita gratitud por aceptar el reto de dirigirme la tesis y por su valiosa amistad que fue de lo más importante para llegar a concretarla.

Al Dr. Bollo por haberme brindado su voto de fe y confianza al darme la oportunidad de seguir adelante con el doctorado.

Al Dr. José Ramón Hernández por su invaluable sabiduría que me guió a lo largo de estos años, con sus consejos; y no me cabe la menor duda, que es un ejemplo a seguir.

Al Dr. José Gasca por apoyarme a desarrollar esta tesis, pero sobre todo, por su inestimable amistad.

Al Dr. Luis Miguel Espinosa por sus atinadas recomendaciones, que al final se plasmaron en el documento.

Mi gratitud al Dr. Carlos Martorell, que reconozco como mi segundo tutor, por su brillante aportación y dedicación a mi tesis.

Al Dr. Víctor Sánchez Cordero por toda la distinción de la que fui objeto, en lo concerniente a la introducción de la planeación sistemática de la conservación.

Al Dr. Enrique Martínez Meyer, quien me otorgo su amistad y conocimiento de forma desinteresada, lo que siempre valoraré.

Al Dr. Ernesto Vega, muchas gracias por todo el apoyo que me brindas, y que al final del día siempre te involucre en mi vida académica.

A Ana, Maestro Macario, Penélope y Vicky por la ayuda brindada.

Angie, gracias por el apoyo mutuo en aprender ConsNet, que represento un dolor de cabeza.

A Lorenza y Eduardo por ayudarme en una parte de la tesis.

A Leonel, porque siempre estamos batallando con la geografía.

A C. Jimena, por ser tan convincente para continuar con el doctorado. Pero en realidad, este trabajo es tuyo y recuerda: ¡Tenemos un trato!

A Marina y Rosy por su sincera y generosa amistad que siempre me han brindado.

A Luis Herrera y familia por el gran aprecio que me han brindado en últimos años.

A Don Albert, Lenin, Katia, Rita y Viole por considerarme su amigo.

A mis amigos de la pista de calentamiento en CU: Amado, Carlo, Fer, Rebeca, Rosy, Susy Herrera, Doña Yola, y, por su puesto a mi entrañable Whally.

A Carlos, Cecilia, Eduardo, Ivonne, y Norma, de Tijuana, por su inapreciable compañerismo..

Muchas gracias, a mis entrañables colegas del INE: Alejandra, Carlitos, Elvia, Emmanuel, Erwin, Gil, Jessica, Laura, Lidia, Leoncio, Low, Manuel, Nacho, Noemí, Nora, Paola, Pilar, Raúl Marco, Rodolfo y Rosy.

A Esmeralda por su valioso apoyo.

A Carlita, Gabriela, Miguel, Momis y Montserrat, gracias por su afecto.

Ahora si a toda mi banda, muchas gracias por estar cerca de mi: Adriana, Adriana M.T. Alheli, Begue, Charly, Eidy, Elizabeth, Huicho, Karla, Ludwing, Mac, Marisela, Memo, Montoya, Oscar, Olga, Paloma, Pepe Botas, Pepe pestañas, Roger, Sebastián y Talia.

A CONACYT por el apoyo brindado con la beca de doctorado.

Resumen

La Península de Baja California es reconocida como una de las áreas silvestres mejor conservadas a nivel mundial. Ante el incremento poblacional y las actividades de alto impacto ambiental en la región, surge la necesidad de dotar de elementos que fortalezcan la protección de esta Península. Para ello, se propone un conjunto de áreas prioritarias de geoconservación, tomando como base una regionalización físico-geográfica y la distribución de la riqueza y el endemismo biótico. La propuesta se obtiene mediante un análisis de vacíos de conservación, de la planeación sistemática de la conservación y del grado de disturbio antrópico presente en el área de estudio.

Abstract

The Baja California Peninsula is acknowledged as one of the best-preserved wild areas worldwide. With the growth of population and the increase of activities with high environmental impact in the region, the need to provide elements that strengthen the protection of this Peninsula arises. For this purpose, a set of priority areas of biodiversity geoconservation were proposed through a physical-geographical regionalization and using the distribution of biotic richness and endemism. The proposal was obtain through conservation gap analysis, systematic conservation planning and the degrees of anthropogenic disturbance present in the study area.

ÍNDICE DE CONTENIDO	Pág
Resumen	i
Abstract	i
Índice	ii
Introducción	1
Actualidad científica del tema	3
Planteamiento del problema y justificación	6
Objetivos generales y específicos	7
Hipótesis	8
Estructura de la tesis	8
Novedad científica	10
Capítulo I. Marco teórico-conceptual y metodología	12
I.1 Área de estudio	14
I.2 Principios teóricos de clasificación de la regionalización físico-geográfica	19
I.2.1 Regionalización físico-geográfica de la Península de Baja California	21
I.3 Disturbio antropogénico de los paisajes físico-geográficos y pérdida de riqueza de plantas vasculares: principales enfoques	22
I.3.1 Medición de la riqueza de la flora. Riqueza esperada y máxima	23
I.3.2 Riqueza esperada	24
I.3.3 Variables climáticas que influyen en la riqueza	25
I.3.4 Riqueza máxima	25
I.3.5 Medición del disturbio antropogénico. Grado de disturbio antropogénico	26
I.3.6 Efecto del disturbio antropogénico sobre la riqueza	29
I.4 Áreas de geoconservación y políticas ambientales	30
I.4.1 Riqueza y endemismo de plantas en la Península de Baja California	31
I.4.2 Áreas de geoconservación (AG)	32
I.4.3 Áreas prioritarias de geoconservación (APG) por análisis de vacíos y su disturbio antropogénico	33
I.4.4 Políticas ambientales	35
I.5 Planeación sistemática de la conservación: Sistema de áreas para la geoconservación	36
I.5.1 Sustitutos de la biodiversidad (subrogados) y sus modelos de nicho ecológico	39
I.5.2 Sistemas de áreas para la geoconservación (SAG)	42
I.5.3 Vulnerabilidad en los SAG	44

Capítulo II. Paisajes físico-geográficos de la Península de Baja California: una mirada regional	46
Capítulo III. Disturbio antropogénico y la pérdida de riqueza de plantas vasculares	50
III.1 Análisis del disturbio a través de componentes principales en las regiones físico-geográficas	50
III.2 Efecto del disturbio sobre la riqueza de plantas vasculares	54
III.3 Discusión	59
Capítulo IV. Áreas Prioritarias de geoconservación de la Península de Baja California	64
IV.1 Riqueza y endemismo	64
IV.2 Áreas de geoconservación (AG)	68
IV.3 Áreas prioritarias de geoconservación (APG) y disturbio antropogénico	73
IV.4 Políticas ambientales	79
IV.5 Discusión	82
Capítulo V. Sistemas de áreas para la geoconservación de la Península de Baja California	86
V.1 Sustitutos de la biodiversidad (subrogados) y sus modelos de nicho ecológico	86
V.2 Sistemas de áreas para la geoconservación (SAG)	87
V.3 Vulnerabilidad en los sistemas de áreas prioritarias de geoconservación	95
V.4 Discusión	102
Conclusiones	106
Bibliografía	109
Relación de apéndices	126
Relación de figuras	134
Relación de cuadros	135

Introducción

La distribución de las especies es el resultado de más de 3,5 millones de años de evolución (Hilton-Taylor et al. 2009), y la presente época es considerada como la de mayor biodiversidad en la historia de la Tierra, a pesar de que una proporción considerable de especies se encuentra amenazada a consecuencia de las actividades antropogénicas (Ceballos et al. 2010).

La alta diversidad biológica de México se debe a las interrelaciones sistemáticas en los componentes naturales y a la convergencia de las regiones biogeográficas neártica y neotropical (Espinosa et al. 2008). Una de las bioregiones más importantes del norte de México es el desierto de Baja California, que comprende los desiertos centrales y meridionales de la Península. Esta región biogeográfica es considerada como una de las pocas áreas silvestres remantes a nivel mundial, es decir, grandes extensiones megadiversas, bien conservadas y con baja densidad poblacional (Mittermeier et al. 2002). En este desierto viven alrededor de 3,789 especies de plantas, de las que 754 son endémicas a la Península (Riemann y Ezcurra 2005). La complicada historia biogeográfica del desierto de Baja California es el resultado de la evolución conjunta de los procesos geotectónicos, geomorfológicos y edafológicos, que han generado escenarios físicos, climáticos y biológicos de alta diversidad de especies (Garcillán y Ezcurra 2003). En contraste con esta alta biodiversidad, la Península se encuentra presionada por proyectos turísticos, agropecuarios y mineros, que por su dimensión, se estima tendrán un fuerte impacto ambiental en la región (Ezcurra et al. 2002; Arriaga 2006; Urciaga 2008).

Es ampliamente reconocido que la apropiación del ser humano sobre los ecosistemas está acelerando la extinción de especies dentro de los hábitats en todo el mundo (Tilman 2000), y a su vez, este proceso da lugar a la disminución de la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios ambientales (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Como respuesta, se han hecho importantes esfuerzos por detener y revertir la pérdida de la diversidad biológica, pero estas acciones no han sido suficientes para el tamaño del problema (Butchart et al. 2010).

Por lo anterior, se necesita desarrollar estrategias y políticas para el manejo de paisajes, incluyendo espacios geográficos destinados a diferentes actividades productivas de la sociedad (Margules y Pressey 2000).

En la práctica, es cada vez más complejo conservar amplias áreas, por lo que las regiones pueden ser utilizadas como herramienta de delimitación de áreas de conservación más pequeñas, pero de alto valor biológico y ecológico (Margules et al. 1988; Cocks y Baird 1989; Pressey et al. 1993; Caldecott et al. 1996).

La biología de la conservación surgió como una disciplina emergente, en respuesta a la extinción de la biodiversidad, en la década de los 1980, en la que la meta era, y sigue siendo, la protección y perpetuación de esa biodiversidad (Meine et al. 2006). A partir de esta medida, se ha convertido en un objetivo de los gobiernos, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y organizaciones científicas (Redford y Richter 1999). La aplicación de esta disciplina ha encontrado un buen instrumento a través de la creación de áreas protegidas (Adams y Hutton 2007).

Otro enfoque utilizado para la conservación del territorio es el de la geoconservación. La geoconservación tiene como objetivo conservar la diversidad de la tierra y sus sistemas lo que permite que sus procesos continúen su funcionamiento y evolución de una manera natural, para el mantenimiento tanto de la geodiversidad y la biodiversidad (Sharples 1993).

La geoconservación busca identificar los sitios con valor geológico, geomorfológico y biológico, además de clasificarlos y organizarlos, combina métodos cualitativos y cuantitativos, como un requisito necesario para preservar y gestionar el paisaje natural (Ruban 2010; Knight 2011).

El paisaje natural o geosistema es una porción de la superficie terrestre, de cualquier dimensión, compuesta de elementos naturales (litología, relieve, masas de aire atmosférico, clima, agua, suelos, flora y fauna), que se encuentran en una relación sistemática y evolucionan en la interfase sociedad-naturaleza en constante intercambio de materia y energía (Salinas 2005; Mateo y da Silva 2007).

Los paisajes de nivel regional están compuestos por elementos naturales y antropogénicos, donde se toma en cuenta la interacción del hombre con los componentes naturales y sus consecuencias para el paisaje natural; es decir, las acciones modificadoras que transforman los paisajes naturales (Mateo et al. 2007).

Actualidad científica del tema

Dado que la conservación, a partir de Áreas Naturales Protegidas, no es tan eficaz en muchos de los casos y ha sido insuficiente para la protección de la diversidad biológica (Ceballos

2007), se han diseñado métodos para proponer áreas prioritarias de conservación, entre los que se destaca el análisis de vacíos (Scott et al. 1993) y la planificación sistemática de la conservación (algoritmos de selección de reservas) (Kirkpatrick 1983). Estos dos enfoques se desarrollaron durante la década de 1980, con el objetivo de distribuir de forma más eficiente los escasos recursos disponibles para la protección de la biodiversidad (Prendergast et al. 1999; Margules y Sarkar 2009).

El análisis de vacíos es un método para identificar omisiones de conservación en las redes existentes de áreas protegidas de una región determinada. Se desarrolló en los Estados Unidos de América y se apoya en la utilización de la tecnología de sistemas de información geográfica (Sowa et al. 2007). Por otro lado, la planeación sistemática de la conservación se centra en la localización, diseño y gestión de áreas prioritarias de conservación mediante algoritmos de selección de reservas (Justus y Sarkar 2002; Knight et al. 2006).

México cuenta con un número importante de áreas protegidas para la conservación de la diversidad biológica, sin embargo, es ampliamente reconocido que son insuficientes, por lo que se han realizado distintos esfuerzos para cubrir estos vacíos de conservación. Por ejemplo, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, en colaboración con otras instituciones, evaluaron diversos enfoques para identificar vacíos de conservación con el fin de establecer nuevos sitios para la conservación de la biodiversidad terrestre (Conabio-Conanp-TNC-Pronatura-FCF, UANL 2007).

La geoconservación se caracteriza como un enfoque emergente dentro de las ciencias de la Tierra (geología) y del Espacio (geografía), en el que su objetivo primordial es la conservación de los recursos de la Tierra (Henriques et al. 2011).

El concepto de conservación de la geodiversidad es relativamente nuevo, se adoptó en varios países desde principios de los años 90, inicialmente en Tasmania y Australia (Sharples 1993; 2002), posteriormente en Europa y otros países (Nieto 2001; Brilha 2005; Brocx y Semeniuk 2007).

En la actualidad hay dos formas de conceptualizar la geoconservación, una de ellas parte de la geodiversidad, que propone conservar el patrimonio geológico, la geomorfología y las características del suelo (Erikstad 2013; Prosser 2013; Prosser et al. 2013) y, la otra, que es la que se emplea en la presente investigación, se encamina a la conservación natural en la que se toma en cuenta la geodiversidad y la biodiversidad (Nieto 2001; Gray 2011; Larwood et al. 2013).

La geoconservación, a partir de su propuesta de clasificación en: geositorios, geomorfositorios y geoparques, ha sido aplicada en diferentes partes del mundo, sin embargo, en México su utilización ha sido incipiente debido, en parte, a la falta de un marco jurídico que la reconozca (Palacio 2013).

Por lo tanto, la presente tesis hace una propuesta innovadora para la Península de Baja California, dado que emplea un enfoque integrador para la conservación de la naturaleza, desde su perspectiva biótica y abiótica.

Planteamiento del problema y justificación

La Península de Baja California es ampliamente reconocida por su riqueza biológica y alto grado de endemismos, y por contar con algunas de las áreas silvestres mejor conservadas a nivel mundial. Sin embargo, esta extraordinaria diversidad biológica se encuentra amenazada por diversas actividades humanas.

Las fuentes de presión sobre la diversidad biológica en la Península se deben a la naturaleza extractiva y extensiva de las actividades agropecuarias, la sobreexplotación de los recursos hídricos y a los cambios de uso de suelo generados por los desarrollos turísticos e industriales que se han llevado a cabo desde mediados del siglo pasado (Arriaga 2006; Cariño y Monteforte 2008).

Aunque estas amenazas están bien identificadas, y el Gobierno y la sociedad civil han hecho importantes esfuerzos para la conservación y desarrollo sustentable de la región, es ampliamente reconocido que la presión sobre los recursos naturales va en aumento.

En ese sentido, el presente trabajo se fundamentó en el contexto de la Geografía Física Compleja, la Biología de la Conservación y la Geoconservación. Para generar una propuesta de áreas prioritarias de geoconservación (APG), que toma en cuenta a los paisajes físico-geográficos, a nivel regional, como base esencial para una preservación integral de la diversidad biológica de la Península de Baja California.

Debido a que el paisaje es un sistema espacial o territorial compuesto por elementos naturales que se encuentran condicionados socialmente, se decidió evaluar esta condición mediante la determinación del grado de presión antrópica sobre los paisajes naturales originales.

Por medio de la conjunción de diversos factores que producen disturbio antropogénico, se evaluaron los efectos de una prolongada acción antropogénica sobre la Península, teniendo como unidad espacial las regiones físico-geográficas.

Esta situación motivó la necesidad de realizar un proyecto que incluyera; (1) un diagnóstico del estado de protección de los recursos naturales de la Península, (2) un análisis espacial de las principales fuentes de amenaza, y (3) una propuesta innovadora de conservación territorial integral que incluye tanto los elementos bióticos como los abióticos del paisaje.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Generar una propuesta de áreas prioritarias de geoconservación para la Península de Baja California, partiendo de un análisis de vacíos, de la planeación sistemática de la conservación y del disturbio antrópico, que tome como base la regionalización físico-geográfica.

Objetivos específicos

1. Determinar los niveles de disturbio antropogénico y su efecto sobre la biodiversidad (riqueza de especies de flora vascular) en cada una de las regiones físico-geográficas.
2. Realizar una propuesta de áreas prioritarias de geoconservación por medio de un análisis de vacíos, en el que se emplea a la riqueza y el endemismo como variables biológicas, y como base espacial los distritos y las regiones físico-geográficas.

3. Proponer un sistema de áreas de geoconservación por medio de la planificación sistemática de la conservación.

Hipótesis

La regionalización físico-geográfica (RFG) provee unidades espaciales que, por sus características de integralidad ecológica, resultan ideales para generar propuestas de áreas de geoconservación. La priorización de estas áreas se puede lograr partiendo de un análisis de vacíos, de la planeación sistemática de la conservación y de determinar el grado de disturbio antropogénico a la cual están sujetos los paisajes estudiados.

Estructura de la tesis

La tesis está conformada por una Introducción general, cinco capítulos, conclusiones, bibliografía y una relación de apéndices, figuras y cuadros.

La bibliografía se cuenta con 18 citas antes de 1990, con 40 entre el periodo de 1990 al 2000 y del 2000 al presente de 154 citas.

El capítulo 1, “**Marco teórico-conceptual y metodología**”, inicia con una descripción del área de estudio, posteriormente muestra los principios teóricos de la regionalización físico-geográfica, se abordan conceptos como el análisis de vacíos, la planeación sistemática de la conservación y la geoconservación y se describe con detalle la metodología y las bases teóricas utilizadas para determinar el disturbio antropogénico en el área de estudio.

En el capítulo 2, **“Paisajes físico-geográficos de la Península de Baja California: una mirada regional”**, presenta los resultados mejorados de la tesis de maestría del autor de la presente investigación, titulada “Tipología y Regionalización Físico-Geográfica de la Península de Baja California, México”.

En el capítulo 3, **“Disturbio antropogénico y la pérdida de riqueza de plantas vasculares”**, se exponen los resultados del disturbio antropogénico en los paisajes a nivel de región físico-geográfica. Las regiones donde se detectó el mayor disturbio corresponden a los sitios con mayor población, lo que es consecuencia de los procesos históricos y socioeconómicos. La relación entre el disturbio antropogénico y la pérdida de riqueza de flora vascular fue un patrón inverso a lo esperado empíricamente, ya que a mayor disturbio se obtuvo mayor riqueza. Sin embargo, al analizar de manera independiente cada variable se encontró que a mayor número de cabezas de ganado, hay menor riqueza de plantas vasculares.

En el capítulo 4. **“Áreas prioritarias de geoconservación de la Península de Baja California”**, se propone un conjunto de APG, en el que se utiliza como base la regionalización físico-geográfica (Zaragoza et al. 2013) y la distribución de la riqueza y el endemismo de plantas vasculares. Mediante un análisis de vacíos de conservación se obtuvo como resultado que, una amplia superficie de la Península (con alta diversidad biológica) no está protegida. Se propone que para tener un espacio geográfico que proteja adecuadamente los objetos de conservación, es necesario sumar las áreas de vacíos de conservación detectados en este estudio al área de la Península que actualmente está legalmente protegida.

En el capítulo 5 **“Sistemas de áreas para la geoconservación de la Península de Baja California”**, la propuesta utiliza la metodología de la planeación sistemática de la

conservación, a diferencia del capítulo 4, donde el resultado es mediante un análisis de vacíos. Con 121 subrogados de flora vascular y de herpetofauna, que forman parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), se realizaron modelos de nicho ecológico y fueron evaluados con las pruebas de Jackknife y ROC parcial. En los subrogados resultantes de las dos pruebas anteriores, se empleó el Software ConsNet para proponer áreas prioritarias de conservación por medio de un análisis multivariado. A través de la superposición cartográfica entre las regiones físico-geográficas y las áreas prioritarias de conservación se hizo una propuesta de geoconservación.

Novedad científica

La consideración conjunta de la biodiversidad y la geodiversidad es indispensable para la caracterización completa de la diversidad natural y un primer paso hacia el desarrollo sustentable. Se trata, entonces, de conseguir un nexo entre el hombre, los paisajes y su cultura, a través de la interacción de la biodiversidad, los suelos, las rocas y el ambiente urbanizado.

La protección y uso sustentable de la diversidad biológica está sujeta a la conservación de la geodiversidad, y esto invita al estudio conjunto e integrado de toda la naturaleza (Nieto 2001). Para ello, la presente tesis propone por primera vez un esquema de APG para la Península de Baja California bajo una visión holística e integradora.

La definición de geoconservación en este trabajo incluye, de manera conjunta los conceptos de biodiversidad y geodiversidad, en otras palabras, se busca conservar los elementos

bióticos y abióticos del paisaje bajo un novedoso esquema espacial basado en unidades físico-geográficas (Zaragoza et al. 2013).

Resulta innovador aplicar, por primera vez, metodologías como son el análisis de vacíos, la planeación sistemática de la conservación y el disturbio antropogénico, teniendo regiones y distritos físico-geográficos como unidades espaciales. Lo anterior debido a que habitualmente para ello solo se han utilizado la distribución geográfica de las especies u otros componentes del ecosistema (Newton et al. 2011; Zimmerman et al. 2010; Ureta y Martorell 2009; Martorell y Peters 2009; Speziale et al. 2008).

Por otro lado, esta tesis contribuye a que los términos biodiversidad y geodiversidad se acerquen para formar una concepción más amplia de la diversidad natural (Erikstad 1999).

También, con esta contribución, se pretende no sólo hacer un aporte al conocimiento científico, sino presentar una propuesta que trascienda a los ámbitos de la ciencia aplicada como son la planeación territorial, la restauración de los ecosistemas y la gestión ambiental.

Capítulo I. Marco teórico-conceptual y metodología

La presente investigación tomo como base espacial una versión mejorada de la regionalización físico-geográfica de la Península de Baja California (Zaragoza 2010). En cada región y/o distrito físico-geográfico se estimó, como indicador de la biodiversidad, la riqueza y el endemismo, y su riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para tener un entendimiento del grado de amenaza de los ecosistemas se midió el grado de disturbio al cual están sujetas las especies, mediante un grupo de variables selectas, indicadoras de los efectos de las actividades humanas.

Partiendo de la regionalización físico-geográfica, la riqueza y el endemismo, así como el disturbio antropogénico de la Península de Baja California, mediante dos metodologías de la biología de la conservación: (1) el análisis de vacíos (AV) y (2) la planeación sistemática de la conservación (PSC), se procedió a generar propuestas de áreas de geoconservación (Figura 1). La geoconservación en este trabajo se define como la acción de conservar el capital natural en el que se toma en cuenta la geodiversidad y la biodiversidad de manera integral.

El análisis de vacíos es un método para identificar omisiones de conservación en las redes existentes de áreas protegidas de una región determinada. Como parte de los productos derivados con esta metodología se obtiene un mapa de políticas ambientales conforme a la LGEEPA.

La planeación sistemática de la conservación se centra en la localización, diseño y gestión de áreas prioritarias de conservación mediante algoritmos de selección de reservas.

A través de estas dos metodologías se proponen áreas de geoconservación para el caso del AV se trata de áreas prioritarias de geoconservación, mientras que para la PSC se define como sistema de áreas de geoconservación.

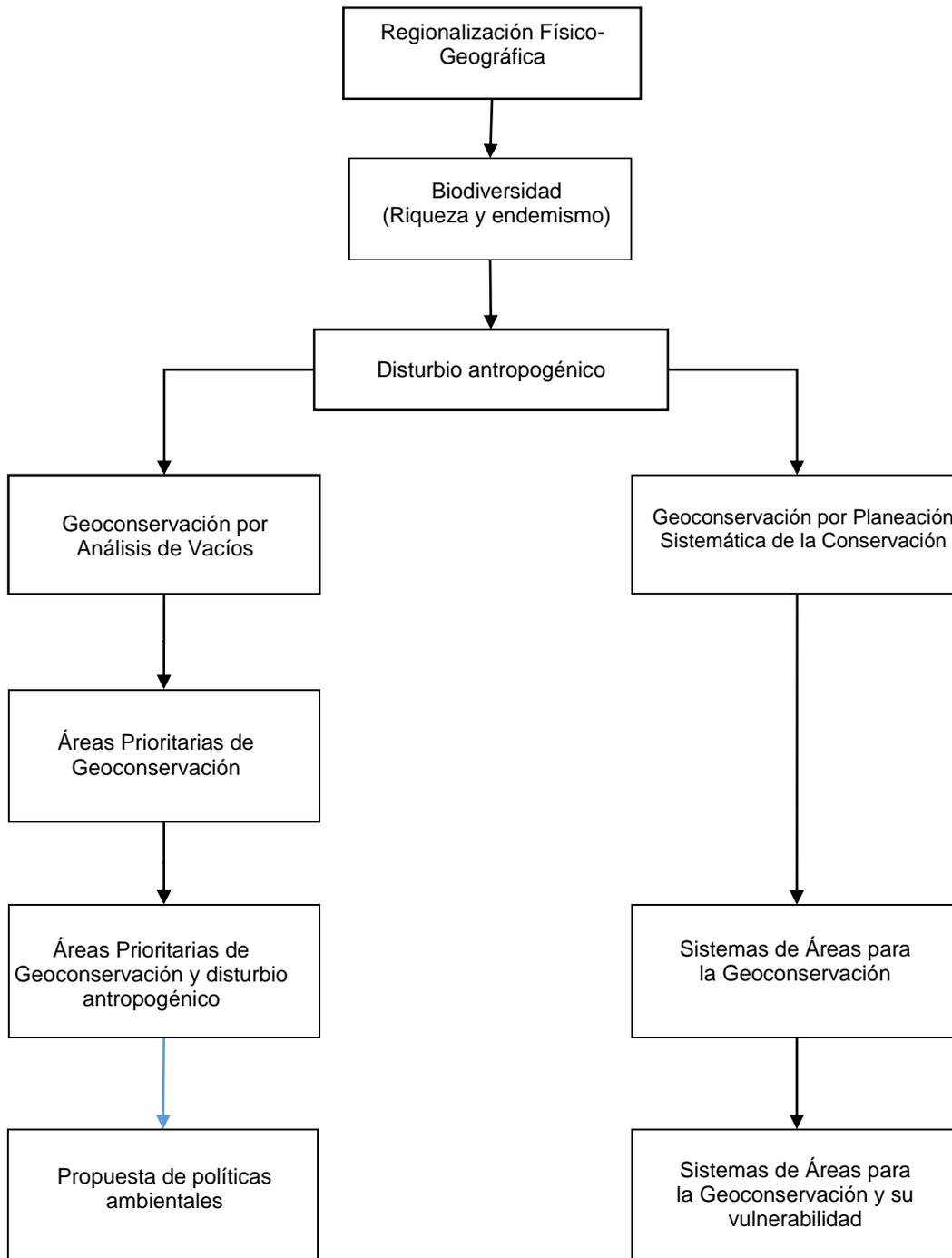


Figura 1. Diagrama metodológico (Fuente: elaboración propia)

I.1 Área de estudio

La Península de Baja California, México, tiene sus límites con la frontera de los Estados Unidos de América a los 32° 32' de latitud norte, y en la parte sur, con Cabo San Lucas, en los 22° 52' N. Se encuentra limitada al oriente por el Golfo de California, y al occidente por el océano Pacífico Norte. Cuenta con una superficie aproximada de 145,000 km². Su longitud es de 1,200 kilómetros y su ancho varía entre los 50 y los 100 kilómetros (Figura 2).

La conformación geológica de la Península se debe fundamentalmente al desarrollo de los movimientos tectónicos. Se caracteriza por el predominio del relieve, propio de las regiones volcánicas cuaternarias, tal como volcanes alineados y sobrepuestos que crean grandes elevaciones, cercados de lava, sobre todo en la vertiente occidental, con diferente grado de disección vertical. La erosión fluvial originada por el levantamiento más acelerado en la costa oriental de la Península da origen a la remoción de rocas, colocadas en las laderas inferiores, en el que forma piedemontes en lugares básicos de acumulación exógena. Sin embargo, en la vertiente occidental se presenta una fuerte erosión remontante en las mesas (Lugo 1990; Grismer 2000).

La Península está dividida en tres regiones o provincias climáticas: 1) región noroeste, en la que se registran los climas secos o muy secos y subhúmedos; 2) región Golfo de California, donde predominan los climas muy secos y semisecos; y 3) región Pacífico Central, allí prevalecen los climas muy secos, semisecos y cálidos húmedos (Vidal 2005).

Una de las grandes amenazas hacia el Desierto de Baja California lo representa el continuo crecimiento de la población. Esta región ha estado habitada, por lo menos, durante los últimos 13,000 a 11,000 años (Laylander 2006; Fujita 2008). A la llegada de los españoles se

estimaba una población indígena nómada de 40,000 a 50,000 individuos (Cook 1937). Con el establecimiento español en la Península, los indígenas californios desaparecen, y así queda registrado en los censos de esa época (Rodríguez 2002) y en el censo de Revillagigedo (1794), que arroja una cifra de 9,000 habitantes.

Con el auge de la minería, el desarrollo de la agricultura y la ganadería, a mediados del siglo XIX se incrementó el número de habitantes provenientes de diferentes partes del país y del extranjero, en la parte sur de la Península (Trejo 1999; Trejo 2005; León-Portilla y Muriá 2009). Para 1887 la Península contaba con una población de 34,668 personas (Lemoine 1959). En 1930 la población se elevó a 95,000, y en el censo de 1940 se registraron 130,000 habitantes (León-Portilla 1995).

En censo de 1950 la población ascendía a 287,829 personas; para 1970 estaba en 998,440; en 1990 era de 1,978,619 (INEGI 1996), y en último censo que se llevó a cabo en el 2010, se registraron 3,792,096 habitantes (INEGI 2013a).

El incremento de la población a partir de 1940, en la parte norte de la Península, es significativo, ya que es la consecuencia de tres políticas públicas del estado mexicano: 1) El Régimen de Zona Libre en la frontera entre el estado de Baja California, México, y el estado de California, EEUU.; 2) el Programa Nacional Fronterizo; 3) el Programa de Industrialización de la Frontera (Barajas 2002).

Las dinámicas económicas que han marcado el crecimiento de la población en la Península de Baja California, que comenzaron a perfilarse a mediados del siglo XIX, con las políticas que ha implementado el gobierno federal en la agricultura, ganadería, turismo y desarrollo industrial (Barajas 2002; Martínez 2002) han generado cierto tipo de disturbio antropogénico,

ya sea agudo o crónico, en los paisajes de la Península, modificando la estructura, funcionamiento y dinámica de los paisajes naturales, lo que resulta la formación de paisajes antrópicos de diferentes etapas históricas, lo que ha reducido y desplazado a la biodiversidad.

La industrialización iniciada con el Programa Maquilador, en la parte norte de la Península, ha generado un crecimiento acelerado de la población, convirtiéndose en un centro de atracción de constantes migraciones, lo que ha propiciado una fuerte degradación ambiental, como el uso inadecuado de recursos naturales (Alfie 2002), además de producir residuos peligrosos de la industria maquiladora (Castillo et al. 2013).

El rápido desarrollo de la infraestructura correspondiente a la actividad turística y residencial en la Península de Baja California, ha propiciado un impacto ecológico y ambiental, principalmente, en los ecosistemas costeros (Guido 2007), destacándose en los corredores turísticos Tijuana-Rosarito-Ensenada (Propin, et al. 1997), Loreto-Nopolo-Puerto Escondido (De Sicilia 2000) y el corredor Turístico Los Cabos (López y Sánchez 2002; Angeles et al. 2009).

Antes de la llegada de los jesuitas a la Península de Baja California, los indígenas se dedicaban únicamente a la recolección y a la caza; pero fue con el establecimiento de las misiones cuando se inicia la agricultura y la ganadería como actividades económicas básicas (Jordán 1993; Martínez 2002). En un principio la agricultura estaba directamente vinculada a las necesidades alimentarias de las misiones; sin embargo, a mediados del siglo XIX se crean las bases para la comercialización de esta actividad en la parte sur de la Península, y es a finales de este siglo y principio del siglo XX cuando se desarrolla en la parte norte. Todo esto fue posible con la fundación de núcleos poblacionales en Tecate, Ensenada, San Quintín, Tijuana y Mexicali (Acevedo 2004; Padilla 2006; Padilla 2010; León-Portilla y Piñera 2011),

lo que ha generado desde entonces una fuerte explotación de acuíferos y suelo (Cariñoy Monteforte 2008). En la parte sur de Península se optó por la producción de hortalizas orgánicas, no obstante, ésta se convierte en una de las más costosas del país por la extracción de recursos hídricos subterráneos (Villa y Bracamonte 2013).

Aun siendo mínimos los estudios sobre el deterioro ambiental por la ganadería en la Península, es notoria la amenaza y la pérdida de biodiversidad generada por el ganado bovino y el cerdo asilvestrado de la especie *Sus scrofa* en la Sierra de La Laguna (Arriaga 2006; Solís et al. 2009).

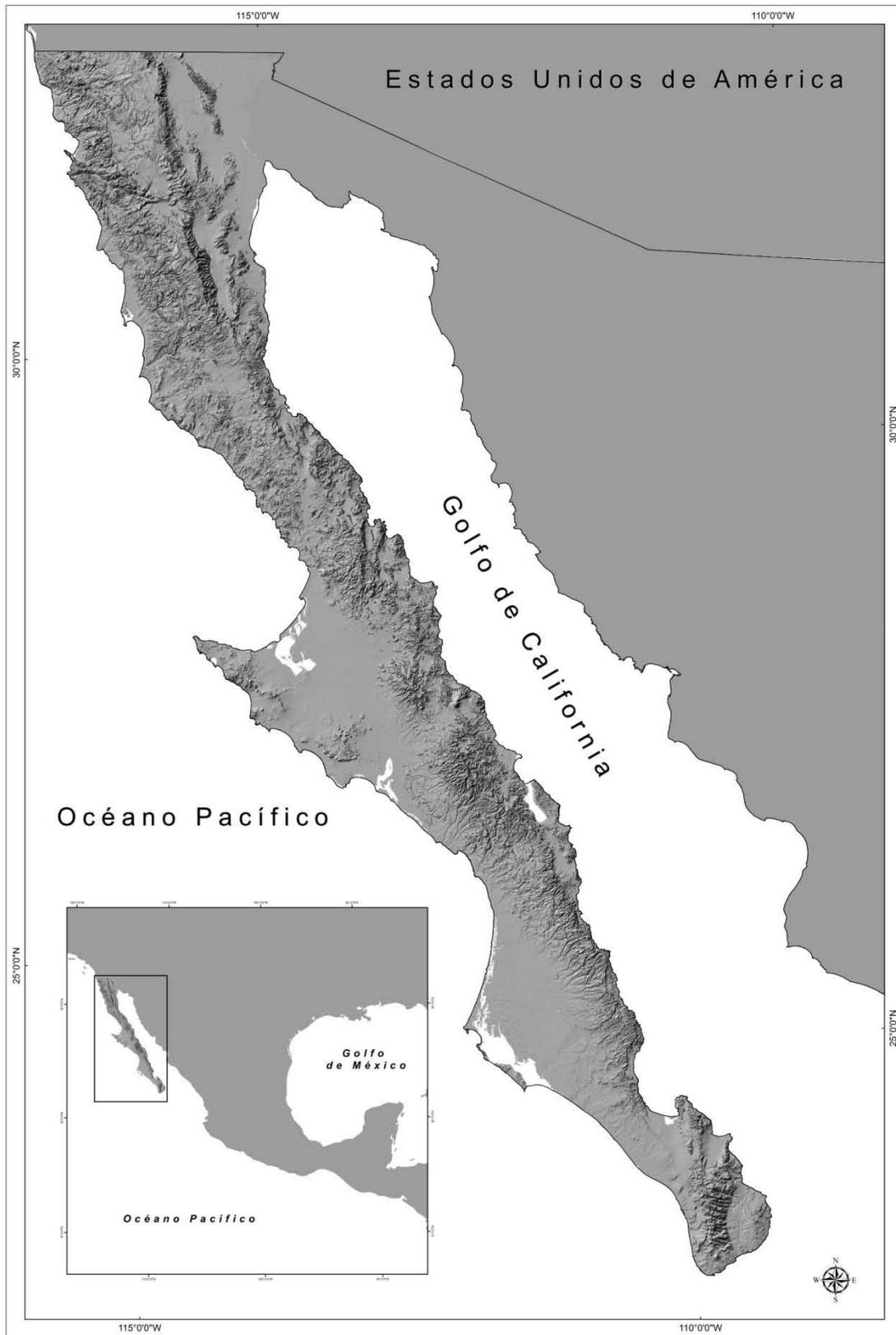


Figura 2. Área de estudio (Fuente: elaboración propia)

I.2 Principios teóricos de clasificación de la regionalización físico-geográfica

La regionalización y la tipología físico-geográfica son métodos universales de ordenar, organizar y clasificar la superficie terrestre; han sido ampliamente utilizadas en los estudios geográficos y se expresan a través de la cartografía de los paisajes. La clasificación de los paisajes naturales a nivel regional se puede realizar, entonces, por dos vías: a través de la regionalización físico-geográfica o por medio de la tipología físico-geográfica (Isachenko 1973; Mateo et al. 2007).

La tipología físico-geográfica o de paisajes consiste en el esclarecimiento, clasificación y cartografía de los complejos físico-geográficos o paisajes de rango tipológico y la comprensión de su composición, estructura, relaciones, diferenciación y desarrollo. Los paisajes tipológicos se caracterizan por poseer rasgos comunes principales que son inherentes no sólo a las unidades que se encuentran cerca sino a aquellas separadas por largas distancias; son repetibles en el espacio y el tiempo, distinguiéndose de acuerdo los principios de analogía, homogeneidad relativa, repetitividad y pertenencia a un mismo tipo (Mateo et al. 2007). Espacialmente los contornos de un mismo paisaje, en esta forma de clasificación, no forman un área común, pudiendo estar separados en diferentes y numerosos espacios.

En particular, la regionalización físico-geográfica (RFG), es un sistema de subdivisión territorial de la superficie terrestre que tiene una unidad interna y rasgos distintivos de la naturaleza del proceso de identificación; es una forma de síntesis en la geografía física. La RFG puede ser definida como un tipo fundamental de la sistemática de los complejos naturales territoriales y como un método de identificación de las partes individuales específicas de la envoltura geográfica. La RFG incluye el estudio de la subordinación de los

complejos naturales territoriales o paisajes y la integración de sus características (Isachenko 1991). Las unidades de la RFG expresan la relación entre los componentes naturales (roca, relieve, clima, suelo, agua, y seres vivos) a cualquier nivel taxonómico o escala; en particular, son individuos físico-geográficos porque son espacios que se establecen de acuerdo a los rasgos propios, únicos, resultado de la interacción entre los componentes naturales que les dan origen. Son irrepetibles en el espacio (paisajes individuales o individuos físico-geográficos) (Mateo et al. 2007).

Sin embargo, a nivel regional, entre los paisajes regionales y tipológicos asociados a un mismo territorio existe una determinada conexión, a cada unidad individual le corresponde una asociación de paisajes tipológicos, lo que tiene mucha relación con el método para establecer la regionalización físico- geográfica de un espacio o territorio.

La RFG de México se encuentra en proceso de elaboración y aun no abarca todo el territorio mexicano en la distinción de las unidades inferiores. Las unidades superiores de la RFG del territorio mexicano se presentan en el trabajo, la tipología físico-geográfica regional como base para la regionalización físico-geográfica de México (Bollo 2012) a partir de un enfoque geoecológico o paisajístico, quien establece las unidades taxonómicas superiores de la RFG y sus índices diagnóstico; dichas unidades fueron:

Subcontinente físico-geográfico, país físico-geográfico, el territorio físico- geográfico y la provincia físico-geográfica como unidades superiores del sistema; y la sub-provincia físico-geográfica, el distrito físico-geográfico y la región físico-geográfica como las unidades inferiores.

El método aplicado para realizar esta clasificación (Isachenko 1973) se conoce como el método de distinción de los complejos regionales de la RFG sobre la base del análisis del mapa tipológico regional de los paisajes (que parte de dos principios; primero, que la clasificación tipológica regional de los paisajes caracteriza la estructura de la envoltura geográfica a ese nivel, por lo que constituye una buena base para la RFG y segundo, que a escala regional cualquier unidad de la RFG es el resultado de la asociación definida de paisajes (de carácter tipológico) en cada nivel taxonómico de la RFG.

I.2.1 Regionalización físico-geográfica de la Península de Baja California

La Península de Baja California constituye una provincia físico-geográfica en la RFG de México. Las unidades taxonómicas inferiores que la conforman son subprovincias, distritos y subdistritos físico-geográficos (Zaragoza 2010). Para esta regionalización se tomó como base el mapa tipológico de los paisajes físico-geográficos de México (Priego et al. 2008). Así en los límites de cada subprovincia físico-geográfica se realiza la sobreposición cartográfica de los tipos de paisajes del mapa de paisajes físico-geográficos de México, y por asociación de tipos de paisajes físico-geográficos se obtienen los distritos que conforman la subprovincia, cada distrito físico-geográfico así obtenido se le sobrepone el mapa de grupos de paisaje del mapa de paisajes físico-geográficos, y por asociación, se establecen los subdistritos físico-geográficos. Cada una de las unidades de paisaje de los distritos y de las subdistritos posee su propio nombre y se obtienen por medio de la consulta de la

denominación de los rasgos naturales, que se encuentran en las cartas topográficas, a escala 1:250,000, de INEGI (1995-1997) y de la toponimia local de la Península de Baja California.

Partiendo del trabajo de Zaragoza (2010) se llevó a cabo una corrección de los límites de las regiones físico-geográfica, a partir de una interpretación visual. Se utilizaron las ortofotos de INEGI (<http://gaia.inegi.org.mx/NLB/mdm5.wms>) y las imágenes de satélite Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM +. Las imágenes Landsat se descargaron del servidor glovis (<http://glovis.usgs.gov/>).

I.3 Disturbio antropogénico de los paisajes físico-geográficos y pérdida de riqueza de plantas vasculares: principales enfoques

Los seres humanos en las últimas cinco décadas han intensificado el uso, transformado, perturbado y degradado los ecosistemas globales como en ningún otro período de la historia humana (Millennium Ecosystem Assessment 2005), lo que ha dado como resultado la reducción y extinción acelerada de la diversidad de especies, dentro de muchos hábitats en todo el mundo (Tilman 2000). Estos cambios en la biodiversidad están teniendo consecuencias directas en los servicios de los ecosistemas, y un impacto en las actividades económicas y sociales del hombre (Chapin et al. 2000); por consiguiente, está en aumento la inquietud de la sociedad por el futuro del medio ambiente y su capacidad de suministrar servicios necesarios para mantener la civilización humana (Steffen et al. 2007).

Este impacto de la acción humana en los ecosistemas, por su frecuencia e intensidad, llega a generar un disturbio agudo o crónico (Singh 1998). Los disturbios antropogénicos son el resultado de actividades sociales que se organizan en diferentes niveles del espacio

geográfico (Zurlini et al. 2007). El disturbio es uno de los principales factores que influyen en la dinámica del paisaje (Rykiel et al. 1988).

Numerosos ecosistemas del mundo se encuentran dominados directamente por el hombre y otros pocos se encuentran libres de su influencia (Vitousek et al. 1997). Algunos lugares, con baja densidad poblacional y alta diversidad biológica, son considerados como áreas silvestres que abarcan, aproximadamente, 81 millones de km² de la superficie terrestre del planeta (Mittermeier et al. 1999), y se encuentran amenazadas por el crecimiento de la población, la expansión agrícola y la extracción de recursos naturales. Dentro de las 37 áreas silvestres reconocidas a nivel mundial se encuentra el desierto de Baja California.

I.3.1 Medición de la riqueza de la flora. Riqueza esperada y máxima

Para obtener un indicador de la biodiversidad para cada región físico-geográfica se estimó la riqueza de la flora. La información sobre la riqueza de flora vascular fue obtenida del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de México, de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que contiene los registros georreferenciados de la riqueza de flora en la Península de Baja California (Fernández 1997; León De La Luz 1998; Delgadillo 1999; Delgadillo 1999; Gutiérrez 1999; León De La Luz 1999; Riemann 1999; Delgadillo 2000; Panero 2003; Pérez 2005; Fernández 2007; Villaseñor 2008).

Para atender posibles sesgos en la colecta (muestreo) de ejemplares biológicos en la Península, y evitar comparaciones no válidas de los distintos valores de riqueza por región, se utilizó un método de rarefacción.

I.3.2 Riqueza esperada

La rarefacción o riqueza esperada es un método estadístico que permite hacer comparaciones del número de especies entre comunidades cuando el tamaño de las muestras no es igual. Calcula el número esperado de especies (riqueza esperada) de cada muestra (número de registros georreferenciados por región), si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar.

Para ello, se utilizó el programa EstimateS 9 que es una aplicación de software libre para sistemas operativos Windows y Macintosh. Está diseñado para ayudar a evaluar y comparar la diversidad y composición de los ensamblajes de especies basados en datos de muestreo. EstimateS calcula una variedad de estadísticas para la biodiversidad, incluyendo la rarefacción, extrapolación, estimadores de riqueza de especies, índices de diversidad, entre otros (Colwell 2013).

Dado que rarefacción es un método que utiliza la interpolación de los datos para calcular la riqueza esperada en un área determinada, en aquellos sitios donde se tienen pocos registros, no es recomendable calcular la riqueza esperada mediante este método. Para atender esta limitación, el programa EstimateS permite calcular la riqueza esperada mediante extrapolaciones del número de especies en aquellos sitios con pocas colectas.

Siguiendo las recomendaciones del programa se utilizó el método de rarefacción para las regiones físico-geográficas con más de 150 registros, y se extrapoló en aquellas regiones con registros georreferenciados entre 20 y 150 especies.

I.3.3 Variables climáticas que influyen en la riqueza

Para medir el efecto de las variables climáticas sobre la riqueza esperada se midió el efecto de la temperatura y la precipitación sobre ésta variable, por medio de los índices de aridez de Lang y De Martonne, con los datos de 180 estaciones meteorológicas (García 2004; IMTA 2013), en cada una de las regiones físico-geográficas.

I.3.4 Riqueza máxima

Una vez calculada la rarefacción y los índices de aridez es posible calcular la riqueza máxima por región para entender cómo influye el clima sobre esta variable y determinar si existe algún efecto como el disturbio u otro factor que influya sobre este valor. En términos prácticos conocer la riqueza máxima por región nos ayuda a comparar entre regiones y por ejemplo determinar cuáles son prioritarias para su conservación (dada su riqueza).

Por otro lado, dado que las regiones tienen áreas distintas y esto puede afectar la comparación de la riqueza entre áreas, se eliminó el efecto de área como sugieren Garcillán y Ezcurra (2003).

A manera de síntesis, la riqueza máxima se calcula a través de un análisis de frontera estocástica y se emplea la riqueza obtenida del análisis de rarefacción, el área de las regiones estandarizadas y los índices de aridez (Aigner et al. 1977; Meeusen y Van den Broeck 1977; Battese y Coelli 1992; Cubillo et al. 2012), para ello se utilizó el paquete Frontier (Coelli y Henningsen 2013).

I.3.5 Medición del disturbio antropogénico. Grado de disturbio antropogénico

En este trabajo se optó por medir el disturbio en el área de estudio, para poder expresar las amenazas y la vulnerabilidad en las propuestas de geoconservación, y así orientar a los administradores del territorio sobre las acciones complementarias requeridas a la conservación de estos espacios.

El disturbio antropogénico es importante conocerlo y medirlo ya que da información útil para los manejadores del territorio. Cualquier propuesta de áreas de conservación requiere estar acompañada de información sobre los efectos de las actividades humanas, para conocer las oportunidades, limitaciones y políticas para su real manejo y conservación.

El disturbio antropogénico se midió teniendo como base para el análisis espacial la cartografía de los paisajes físico-geográficos de la Península de Baja California, y se recurrió en particular a la unidad taxonómica de región físico-geográfica (Zaragoza et al. 2013).

Para medir el disturbio antropogénico (Martorell y Peters 2005) a escala regional, que afecta el funcionamiento y la dinámica de los paisajes en la Península de Baja California se registraron trece variables, obtenidas de los siguientes fuentes: la carta topográfica, a escala

1:50,000 (INEGI 2008); de la carta de uso del suelo y vegetación, a escala 1:250,000 Serie IV(INEGI 2007-2008); el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI 2013a); el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, por área geoestadística básica rural (INEGI 2013b) y, por último, se utilizó la Carta de degradación del suelo causada por el hombre, a escala 1:250,000 (SEMARNAT y Colegio de Posgraduados 2002). Dichas variables fueron:

1. Vegetación inducida (VEGI). Área de bosque inducido, palmar inducido, pastizal cultivado y pastizal inducido dentro de cada región físico-geográfica.
2. Agroecosistema (AGRO). Es la superficie que abarcan los distintos tipos de agricultura y actividades acuícolas en cada región físico-geográfica.
3. Asentamientos humanos (ASET). Es el área de los asentamientos poblacionales por región físico-geográfica.
4. Población (PERS). Número de personas que habitan dentro de una región físico-geográfica.
5. Acueducto (ACUE). Número de conductos artificiales empleados para transportar agua potable, dentro de una región físico-geográfica.
6. Bordo (BORD). Número de obras que sirven para la captación y el almacenamiento de agua, presentes en cada región físico-geográfica.
7. Minas (MINA). Número de minas dentro de una región físico-geográfica.
8. Ganado bovino (GBOV). Número total de cabezas de ganado bovino por región físico-geográfica.

9. Ganado menor (GMEN). Número total de cabezas de ganado porcino, caprino y ovino por región físico-geográfica.

10. Longitud de caminos (CAMI). La extensión de caminos no pavimentados, expresados en kilómetros por región físico-geográfica.

11. Longitud de carreteras (CARR). La extensión de vías de transporte terrestre pavimentada, expresada en kilómetros por región físico-geográfica.

12. Longitud línea de transmisión (TRAN). La extensión de cables aéreos usados para la conducción de energía eléctrica expresada en kilómetros lineales por región físico-geográfica.

13. Erosión (EROS). Es el área que ocupa la erosión causada por el hombre dentro de cada región físico-geográfica.

El disturbio antropogénico se reconoce como una variable multidimensional, como se aprecia en el presente trabajo donde se midieron las 13 variables arriba citadas. Para poder calcular el aporte de cada variable al disturbio en cada región, se requirió utilizar alguna técnica de análisis multivariado. Se optó por un análisis de componentes principales (ACP) (Hair et al. 1987), ya que permite integrar muchas variables en pocos gradientes o dimensiones (componentes principales) lo que permite condensar la información y transformarla en una o varias nuevas variables o índices.

Para realizar el ACP primero se superpusieron las trece variables en cada una de las cien regiones físico-geográficas en un sistema de información geográfica (ArcInfo Workstation 10). Después los datos obtenidos para cada región se normalizaron y combinaron en un solo índice, que se le nombró con el nombre de índice de disturbio antropogénico, para ello se

utilizó la función `princomp` del programa estadístico R (R es un lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico de software libre) (R Core Team 2012).

El siguiente paso fue estandarizar los scores o puntuaciones del ACP en valores dentro de un rango que de 0 a 10, para cada una de las regiones físico-geográficas, y con estos valores se procedió a realizar la cartografía correspondiente de disturbio antropogénico. Para ello, se utilizaron 5 divisiones dentro del intervalo antes mencionado en el que se establece de 0 a 2 como un disturbio muy bajo, de 2.1 a 4 bajo, de 4.1 a 6 medio, de 6.1 a 8 alto y de 8.1 a 10 muy alto.

I.3.6 Efecto del disturbio antropogénico sobre la riqueza

Para determinar si existe un efecto del disturbio antropogénico sobre la riqueza de la flora vascular, por región físico-geográfica, se calculó un coeficiente de correlación de Spearman entre el grado de disturbio y la diferencia entre la riqueza esperada y la riqueza máxima.

En estadística, el coeficiente de correlación de Spearman, ρ (rho) es una medida de la correlación (la asociación o interdependencia) entre dos variables aleatorias continuas. El coeficiente de Spearman oscila entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente, 0 (cero), significa no correlación pero no independencia.

Para analizar el efecto por separado de cada una de las 13 variables de disturbio y saber si existe una o más variables que requieran particular atención, dado su potencial efecto negativo sobre la riqueza de especies, se utilizó un coeficiente de correlación de Spearman junto con un modelo aditivo generalizado.

I.4 Áreas de geoconservación y políticas ambientales

La geoconservación se define como la preservación de toda la variedad de aspectos bióticos, geomorfológicos, edafológicos, hídricos y geológicos, en combinación con elementos del patrimonio cultural (Sharples 2002; Brilha 2005).

La geoconservación reconoce que los componentes vivos y no vivos del medio natural son igualmente importantes para la conservación de la naturaleza. La geoconservación es la base esencial para la bioconservación, misma que depende de la geodiversidad, porque ésta le proporciona la variedad de ambientes que influyen directamente en la biodiversidad. Una afectación al relieve, a los suelos y al agua afectaría negativamente a las especies y comunidades biológicas que viven sobre ellos. Sin embargo, la geoconservación no sólo le presta atención a los componentes no vivos, sino también le da importancia a la conservación de los sistemas biológicos (Sharples 2002).

El enfoque holístico de la geoconservación debe asegurar el futuro de los recursos bióticos y abióticos del planeta por medio de la designación y gestión de áreas protegidas para evaluar, valorar y proteger la geodiversidad y biodiversidad en el paisaje (Gray 2004).

I.4.1 Riqueza y endemismo de plantas en la Península de Baja California

La riqueza de la flora y el endemismo son indicadores ampliamente reconocidos para la planeación y el diseño de las áreas naturales protegidas (Prendergast et al. 1999), pero, a su vez, por su naturaleza estas áreas son también funcionales desde la perspectiva de la protección, ya que pueden mantener los bienes y servicios ambientales de los componentes naturales (litosfera, atmósfera, biosfera) (Bocco et al. 2010). La información sobre la diversidad biológica fue obtenida del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de México de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que contiene los registros georreferenciados (coordenadas geográficas) de la riqueza de flora en la Península de Baja California. Los registros están actualizados al año 2011 en formato Microsoft Access Database.

Con los registros georreferenciados del SNIB se creó un mapa donde se muestra la riqueza de flora de la Península de Baja California. Las variables representadas fueron los taxones: familia, género, especie y subespecie. En el siguiente paso se realizó la superposición cartográfica del mapa de flora (riqueza), de la Península, con los distritos y regiones físico-geográficas, con el fin de conocer la riqueza biológica de cada unidad inferior de la regionalización. Se establecieron cinco categorías de riqueza: (1) muy alta, (2) alta, (3) media, (4) baja, y (5) muy baja.

Para obtener las categorías mencionadas, en todos los análisis se utilizó el método de los cortes naturales de optimización de Jenks (1963), que ofrece el Sistema de Información

Geográfica (ArcGis 10) para determinar la mejor disposición de valores en diferentes categorías.

Para obtener los valores de endemismo y microendemismo se realizó una consulta de selección de datos en Access de la lista de endemismos de la Península de Riemann y Ezcurra (2005) y de la base de datos del SNIB-CONABIO (2011). Los datos obtenidos permitieron categorizar el endemismo y el microendemismo de los distritos y las regiones, respectivamente, y se expresaron en cinco categorías iguales a las de riqueza.

Con el objetivo de relacionar estas tres variables en las unidades inferiores de la regionalización, se estudió la relación entre la riqueza, el endemismo y el microendemismo con un análisis de regresión lineal y de correlación para definir como éstas se asocian en las unidades espaciales.

I.4.2 Áreas de geoconservación (AG)

En el siguiente paso metodológico se relacionan las categorías de la riqueza, el endemismo y el microendemismo con las unidades físico-geográficas de la RFG. Así, se realizó la superposición de la información de categorías de riqueza y endemismo en la Península con los distritos físico-geográficos y la de riqueza y microendemismo (especies con rango de distribución ≤ 1000 km²) con las regiones, usando los taxones de flora en relación con la escala de las unidades de la RFG. A partir del resultado de esta superposición cartográfica se caracterizaron las regiones y distritos según las combinaciones de las categorías de riqueza,

endemismo y microendemismo, y se realizó la cartografía de la combinación de dichas categorías. Esto permitió establecer las áreas de geoconservación del territorio.

Serán áreas de geoconservación (AG) a nivel de distritos aquellas donde la relación entre las categorías de riqueza y el endemismo tiene las combinaciones siguientes: muy alta-muy alto, alta-muy alto, alta-alto y alta-medio, y a nivel de región, cuando la relación de la riqueza y el microendemismo se combina de esta manera: muy alta-muy alto, muy alta-alto, alta-alto y alta-medio. Esta decisión obedeció a concentrar bajo la figura de AG, a los sitios más valiosos desde el punto de vista de su riqueza y endemismo, reforzado por los trabajos de Wiggins (1980), Peinado (1994), y Arriaga (1997).

I.4.3 Áreas prioritarias de geoconservación (APG) por análisis de vacíos y su disturbio antropogénico

La Península de BC cuenta con amplias áreas protegidas sin embargo se reconoce que una parte importante de su biodiversidad carece de protección (Arriaga 1997), para ello se han diseñado métodos para proponer áreas prioritarias de conservación, entre los que se destaca el análisis de vacíos (Scott 1993; Edwards et al. 1993). Este método busca identificar las omisiones de conservación de la biodiversidad en el espacio geográfico, con la finalidad de conservar áreas ricas en diversidad de especies, hábitat y ecosistemas en escalas regionales, nacionales y global (Rodrigues et al. 2004; Maiorano et al. 2006). Los mapas de especies de los análisis de vacíos muestran la distribución de las especies en el paisaje (Jennings 2000),

lo que resulta adecuado para la conservación de manera más integral, si se toman en cuenta la omisiones detectadas (Bocco et al. 2010).

El análisis de vacíos es el proceso mediante el cual la distribución de las especies es comparada con la distribución del uso del suelo y los tipos de vegetación. Esto permite identificar los vacíos de conservación que existen en la red de áreas protegidas existente. La meta es asegurar que todas las áreas ricas en especies estén representadas adecuadamente en los esfuerzos de conservación.

La identificación de los vacíos se lleva a cabo mediante el uso de sistemas de información geográfica donde se adicionan mapas de vegetación y rangos de distribución de las especies seleccionadas. Posteriormente, a los mapas de riqueza y/o endemismos se superpone el mapa de las áreas protegidas existentes y con ello se calculan los vacíos de conservación (Scott 1993).

Para el caso particular de la presente investigación, el mapa de tipos de vegetación fue sustituido por el de unidades de paisaje físico-geográficas. Esto nos da como resultado unidades de vacíos de geoconservación en lugar de vacíos de conservación.

Por lo tanto, los vacíos de geoconservación no son más que aquellos distritos y regiones que constituyen las AG, que a pesar de sus altos valores en riqueza y endemismo, no están considerados plenamente en el sistema de ANP de la Península (CONANP 2012). Las APG se obtienen de la resta del mapa de las ANP a los mapas de las AG.

El conocer el disturbio antropogénico en las áreas prioritarias de geoconservación ayudará a los tomadores de decisiones a realizar acciones inmediatas donde exista una pérdida potencial inminente de biodiversidad.

Para ello se procedió a superponer en el sistema de información geográfica, el disturbio antropogénico y las áreas prioritarias de geoconservación, para obtener el grado de disturbio al que están sujetas dichas áreas. Este ejercicio solo se llevó a cabo a nivel de regiones físico-geográficas.

I.4.4 Políticas ambientales

La política ambiental se enfoca principalmente a esfuerzos políticos con la finalidad de mejorar el ambiente, conservar las bases naturales de la vida humana y alcanzar un desarrollo sustentable y sostenible. En México dichas políticas están consagradas en Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Para el caso concreto de las áreas de geoconservación propuestas en esta investigación, se propone se aplique una política de preservación como se define en la LGEEPA (SEMARNAT 1988; 2003). La preservación, según la LGEEPA, es el conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

Para el resto del territorio que amerite un grado de conservación menos estricto se podrían aplicar las políticas de protección y aprovechamiento que en la LGEEPA se definen como:

La protección es el conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro, y el aprovechamiento sustentable es la utilización de los recursos naturales en

forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

Los mapas que resultaron de la superposición de las categorías de riqueza, endemismo y microendemismo, teniendo como base espacial a los distritos y regiones, permiten también sugerir en cuál de estas unidades se puede aplicar la política ambiental de protección y aprovechamiento sustentable.

Para la política de protección serían las áreas en las cuales las categorías de las variables estudiadas (riqueza-endemismo) son para los distritos: media-alto, media-medio, media-bajo, hasta baja-medio y para las regiones (riqueza-microendemismo): alta-bajo, alta-muy bajo, media- alto, media-medio, media-bajo, baja-alto, hasta baja-medio.

Por último, los distritos y regiones que tienen categorías de riqueza y endemismo, bajos o muy bajos se sugiere que sean territorios de aprovechamiento sustentable.

I.5 Planeación sistemática de la conservación: Sistema de áreas para la geoconservación

Una de las crisis más apremiantes que se presenta en el mundo es la pérdida de biodiversidad, con muchas poblaciones de especies en franca disminución (Vié et al. 2009), a un ritmo acelerado, como consecuencia de las actividades humanas (Chapin III et al. 2000). Por esta razón, en varias regiones del mundo, se ha determinado adoptar la planificación sistemática de la conservación como una estrategia integral para preservar los recursos naturales (Sarkar et al. 2006).

La planificación sistemática de la conservación se centra en un análisis biogeográfico-socioeconómico y es una herramienta útil, porque puede ser utilizada como guía para la toma de decisiones en la conservación de la biodiversidad (Sarkar et al. 2006). Su objetivo es identificar las áreas prioritarias de conservación, y así distribuir los limitados recursos destinados al manejo de la biodiversidad, y minimizar los riesgos de extinción de las especies biológicas, alejándolas de las actividades humanas que amenazan su persistencia (Margules y Sarkar 2009; Wilson et al. 2009). Los conceptos involucrados con el logro de las metas de conservación son la adecuación, complementariedad, integralidad, efectividad, eficiencia, flexibilidad, irremplazabilidad, costo de reemplazo, representación, representatividad, amenaza y vulnerabilidad (Moilanen 2008; Kukkala y Moilanen 2013).

Para llevar a cabo la planificación y la formulación de políticas encaminadas a la conservación de la biodiversidad, es necesario priorizar sitios de conservación a partir de los taxones de interés (especies o subespecies) o sustitutos de la biodiversidad, también conocidos como subrogados, en el que se utiliza como base el concepto de complementariedad que se define como la contribución que hace un área determinada para alcanzar el objetivo de conservación (Sarkar y Margules 2002; Sarkar 2002; Williams et al. 2006; Margules y Sarkar 2009).

Existen diferentes tipos de software que buscan delimitar áreas prioritarias de conservación a partir de la complementariedad, en el que se emplea una amplia variedad de algoritmos matemáticos y una serie de pasos iterativos (Cabeza y Moilanen 2001; Faith et al. 2003), como: Zonation, C-plan, Marxan, WorldMap y ConsNet (Ochoa et al. 2011). A diferencia de los anteriores, ConsNet resuelve el problema básico de la representación, pues maneja una variedad de criterios espaciales, incluyendo el tamaño, la forma, la conectividad, la

replicación, la compactación y la alineación (Sarkar et al. 2009a), algo que no pueden realizar otros software, como es el caso de Marxan (Illoldi et al. 2012).

La realización de las metas de conservación demanda estrategias para el manejo de los paisajes que incluyen zonas asignadas a la producción y la protección, además de la persistencia a largo plazo de algunos taxones, que requieren poblaciones sostenibles a través de paisajes o regiones enteras (Margules y Pressey 2000).

Por último, las áreas prioritarias de conservación se agrupan en sistemas de áreas para la conservación que son un conjunto de áreas dentro de una región sujeta a mecanismos de planeación ambiental (Margules y Sarkar 2009).

Conforme a Margules y Sarkar (2009) “los sistemas de áreas para la conservación deben de ser vistos como medidas de contención, como un acervo de biota para que la evolución trabaje con ella en el futuro. Muchas de las especies ni siquiera estarán seguras en las áreas para la conservación, incluso quizás ninguna; muchas otras, en realidad, no requieren dichas áreas para su seguridad. Las áreas para la conservación son partes de los paisajes, no algo separado. Para algunas especies, estas áreas pueden funcionar como refugios de hábitat óptimo en tiempos de estrés, para otras proveen sólo un hábitat subóptimo y para otras más, pueden proveer el único hábitat viable remanente, ya sea óptimo, subóptimo o marginal. Por lo tanto, el papel de los sistemas de áreas para la conservación es el de incorporar una muestra de la diversidad biológica verdadera o representativa, proteger esta muestra de procesos que representan una amenaza y mantenerla en el futuro. Esto no puede ser un objetivo alcanzable, dado nuestro conocimiento imperfecto de la biodiversidad y por el hecho de que existe un límite máximo al área total que puede ser destinada a la conservación”.

I.5.1 Sustitutos de la biodiversidad (subrogados) y sus modelos de nicho ecológico

Como primer paso para definir las áreas prioritarias de conservación, bajo el esquema de la planeación sistemática de la conservación fue definir con que elementos de la biodiversidad (sustitutos de la biodiversidad o subrogados) se estimarían los sitios con mayor valor biológico. Para el presente trabajo se tomaron en cuenta, como sustitutos verdaderos de la biodiversidad, las especies amenazadas y en peligro de extinción (Garson et al. 2002). Se utilizó la NOM-059-SEMARNAT-2010, para determinar las especies de herpetofauna y de flora a ser incluidas en el análisis, dado que estos grupos de organismos contenían los registros más confiables en las bases de datos consultadas. También se consideró como subrogado verdadero a las especies microendémicas de plantas vasculares, conforme Riemann y Ezcurra (2005).

Los datos sobre la flora, herpetofauna y microendemismos de flora vascular, se obtuvieron del SNIB de la CONABIO, que contiene registros georreferenciados de flora y fauna, pertenecientes a la Península de Baja California (Fernández 1997; Flores 1998; León De La Luz 1998; Delgadillo 1999; Delgadillo 1999; Gutiérrez 1999; León De La Luz 1999; Riemann 1999; Delgadillo 2000; Zaldívar 2001; Panero 2003; Rentail 2004; Pérez 2005; Fernández 2007; Reynoso 2007; López 2008; Villaseñor 2008; Alaniz 2009).

Se realizó una actualización taxonómica de las especies de los subrogados de herpetofauna y flora; para herpetofauna se utilizaron los registros de HerpNet (<http://herpnet2.org/>), y en lo que corresponde a la flora se empleó la base de datos de Tropicos ®

(<http://www.tropicos.org/>) y la de The International Plant Names Index (<http://www.ipni.org/>).

Los errores en la georreferenciación de los subrogados se corrigieron en el SIG por medio de modelos digitales de terreno (MDT), a 30 metros de resolución, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

(<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/Descarga.aspx>), del mapa de geomorfología (Ortiz 2000) y de los datos espaciales que se encuentran en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (<http://www.iucnredlist.org/amazing-species>).

Una vez definidos los subrogados se les aplicó un análisis o tratamiento, para mejorar su congruencia espacial. En este caso se recurrió a los modelos de proyección de nicho ecológico (también conocidos como modelos espaciales de patrones de distribución más amplios), para que fueran utilizados en la selección de áreas prioritarias. El nicho ecológico es un conjunto de condiciones bióticas y abióticas en las cuales una especie es capaz de persistir y mantener estable el tamaño de sus poblaciones (Hutchinson 1957).

La construcción de los modelos de proyección de nicho ecológico se realizó a partir de un conjunto de ocurrencias conocidas de los subrogados y un grupo de variables ambientales, con el apoyo del software Maxent (3.3.3 k; Phillips et al. 2006, 2008).

Maxent tiene la ventaja de poseer un buen desempeño, principalmente, con un número pequeño de ocurrencias conocidas, a diferencia de otros software, por ejemplo: BIOLCIM (Busby 1991), DOMAIN (Carpenter et al. 1993), GARP (Stockwell y Peters 1999),

BIOMOD (Thuiller et al. 2003) NichePy (Bentlage y Shcheglovitova 2012), y una ventaja adicional es que requiere solo datos de presencia (Elith et al. 2006).

Para la modelación con Maxent se utilizaron veintiún variables ambientales, de las cuales diecinueve (Cuadro 1) corresponden a capas bioclimáticas (Cuervo et al. 2013) con una resolución de 30'' (0.0083° x 0.0083°). Las otras dos variables fueron la geología (INEGI 2000) y la geomorfología (Ortiz 2000) y se homologaron con el tamaño del pixel de las variables climáticas.

Cuadro 1. Variables bioclimáticas

1	Temperatura media anual
2	Temperatura media diaria
3	Isotermalidad
4	Temperatura estacional
5	Temperatura máxima del mes más caliente
6	Temperatura mínima del mes más frío
7	Intervalo anual de temperatura
8	Temperatura media del cuatrimestre más húmedo
9	Temperatura media del cuatrimestre más seco
10	Temperatura media del cuatrimestre más caliente
11	Temperatura media del cuatrimestre más frío
12	Precipitación del mes más húmedo
13	Precipitación del mes más seco
14	Precipitación del mes más húmedo
15	Precipitación estacional
16	Precipitación del cuatrimestre más húmedo
17	Precipitación del cuatrimestre más seco
18	Precipitación del mes más caliente
19	Precipitación del mes más frío

Fuente: Elaboración propia

En la validación de los modelos proyectados de distribución de nicho ecológico de los subrogados se emplearon dos análisis estadísticos (Raes y ter Steege 2008; Mouton et al. 2010; Peterson 2012). En el primero se aplicó una prueba de Jackknife (Pearson et al. 2007),

para los modelos que tuvieron de 3 a 15 datos de ocurrencia, con un umbral menor del 10%. En el segundo se llevó a cabo un análisis de ROC parcial (Peterson et al. 2008), en los modelos que tuvieron de 16 a 239 datos de ocurrencia.

I.5.2 Sistemas de áreas para la geoconservación (SAG)

Para el diseño y análisis de los sistemas de áreas para la geoconservación se utilizó ConsNet, versión 2.00, un software para la planificación sistemática de la conservación, con el que se diseñan y analizan las áreas de redes de conservación de la biodiversidad, mediante la aplicación de múltiples criterios, con base en objetivos específicos (Ciarleglio et al. 2009, 2010a, 2010b).

Se importaron los modelos de nicho ecológico de los subrogados, que se construyeron en Maxent, para que fueran compatibles con los archivos de entrada de ConsNet, apoyándose con el Software Maxent2ConsNet (Ciarleglio 2008).

Los pixeles que corresponden a las áreas naturales protegidas federales y estatales de la Península de Baja California, se incluyeron de forma permanente en el análisis de priorización, para que formen parte de la red de áreas de conservación, que para este caso corresponden 63,406 pixeles.

Los pixeles de las variables, que generan disturbios antropogénicos en la Península, fueron tomadas de los *loadings* significativos del análisis de componentes principales, que corresponden al primer componente (véase capítulo uno de esta tesis). Dichas celdas (8,456) son excluidas de manera permanente y no pueden incluirse en la red de áreas de conservación,

dado que el disturbio en estas áreas es intenso y lo que procedería, en principio serían acciones de restauración previas a las de conservación.

Las celdas que fueron excluidas corresponden a agroecosistemas, asentamientos humanos y vegetación inducida, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación de la SERIE V de INEGI (2013c), a escala 1:250, 000.

Se seleccionó como meta de representación el 10% de la distribución potencial de cada una de las especies de los subrogados (Fuller et al. 2006; de Pous et al. 2010; Urbina-Cardona y Flores-Villela 2010).

ConsNet cuenta con tres algoritmos heurísticos, el MSD2, el RF4 y el ILV4, para seleccionar nuevas áreas de conservación. Como punto de partida para comenzar una búsqueda más detallada se inició la ejecución de ConsNet con el algoritmo ILV4 (Ciarleglio et al. 2010a), que alterna la selección de los subrogados más deficientes con los más raros.

ConsNet permite definir objetivos de conservación –conforme a la priorización que se dé respecto al tamaño del área, la forma y la conectividad– como un conjunto de reglas de decisión utilizadas para evaluar y comparar áreas de conservación. Algunos de estos objetivos se pueden encontrar predefinidos en el software, en tanto otros manejan criterios múltiples, a partir de un puntaje ponderado definidos por el usuario (Ciarleglio et al. 2010b).

Se llevaron a cabo dos objetivos de conservación a partir de un análisis multicriterio para atender el problema de área mínima, donde se utilizó el algoritmo metaheurístico llamado búsqueda tabú (Ciarleglio, et al. 2008; Illoldi et al. 2012). Para el primer objetivo se consideraron dos criterios y se les asignó el mismo peso: la minimización de área (0.5) y la

minimización de la forma (0.5). El sub-score del área y la forma fue escalado linealmente, para la primera entre 49,000 y 70,000 celdas y para la segunda entre 0.1 a 0.9.

Al segundo objetivo se le asignaron diferentes pesos a tres criterios, a diferencia del objetivo 1, se agregó el criterio de conectividad que se mide con el número de conjuntos de áreas individuales inconexas o clústeres.

De tal forma que el objetivo 2 quedo con minimización del área (0.5), minimización de la forma (0.2) y minimización del número de clústeres (0.3). Se aplicaron los mismos valores del sub-score, arriba señalados y, el número de clústeres fue escalado linealmente de 180 a 500 (Illoldi et al. 2012).

Con los resultados obtenidos de las corridas en ConsNet tomando los criterios arriba señalados para los objetivos 1 y 2, se obtuvo un mapa de áreas prioritarias de conservación (APC) para cada objetivo. A estos productos cartográficos se les superpuso el mapa de las regiones físico-geográficas (Zaragoza et al. 2013) para dar lugar a las propuestas de sistemas de áreas para la geoconservación (SAG) de los objetivos 1 y 2.

1.5.3 Vulnerabilidad en los SAG

El propósito de las áreas de conservación es mitigar los procesos que amenazan la biodiversidad, por lo que la incorporación de la vulnerabilidad es crucial para que la planificación de la conservación sea efectiva (Sarkar et al 2006; Kukkala y Moilanen 2013).

Conocer la distribución espacial de la vulnerabilidad permite orientar los esfuerzos de conservación en aquellos sitios donde exista mayor viabilidad. Por ejemplo en las áreas donde el grado de presión antrópica es intenso, la probabilidad de realizar conservación suele ser baja debido a la dificultad de cambiar las actividades productivas existentes hacia un uso menos intensivo del territorio.

La vulnerabilidad es adicional al concepto de amenaza, y se puede definir como la probabilidad de la pérdida de la biodiversidad, causada por los procesos de las amenazas antrópicas actuales. Anteriormente la vulnerabilidad era conocida como fragilidad (Pressey et al. 1996; Groves 2003).

La vulnerabilidad de los SAG se estableció a partir del mapa de disturbio antropogénico, a nivel de las regiones físico-geográficas, y comprende cinco categorías: muy baja (0 - 2), baja (2.1 - 4), media (4.1 - 6), alta (6.1 - 8) y muy alta (8.1 - 10).

Las APC correspondientes a los objetivos uno y dos, que espacialmente abarcan porciones de dos o tres regiones físico-geográficas, con diferentes niveles de vulnerabilidad, se les asignó la región que cuenta con mayor extensión de ocupación.

Capítulo II. Paisajes físico-geográficos de la Península de Baja California: una mirada regional

Se revisaron los niveles de organización taxonómica inferiores de la regionalización físico-geográfica de la Península de Baja California (Zaragoza 2010) y los subdistritos físico-geográficos pasaron a ser regiones físico-geográficas.

Con la corrección de los límites de las regiones físico-geográficas se obtuvo un mapa más preciso. Esta modificación provocó varios ajustes en la cartografía, en particular destaca la eliminación la región El Rosario-La Venta, que pasó a formar parte de otras dos regiones (Sierra Los Chiles y San Ramón-Melitón Albáñez–El Carrizal).

La Península de Baja California constituye una provincia físico-geográfica de la RFG, que se divide a su interior en cinco subprovincias físico-geográficas: Sierras de Baja California Norte, Sierra de la Giganta, Desierto de Vizcaíno, Llanos de Magdalena y Del Cabo.

La subprovincia (1) Sierras de Baja California Norte abarca una superficie de 56,788 km² que corresponde al 44 % del área de estudio; la conforman cuatro distritos físico-geográficos y 41 regiones físico-geográficas. A la subprovincia (2) Sierra de la Giganta, con una superficie de 36,027 km², le concierne el 28 % del área de estudio y se encuentra formada por cuatro distritos físico-geográficos y 29 regiones físico-geográficas. La subprovincia (3) Desierto de Vizcaíno, con una superficie de 17,751 km², que equivale al 14 % de la provincia, cuenta con dos distritos físico-geográficos y nueve regiones físico-geográficas. La subprovincia (4) Llanos de Magdalena tiene una extensión de 11,456 km² y le corresponde el 9 % del área de estudio; en ella se ubican dos distritos físico-geográficos y diez regiones físico-geográficas. La subprovincia (5) Del Cabo tiene en una superficie de 8,264 km² y

ocupa el 6 % de la provincia, misma que está formada por tres distritos físico-geográficos y 12 regiones físico-geográficas. En resumen, la provincia físico-geográfica cuenta con 5 subprovincias, 15 distritos y 100 regiones (Apéndice 1), mismas que se muestran en los mapas de las figuras 3 y 4.

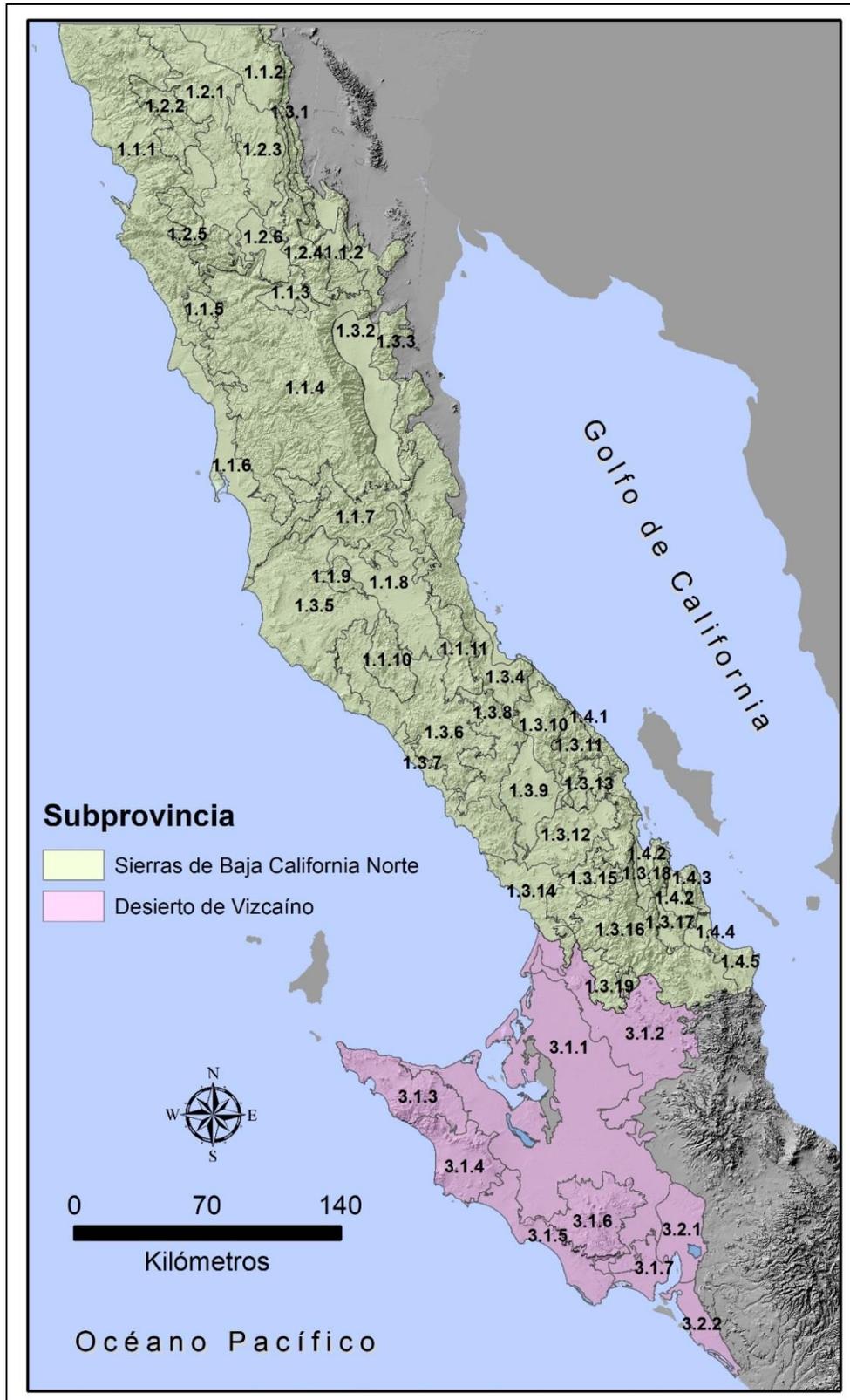


Figura 3. Subprovincias Sierras de Baja California Norte y Desierto de Vizcaíno (Fuente: elaboración propia)



Figura 4. Subprovincias Sierra de la Giganta, Llanos de Magdalena y Del Cabo (Fuente: elaboración propia)

Capítulo III. Disturbio antropogénico y la pérdida de riqueza de plantas vasculares

Para obtener un entendimiento integrado del impacto humano sobre el espacio geográfico y la diversidad biológica de la Península, en este capítulo se mide el grado de disturbio antropogénico, a nivel regional, utilizando indicadores de disturbio de la actividad humana a partir de un análisis multivariado, teniendo como unidades espaciales los paisajes físico-geográficos (Zaragoza et al. 2013).

III.1 Análisis del disturbio a través de componentes principales en las regiones físico-geográficas

Los datos obtenidos de las 13 variables de disturbio fueron normalizados y combinados en un solo índice a través de un análisis de componentes principales.

Los componentes principales uno y dos representan el 45% y 55%, respectivamente, de la varianza total y fueron significativos. El componente principal uno cuenta con *loadings*, que en la mayoría de las variables son negativas, con excepción de minas (MINA) y erosión (EROS), que cuentan con valores de cero. Los *loadings* del segundo componente son positivos, negativos, y con valores de cero; los positivos son acueducto (ACUE), ganado bovino (GBOV), ganado menor (GMEN), longitud de caminos (CAMI) y erosión (EROS); los negativos vegetación inducida (VEGI), agroecosistema (AGRO), asentamientos humanos (ASET), bordo (BORD) y minas (MINA); y con valores de cero población (PERS) y longitud línea de transmisión (TRAN) (Cuadro 2). En ambos componentes principales se

distribuyeron uniformemente los *scores* de las regiones, sin ninguna discontinuidad fuerte o agrupación (Figura 5).

Cuadro 2. Loadings de los dos primeros componentes principales

	Comp.1	Comp.2
VEGI	-0.275	-0.466
AGRO	-0.3	-0.154
ASET	-0.306	-0.236
PERS	-0.366	0
ACUE	-0.236	0.156
BORD	-0.262	-0.434
MINA	0	-0.108
GBOV	-0.327	0.268
GMEN	-0.324	0.316
TRAN	-0.357	0
CAMI	-0.211	0.39
CARR	-0.314	0
EROS	0	0.386

Fuente: Elaboración propia

Con los *scores* se representó cartográficamente el disturbio antropogénico en las regiones físico-geográficas. La región con mayor disturbio se ubica en la parte norte del área de estudio, y las de muy bajo disturbio se distribuyen en el noreste, centro y sur (Figura 6).

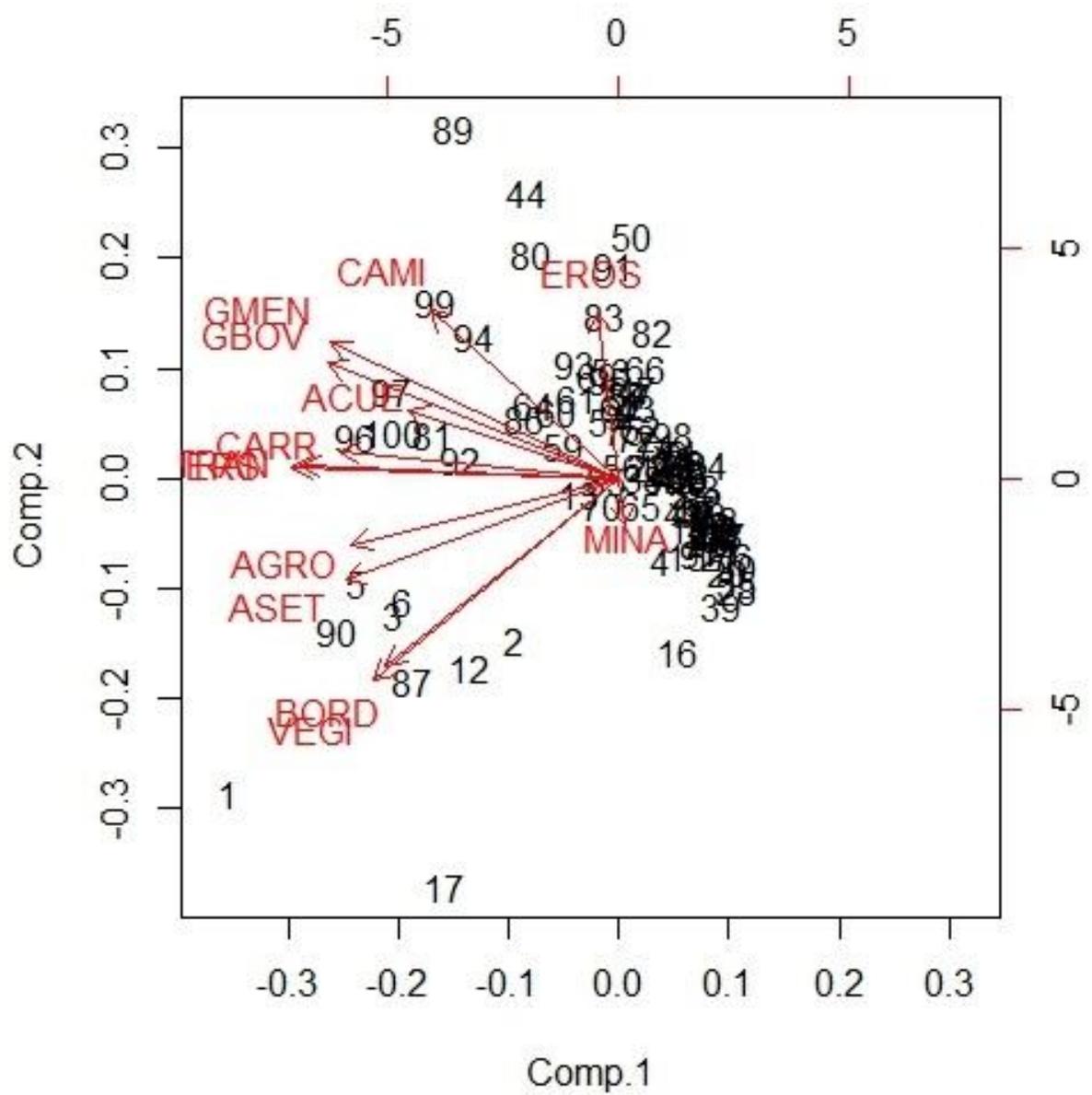


Figura 5. Componentes principales 1 y 2 de las 13 variables consideradas para medir el disturbio antropogénico. En rojo se presentan gráficamente los *loadings* para cada una de las variables (Fuente: elaboración propia)

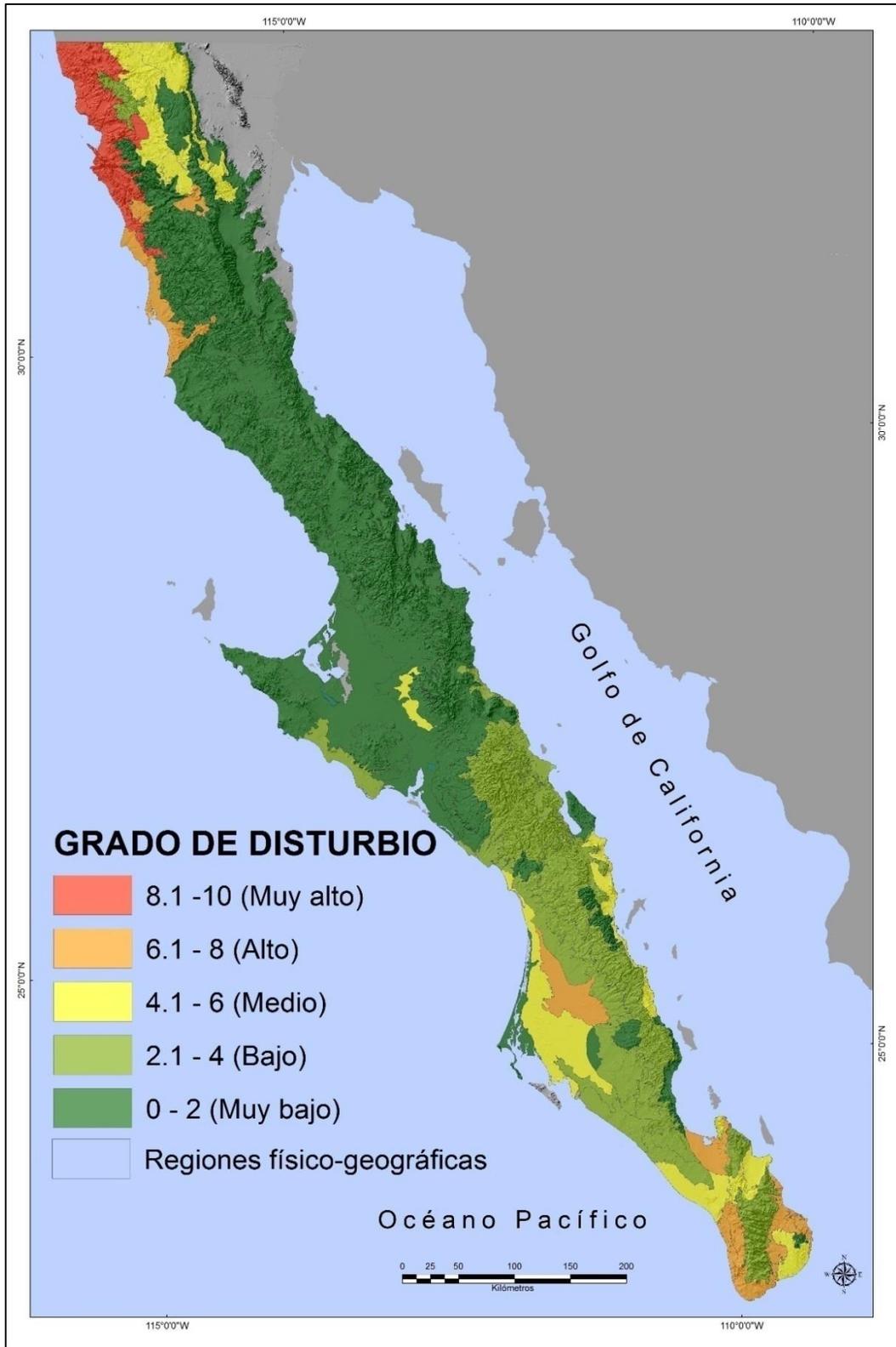


Figura 6. Mapa de disturbio antropogénico por región físico-geográfica (Fuente: elaboración propia)

Las áreas de mayor disturbio coinciden con las regiones más pobladas, mientras que las menos pobladas presentan menos disturbio.

El disturbio muy alto comprende un área de 5,609.2 km² y 4.3% del área de estudio. El alto, abarca 8,263.8 km² y 6.3%. El medio, con 15,031 km² y 11.5%. El bajo, 29,551.3 km² y 22.7%. Y la superficie de disturbio muy bajo ocupa un área de 71,769.2 km² lo que representa el 55.1% del área estudiada. En resumen se puede decir que la Península de Baja California está expuesta en general a poco disturbio antropogénico, ya que cerca del 80% de su superficie presenta disturbio de bajo a muy bajo.

III.2 Efecto del disturbio sobre la riqueza de plantas vasculares

Para determinar la relación entre el disturbio y la riqueza de especies se atendieron de manera numérica y estadística los efectos o sesgos de (1) el tamaño del área de las regiones, (2) el esfuerzo en la colecta de los ejemplares de las especies utilizadas (rarefacción), y (3) la temperatura y la precipitación (índices de aridez).

Se hicieron análisis de frontera estocástica para establecer dicha relación, probando la precipitación, y dos índices de aridez (de Lang y de Martonne) contra los resultados que se obtuvieron de la riqueza esperada (rarefacción). El mejor resultado se obtuvo utilizando el índice de aridez de Lang (Cuadro 3) donde el área y el índice de aridez son significativos.

Cuadro 3. Resultados del análisis de la frontera estocástica

Estimate	Std. Error	z value	Pr	(> z)
(Intercept)	4.4437205	0.0682694	65.0910	< 2.2e-16
log(area)	0.0458907	0.0094376	4.8625	1.159e-06
lang	0.0066525	0.0022622	2.9408	0.003274
sigmaSq	0.2159270	0.2395925	0.9012	0.367468
gamma	0.9967189	0.0039974	249.3406	< 2.2e-16
mu	-0.9278330	1.4209102	-0.6530	0.513766

Fuente: Elaboración propia

Del resultado del análisis de frontera estocástica (Figura 7) se puede decir que, a mayor riqueza de plantas vasculares aumenta el índice de Lang, y a menor riqueza de plantas vasculares disminuye el índice de Lang. En otras palabras, conforme aumenta la eficiencia de la precipitación con respecto a la temperatura, la riqueza se incrementa.

A la relación entre el grado de disturbio y la diferencia entre la riqueza esperada y la riqueza máxima, se le aplicó el coeficiente de correlación de Spearman, que resultó significativo ($\rho = 0.2842375$; $p < 0.0073$).

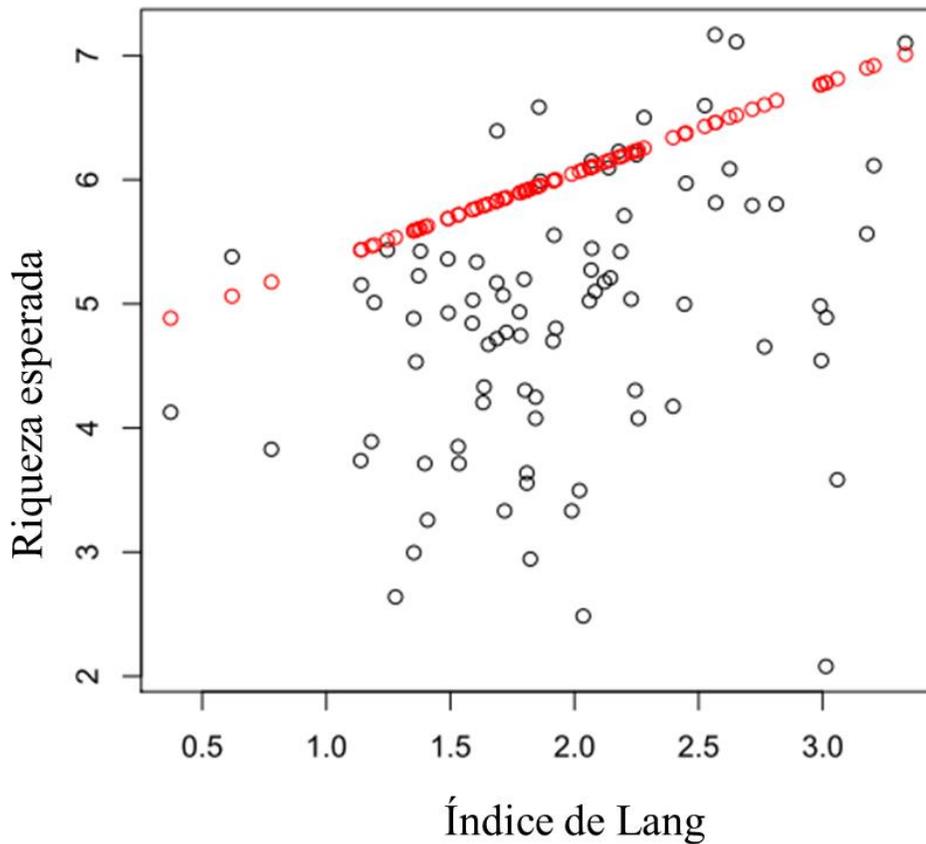


Figura 7. Frontera estocástica de la relación entre la riqueza esperada y el índice de Lang. La frontera estocástica se muestra en color rojo (Fuente: elaboración propia)

Sin embargo, este resultado mostró un patrón inverso de lo que se esperaría empíricamente, dado que lo observado es que a mayor disturbio mayor riqueza. Como se puede ver en el gráfico (Figura 8), las regiones con menor disturbio presentan un mayor déficit de especies respecto a lo esperado. En cambio las regiones con mayor disturbio están más cerca de la riqueza máxima calculada como será explicado más adelante en la discusión.

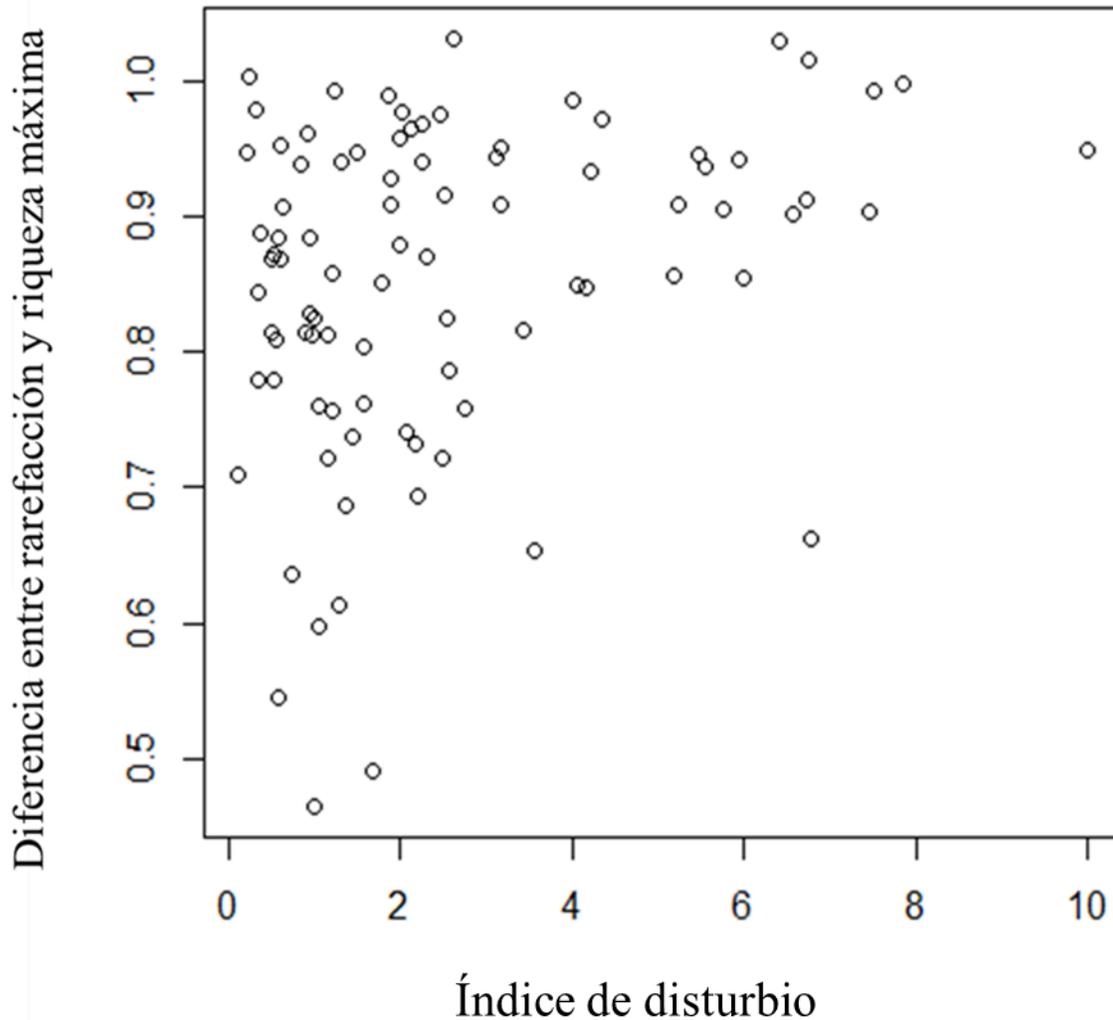


Figura 8. Relación entre el índice de disturbio antropogénico y la diferencia entre rarefacción y riqueza máxima (Fuente: elaboración propia)

Por otro lado, se puede observar que hay una tendencia a encontrar un importante déficit en el número de especies, cuando las regiones están sujetas a un muy alto disturbio. Analizando las variables de disturbio por separado, mediante pruebas de Spearman, la variable ganado, que es la suma de ganado bovino y ganado menor, tuvo un resultado altamente significativo ($\rho = 0.3932245$; $p < 0.00015$), la línea negra sugiere que con ganadería excesiva la riqueza se reduce (Figura 9).

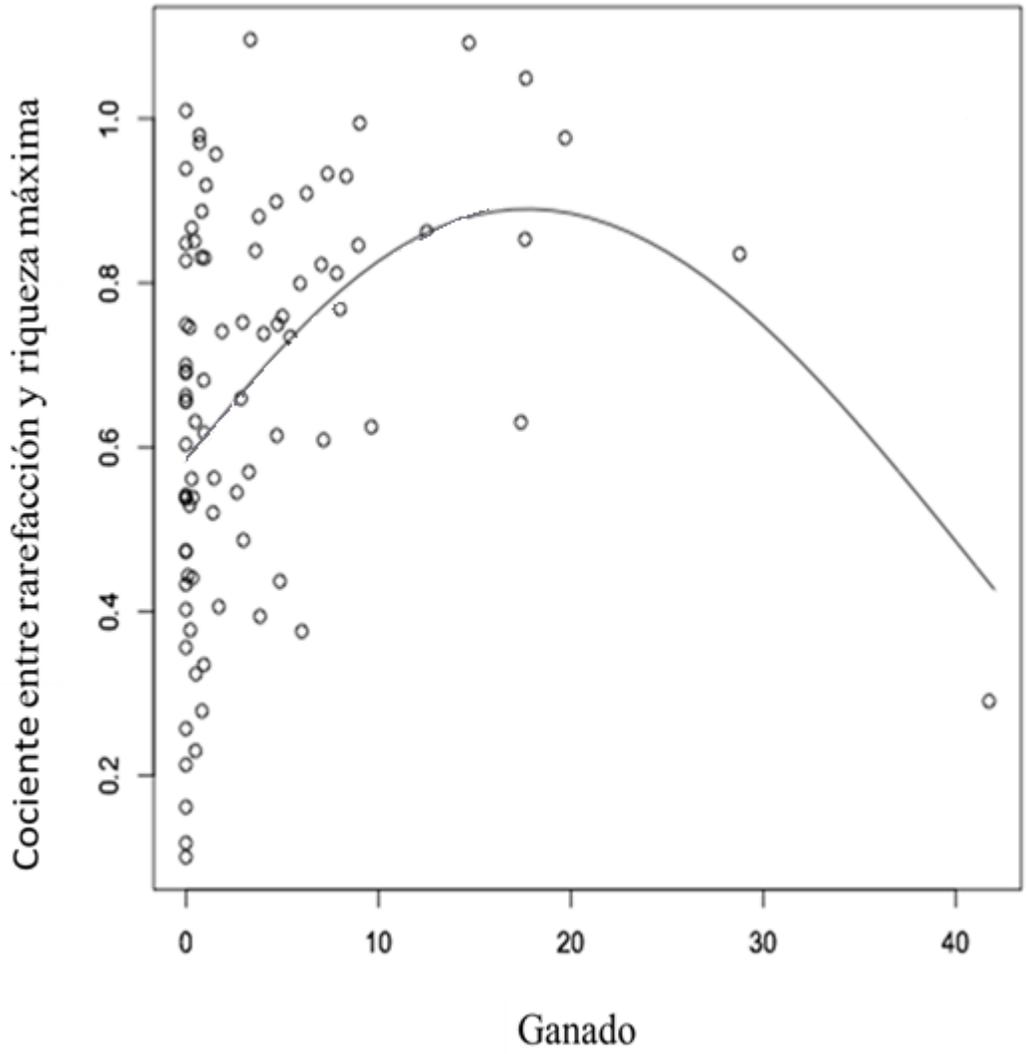


Figura 9. Relación del ganado y la riqueza de especies de plantas vasculares (Fuente: elaboración propia)

III.3 Discusión

Los *loadings* del primer componente principal son, en su mayoría, negativos y presumiblemente significativos, según Hair et al. (1987), lo que indica que en este eje la mayoría de las variables generan presión antropogénica alta. Mientras más grandes son los *scores*, se espera que el disturbio aumente, y ordenándolos se puede tener un gradiente con regiones que van de menor a mayor disturbio.

Los *loadings* significativos (Hair et al. 1987) corresponden a PERS, TRAN, GBOV, GMEN, CARR, ASET y AGRO, mismos que representan los principales agentes del disturbio antropogénico en los paisajes regionales de la Península de Baja California. MINA y EROS contienen *loadings* nulos por su bajo impacto antropogénico en los paisajes a nivel regional.

Los agentes del disturbio fueron originados por el aumento de la población, principalmente en la parte norte de la Península, lo que generó cambios de uso de suelo, en el crecimiento de las áreas urbanas, la inmigración de la población a la zona fronteriza, la industria maquiladora y las actividades turísticas (Rosete et al. 2008), lo que se puede constatar en la región Cerro Colorado-Cañón Santo Tomás-Cañón San Rafael, pues cuenta con un muy alto disturbio y con muy alta diversidad biológica (Zaragoza et al. 2013).

En la parte sur de la Península, el disturbio antrópico es creado por el aumento de la población, como consecuencia de la actividad turística. En particular, el corredor Turístico Los Cabos refleja un incremento acelerado en el número de habitantes durante las tres últimas décadas, lo que ha motivado el crecimiento urbano y la demanda de servicios básicos (Gámez et al. 2004). El corredor de los Cabos está catalogado en la segunda jerarquía más alta del turismo en México (Propin y Sánchez 2007) y recibe el mayor número de turistas al año, en

su mayoría extranjeros (Sánchez y Propin 2011), por lo que representa un alto disturbio en las regiones Cardonazo-Cordón La Polar-Cerro Los Copales y El Cuero-Boca de la Sierra-Santa Rosa.

En la parte centro-norte y centro-sur de esta Península, el disturbio se encuentra en niveles bajos y muy bajos, que concuerdan con el área silvestre propuesta por Mittermeier y colaboradores (1999), lo que confirma su importancia. Cabe señalar, que existen regiones dentro de esta área silvestre que cuentan con alto y medio disturbio, entre las que destacan las regiones físico-geográficas Valle Santo Domingo, Punta El Pulpito-Punta San Cosme-Punta El Cochi y La Paz.

La región físico-geográfica Valle Santo Domingo cuenta con un nivel de disturbio alto, debido a la agricultura intensiva de este distrito de riego, lo que ha ocasionado un manejo inadecuado de la explotación del agua subterránea y, por consiguiente, la presencia de varios procesos de salinización, provocando modificaciones en el sistema de flujo natural, que induce un flujo lateral de agua desde la línea de costa (Cardona et al. 2004), donde también se presenta un proceso de desmatorralización (Rosete et al. 2008).

La región Punta El Pulpito-Punta San Cosme-Punta El Cochi está clasificada como un disturbio medio, por estar ubicada en el corredor turístico Loreto-Nopoló-Puerto Escondido y, además, por estar considerada en una categoría mediana en el contexto turístico nacional (Propin y Sánchez 2007), propiciando una problemática ambiental, resultante de dicha actividad (Ferrer 1998).

La región físico-geográfica de la Paz cuenta con un disturbio alto por los cambios demográficos acelerados, que son consecuencia de su economía diversificada, que incluye la

industria, la agricultura, los servicios, el comercio de bienes raíces y el turismo (Steinitz 2005), provocando desmontes por los cambios de uso de suelo y la pérdida de biodiversidad vegetal (Arriaga 2009).

En lo que respecta al segundo componente principal, pareciera estar relacionado cualitativamente con el disturbio. Como se puede ver en los signos de los *loadings*, los valores positivos los podemos relacionar con la ganadería, mientras que los negativos están relacionados con otras formas de disturbio.

La ganadería en la Península de Baja California inicia su desarrollo en la época misional, cuando se introduce ganado asnal, equino, caprino, porcino y bovino. Posteriormente, con el abandono de la misiones, el ganado se escapó, multiplicándose y viviendo en un estado silvestre (INEGI 2012). En la actualidad, la ganadería que predomina es básicamente el pastoreo extensivo o libre pastoreo, lo que conlleva a un proceso de sobreexplotación y deterioro de los forrajes naturales, en la parte centro y sur de la Península (INEGI 1997; Hernández 1998). Esta situación ha impactado diversos hábitats, además de competir con la fauna silvestre mayor, como sucede en la reserva de la biosfera El Vizcaíno y Sierra La Laguna (INE 2000; CONANP 2003), lo que da como resultado un disturbio crónico.

En lo que respecta a la relación entre disturbio antropogénico y la riqueza de plantas vasculares, los análisis estadísticos mostraron lo contrario a lo que se esperaría empíricamente, debido a que en algunas regiones de la Península de Baja California hay un nivel de disturbio de frecuencia intermedia o con intensidad intermedia (Connell 1978; Pickett y White 1985; Huston 1994) donde la riqueza de especies aumenta y se incrementa la tasa de cambio de especies en un gradiente, ya que el disturbio antropogénico crea parches de vegetación de características diferentes, inmersos en un paisaje. Suelen coexistir en una

misma región parches de vegetación de diferentes edades y en distintas etapas de sucesión (Hobbs y Huenneke 1992).

Sin embargo, se debe ser prudente con los resultados del presente capítulo, ya que los registros utilizados de la base de datos del SNIB presentan sesgos por efecto de sobrecolecta en las zonas más accesibles de la Península, que corresponden a los lugares con mayor disturbio antropogénico y que quizás no pudo ser atenuado en su totalidad por el método de rarefacción utilizado.

Además, hay que considerar que las regiones físico-geográficas de mayor disturbio coinciden con áreas de mayor presencia de agua, que a su vez son las más utilizadas por el hombre, lo mismo que por otras especies biológicas y esto puede conducir a una asociación positiva entre disturbio y riqueza biológica.

Por otro lado, el disturbio que estamos detectando en el presente al parecer no es lo suficientemente intenso como para provocar extinciones locales de especies biológicas, y así asociar directamente un mayor disturbio a una menor riqueza de especies.

También queda claro que a mayor disturbio de ganado la riqueza de plantas vasculares disminuye, lo que se refleja principalmente en las regiones, ubicadas en la parte sur de la Península de Baja California.

Se puede afirmar, de manera cuantitativa, que el disturbio antropogénico en la Península de Baja California está concentrado en los extremos de la Península y existe una fuerte correlación con el desarrollo histórico y económico de la misma. Por otro lado, los resultados muestran una amplia porción central bien conservada, que coincide con el área silvestre reconocida a nivel mundial.

Con todo lo anterior, los manejadores de recursos naturales y autoridades tienen que poner especial atención y contribuir a la sustentabilidad de la Península dando una atención especial a los siguientes puntos:

(1) La actividad ganadera en la Península, dado que resultó ser la actividad de mayor impacto en el área. La recomendación en principio sería revisar si se considera la capacidad de carga de los ecosistemas (coeficiente de agostadero) dentro de las prácticas de ganadería intensiva. Aunado a esto sería provechoso transitar hacia esquemas de estabulación o semiestabulación del ganado. El control del ganado asilvestrado también contribuiría a reducir el grado de éste impacto.

(2) El crecimiento poblacional en la Península está fuertemente asociado con las áreas de mayor disturbio. Medidas orientadas a reducir los incentivos asociados a la migración, en ambos sentidos de la frontera, pueden redituarse en un decrecimiento en el disturbio, en particular el cambio de uso del suelo por demanda habitacional.

(3) Los corredores turísticos, en particular el de Los Cabos y el Tijuana-Ensenada coinciden con las áreas de mayor disturbio. Para disminuir el impacto de los corredores sería conveniente revisar los planes de desarrollo urbano, la necesidad de aplicar o actualizar otros instrumentos de planeación territorial como es el ordenamiento ecológico. Dado que se trata de una región con vocación clara de preservación sería muy adecuado destinar un régimen especial de desarrollo en toda la Península para con ello disminuir el grado de disturbio.

Capítulo IV. Áreas Prioritarias de geoconservación de la Península de Baja California

La Península de Baja California es reconocida como una de las áreas silvestres mejor conservadas a nivel mundial. Ante el incremento de proyectos productivos, de alto impacto ambiental en la región, surge la necesidad de dotar de elementos que fortalezcan la protección de esta Península. Para ello, se propone un conjunto de áreas prioritarias de geoconservación, tomando como base una regionalización físico-geográfica y la distribución de la riqueza y el endemismo biótico, mediante un análisis de vacíos de conservación.

IV.1 Riqueza y endemismo

Los mapas de riqueza y endemismo de plantas vasculares, obtenidos de los registros georreferenciados, se plasmaron en los distritos y regiones físico-geográficas (Figura 10). Como se puede observar tanto la riqueza como el endemismo se concentra en los extremos norte y sur de la Península, otra área de particular abundancia de especies es la Sierra de la Giganta.

Las planicies resultaron ser en conjunto las áreas con menor riqueza y endemismo, en particular es notorio en la subprovincia Llanos de Magdalena.

El distrito físico-geográfico con mayor riqueza de plantas vasculares, corresponde a la Sierra Juárez-Sierra San Pedro Mártir- Sierra San Miguel-Mesa Huatamote, donde predomina el subgrupo de clima seco templado típico, con dominio de paisajes de lomeríos y montañas (Figura 10).

De los quince distritos físico-geográficos, únicamente en tres de ellos, predomina un muy alto endemismo de plantas vasculares. El primero coincide con el distrito, anteriormente mencionado. El segundo pertenece a Las Tres Vírgenes-Sierra La Sirena-Sierra Los Filos del Treinta y Cinco, donde prevalece el subgrupo de clima seco templado semicálido, con dominio de paisajes de lomeríos y montañas. El tercero se encuentra en el distrito Sierra El Novillo-Sierras Las Canoas-Sierra La Laguna; éste se caracteriza por el predominio del subgrupo de clima seco templado semicálido, con paisajes de montañas y lomeríos.

Las regiones físico-geográficas que destacan por su riqueza de flora son tres:

La primera es el Cerro Colorado-Cañón Santo Tomas-Cañón San Rafael y está formada predominantemente por los grupos físico-geográficos montañas y lomeríos volcánicos y tectónico-volcánicos, y se caracterizan por una vegetación natural de matorral rosetófilo, matorral micrófilo y chaparral (Figura 10).

La segunda región se encuentra en la Sierra San Pedro Mártir-Sierra San Miguel, compuesta, predominantemente, por los grupos físico-geográficos montañas y lomeríos magmáticos, caracterizados por una vegetación natural de matorral rosetófilo y chaparral.

La tercera región es la Sierra La Laguna, que está formada, predominantemente, por los grupos físico-geográficos montañas magmáticas, y se caracterizan por una vegetación natural de matorral sarcocaulo, matorral rosetófilo, bosques de encino-pino y selva baja caducifolia.

Las regiones físico-geográficas que destacan por su microendemismo (Figura 10) corresponden de igual manera a las tres regiones de riqueza de flora, sin embargo, existen otras tres regiones con alto microendemismo, que no son coincidentes, con la riqueza:

1) La región Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito, formada principalmente, por los grupos físico-geográficos lomeríos y montañas volcánicas y tectónico-volcánicas, se caracterizan por una vegetación natural de matorral sarcocaulé.

2) La región La Paz está formada esencialmente, por los grupos físico-geográficos rampas aluvio-coluviales y planicies eólicas, se distinguen por una vegetación natural de matorral sarcocaulé y matorral sarco-crasicaule.

3) La región El Cardonazo-Cordon La Polar-Cerro Los Copales está constituida predominantemente, por los grupos físico-geográficos lomeríos y planicies magmáticas, y se caracterizan por una vegetación natural de matorral sarcocaulé y matorral sarco-crasicaule.

Para conocer la relación entre la riqueza, el endemismo y el microendemismo se estimaron dos modelos de regresión lineal para los distritos y regiones; en el primero, se forzó la intersección a cero, y en el segundo, no se forzó. En el primer modelo de regresión lineal, a nivel de los distritos, se observó una correlación positiva significativa, entre la riqueza y el endemismo de plantas vasculares ($R^2 = 0.75, p < 0.001$). En el segundo modelo también se observó una correlación positiva significativa, pero con una diferencia de resultado ($R^2 = 0.54, p < 0.001$).

A nivel de las regiones, en el primer modelo de regresión lineal, se observó una correlación positiva significativa, entre la riqueza y el microendemismo, de plantas vasculares ($R^2=0.82, p < 0,001$). En el segundo modelo se observó una correlación positiva significativa pero con un resultado diferente ($R^2 = 0.75, p < 0.001$).

Debido a esto se determinó utilizar para los distritos la riqueza de flora vascular asociada al endemismo y la riqueza de flora vascular asociada al microendemismo para las regiones físico-geográficas.

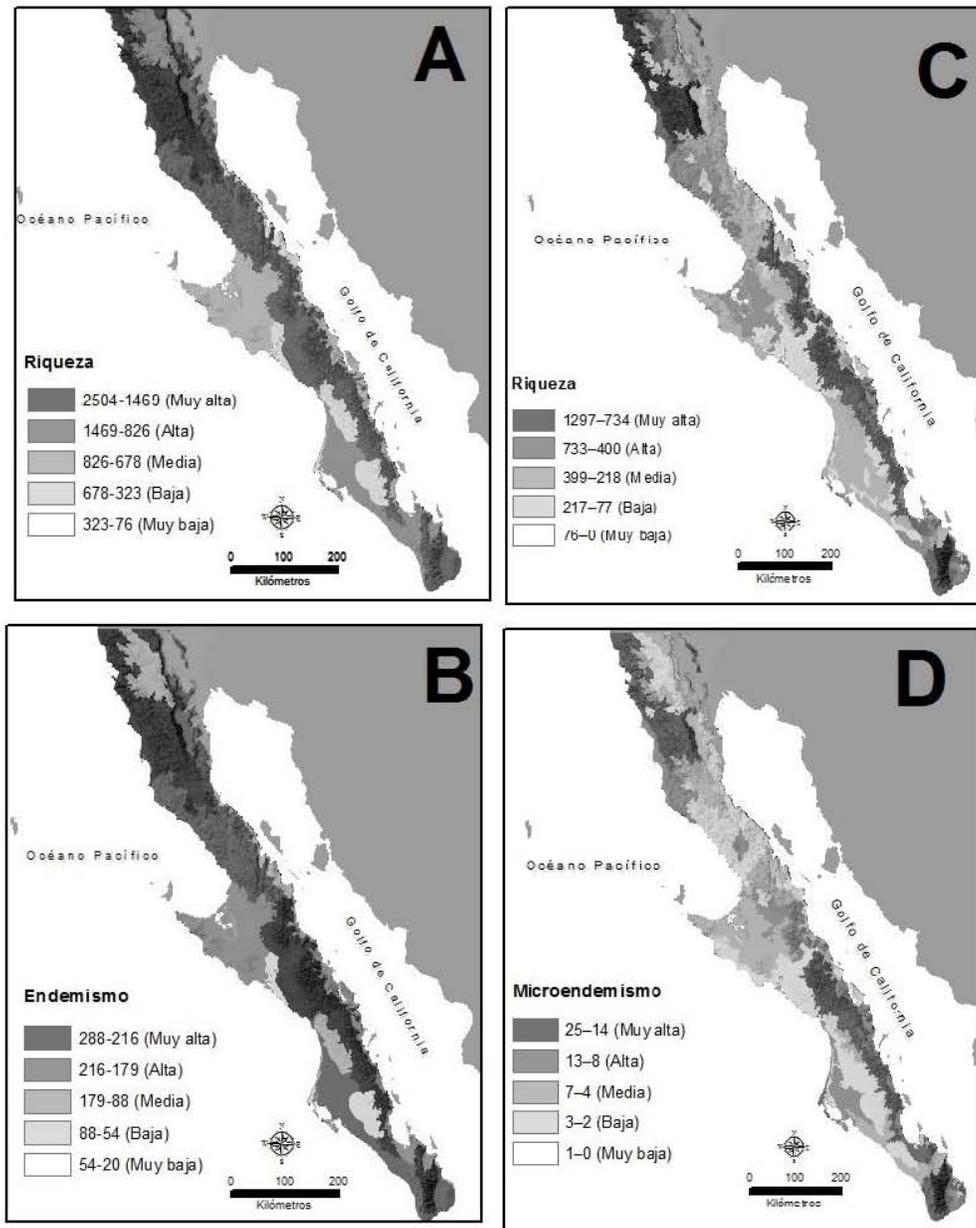


Figura 10. Mapas de riqueza y endemismo a nivel distrito y región físico-geográfica. A) Riqueza de plantas vasculares de los distritos, B) Endemismos de plantas vasculares de los distritos, C) Riqueza de plantas vasculares de las regiones y D) Microendemismos de plantas vasculares de las regiones. Los valores numéricos señalados en las leyendas corresponden a los intervalos de número de especies (Fuente: elaboración propia)

IV.2 Áreas de geoconservación (AG)

Como resultado de relacionar las categorías de la riqueza, el endemismo y el microendemismo con las unidades físico-geográficas de la RFG, se obtienen las áreas de geoconservación (Figuras 11 y 12).

A nivel de los distritos físico-geográficos, las (AG) representan un 61% de la superficie total de la Península, lo que indica su alta potencialidad para la conservación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Áreas de geoconservación de los distritos físico-geográficos

Área km ²	Distritos físico-geográficos	Riqueza*	Endemismo*	Porcentaje**
23,512.3	Sierra Juárez-Sierra San Pedro Mártir- Sierra San Miguel- Mesa Huatamote	Muy alta (2,504)	Muy alto (241)	18.0
24,260.6	Sierra de Colombia- Sierra La Libertad- Valle Santa Clara	Alta (1,141)	Alto (209)	18.6
24,620.7	Las Tres Vírgenes -Sierra La Sirena-Sierra Los Filos del Treinta y Cinco	Alta (1,469)	Muy alto (288)	18.9
3,132	Sierra El Novillo-Sierras Las Canoas- Sierra La Laguna	Alta (1,397)	Muy alto (236)	2.4
3,333.3	Buena Vista- Cabo San Lucas	Alta (1,080)	Alto (216)	2.6

Fuente: Elaboración propia

*Nivel de riqueza y endemismo (número de especies de plantas vasculares).

**Respecto al total de la superficie del área de estudio.

A nivel de las regiones físico-geográficas, las AG representan un 29% de la superficie total de la Península lo que indica la alta potencialidad de la misma para la conservación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Áreas de geoconservación de las regiones físico-geográficas

Área km ²	Regiones físico-geográficas	Riqueza*	Microendemismo*	Porcentaje**
7,493.8	Sierra San Pedro Mártir- Sierra San Miguel	Muy alta (1,297)	Alto (13)	5.8
6,592.4	Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo- Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito	Alta (724)	Alto (13)	5.1
5,819.6	Sierra El Mezquital- Sierra San Pedro-Sierra Bebelama	Alta (507)	Alto (9)	4.5
5,609.2	Cerro Colorado- Cañón Santo Tomás- Cañón San Rafael	Muy alta (1,225)	Alto (13)	4.3
4,062.3	Sierra El Escondido- Sierra San Francisco- Volcán Las Tres Vírgenes	Alta (598)	Medio (5)	3.1
2,185.1	Sierra La Laguna	Muy alta (1,214)	Muy alto (25)	1.7
1,872.8	Cabo Colonet - Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alta (463)	Medio (6)	1.4
1,219.8	El Cardonazo- Cordón La Polar- Cerro Los Copales	Alta (733)	Alto (13)	0.9
1,074.6	Mesa El Cuero- Boca de La Sierra- Santa Rosa	Alta (440)	Alto (9)	0.8
985.8	La Paz	Alta (666)	Alto (11)	0.8
389.5	Todos Santos	Alta (444)	Alto (8)	0.3

Fuente: Elaboración propia

* Nivel de riqueza y endemismo (número de especies de plantas vasculares).

**Respecto al total de la superficie del área de estudio.

Con relación a la distribución de las áreas de geoconservación, en la subprovincia Sierras de Baja California Norte destaca el distrito Sierra Juárez-Sierra San Pedro Mártir-Sierra San Miguel Mesa Huatamote, que se caracteriza por su alta riqueza, así como por su endemismo de plantas vasculares. De igual forma, las regiones que se distinguen por su muy alta riqueza y alto microendemismo de plantas vasculares son: Sierra San Pedro Mártir-Sierra San Miguel y Cerro Colorado-Cañón Santo Tomás-Cañón San Rafael, que se ubican en el distrito antes

mencionado. En la subprovincia Sierra de la Giganta destaca como área de geoconservación el distrito Tres Vírgenes-Sierra-La Sirena-Sierra Los Filos del Treinta y Cinco, por su alta riqueza de flora de plantas vasculares y un muy alto endemismo de plantas vasculares. Las regiones con alta riqueza de flora de plantas vasculares y alto microendemismo son: Sierra El Mezquital- Sierra San Pedro-Sierra Bebelama, Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro, pertenecientes al distrito mencionado anteriormente.

En la subprovincia Llanos de Magdalena destaca como área de geoconservación el distrito Ciudad Constitución-Melitón Albañez, que cuenta con una riqueza media de plantas vasculares y endemismo de plantas vasculares, mientras que aparece la región Todos Santos como área de geoconservación por la alta riqueza de flora de plantas vasculares y por contar con un alto microendemismo de plantas vasculares. En la subprovincia Del Cabo se señalan como áreas de geoconservación el distrito Sierra El Novillo-Sierras Las Canoas-Sierra La Laguna, con alta riqueza de flora de plantas vasculares y muy alto endemismo, mientras que solo es propuesta como área de geoconservación la región Sierra La Laguna, por su muy alta riqueza de flora de plantas vasculares, como también alto microendemismo.

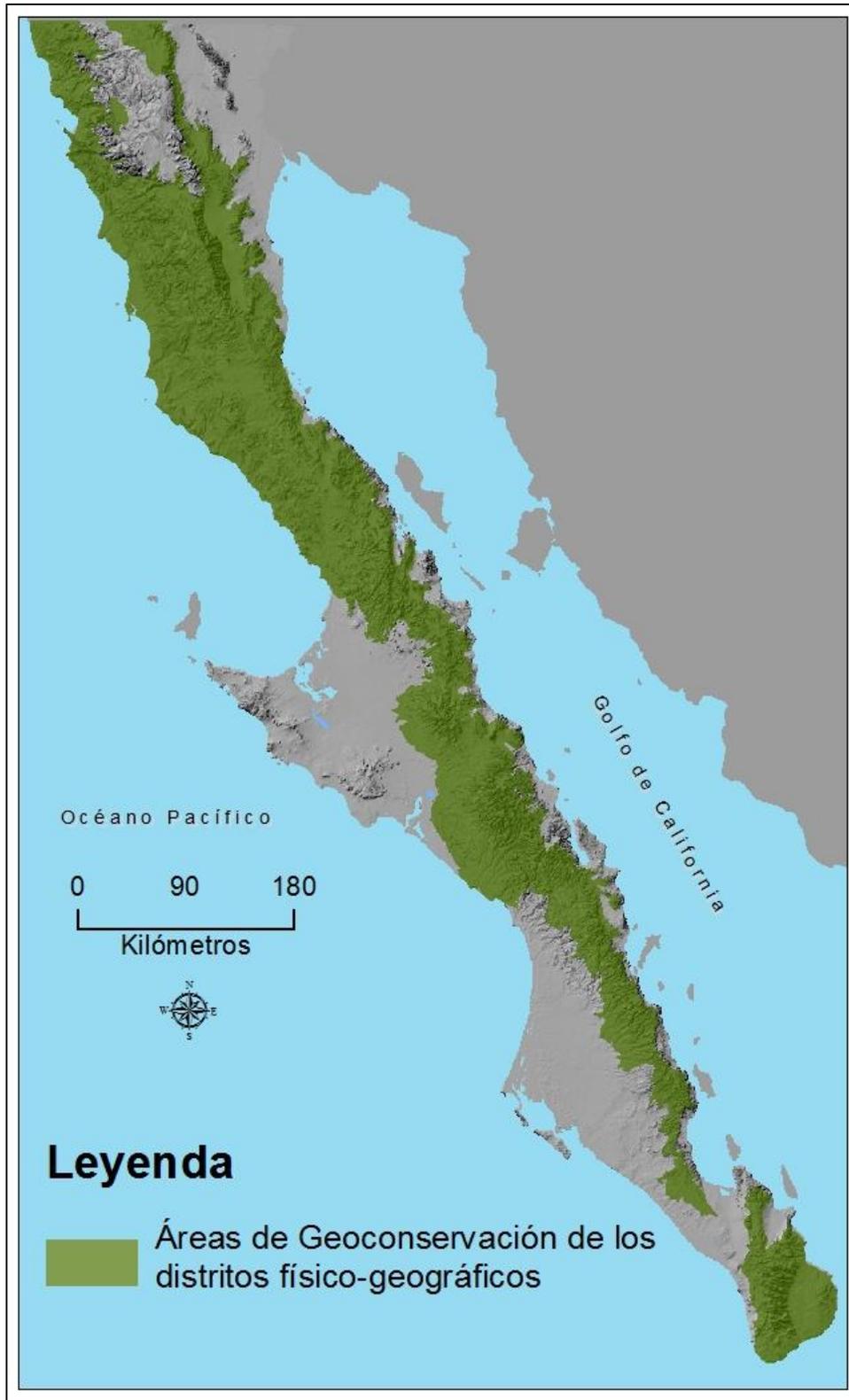


Figura 11. Áreas de geoconservación de los distritos físico-geográficos (Fuente: elaboración propia)

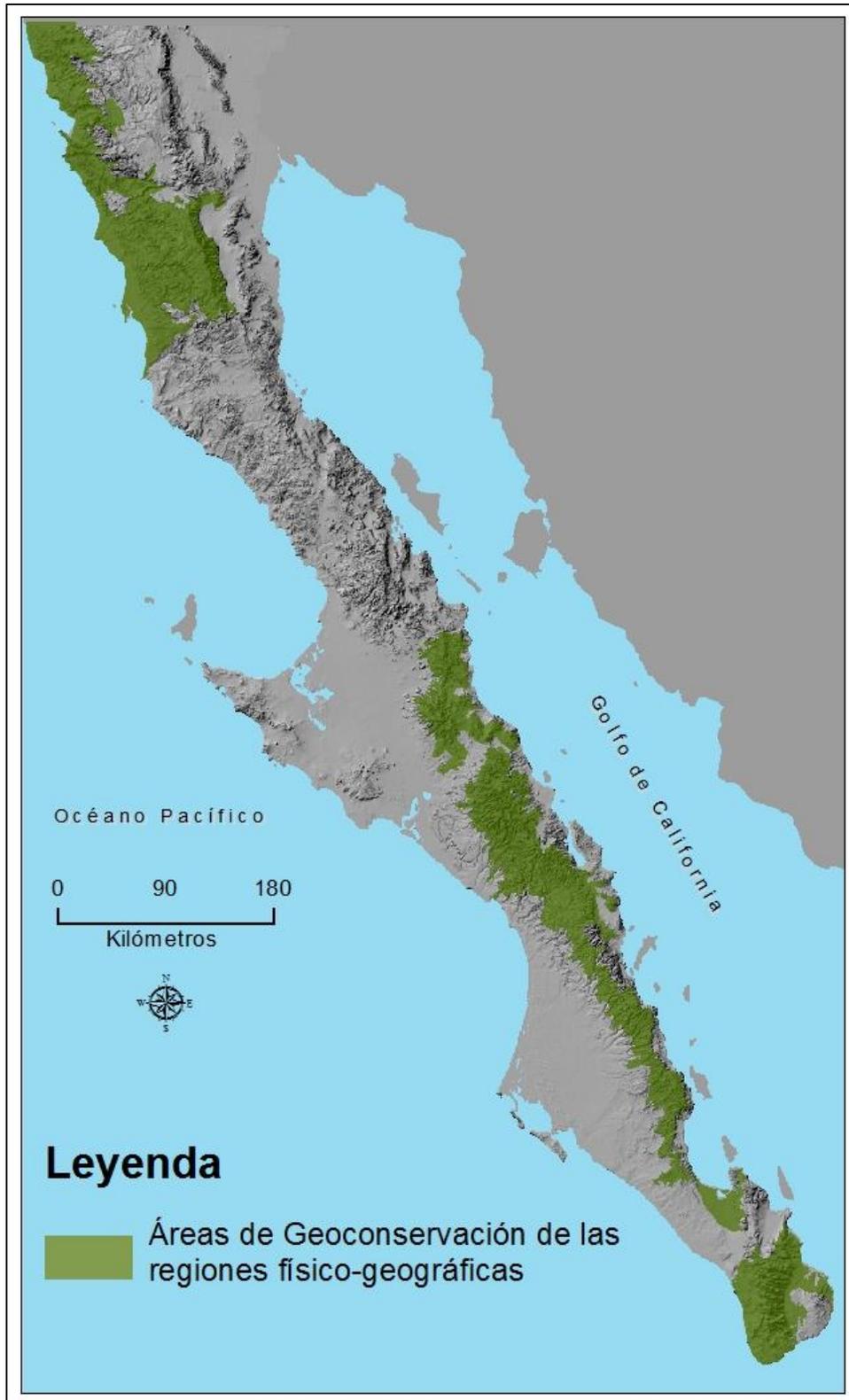


Figura 12. Áreas de geoconservación de las regiones físico-geográficas (Fuente: elaboración propia)

IV.3 Áreas prioritarias de geoconservación (APG) y disturbio antropogénico

Las áreas prioritarias de geoconservación (APG) son territorios con alto potencial para la conservación por su riqueza, endemismo y microendemismo de flora vascular, así como sus características físico-geográficas únicas. Además, pueden convertirse en un punto de partida para la delimitación de nuevas ANP, ya que las APG poseen límites naturales de los paisajes físico-geográficos del territorio, que incluyen la biodiversidad de manera representativa.

Las APG se definen tomando como base espacial las unidades inferiores de la regionalización físico-geográfica (distrito y regiones) a partir de su relación con la riqueza y el endemismo de las plantas vasculares en la Península de Baja California.

Otra ventaja que tienen las APG es que se pueden manejar diversas escalas geográficas para que, dependiendo de las oportunidades de preservación, se pueden conservar grandes o pequeñas extensiones de alto valor biológico y ecológico.

Como resultado general tenemos que las APG, se distribuyen al norte y sur de la enorme porción central conservada de la Península, que forman la unión de la reserva de la biosfera el Vizcaíno y el área de protección de flora y fauna Valle de los Cirios. Así como las APG en el extremo sur del área de estudio que rodean a la reserva de la biosfera Sierra de la Laguna.

Las APG de los distritos representan un 39 % del área de estudio (Figura 13 y Cuadro 6) y de las regiones el 24 % de la superficie total de la Península (Figura 14 y Cuadro 7).

Cuadro 6. Áreas prioritarias de geoconservación de los distritos físico-geográficos

Área (km ²)	Distritos	Porcentaje*
20,548.9	Sierra Juárez-Sierra San Pedro Mártir- Sierra San Miguel- Mesa Huatamote	15.8
18,881.9	Las Tres Vírgenes-Sierra La Sirena-Sierra Los Filos del Treinta y Cinco	14.5
6,023.6	Sierra de Colombia- Sierra La Libertad- Valle Santa Clara	4.6
3,145.7	Buena Vista- Cabo San Lucas	2.4
2,203.1	Sierra El Novillo-Sierras Las Canoas- Sierra La Laguna	1.7

Fuente: Elaboración propia

*Respecto al total de la superficie del área de estudio.

Cuadro 7. Áreas prioritarias de geoconservación de las regiones físico-geográficas

Área (km ²)	Regiones	Porcentaje*
6,760.2	Sierra San Pedro Mártir- Sierra San Miguel	5.2
6,592.4	Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas- Cerro El Saltito	5.1
5,771.1	Sierra El Mezquital- Sierra San Pedro-Sierra Bebelama	4.4
5,609.2	Cerro Colorado- Cañón Santo Tomas- Cañón San Rafael	4.3
1,858.5	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	1.4
1,278.5	Sierra La Laguna	1.0
1,061.5	Mesa El Cuero- Boca de La Sierra- Santa Rosa	0.8
1,045.3	El Cardonazo-Cordon La Polar-Cerro Los Copales	0.8
985.8	La Paz	0.8
493	Sierra El Escondido- Sierra San Francisco- Volcán Las Tres Vírgenes	0.4
389.5	Todos Santos	0.3

Fuente: Elaboración propia

*Respecto al total de la superficie del área de estudio.

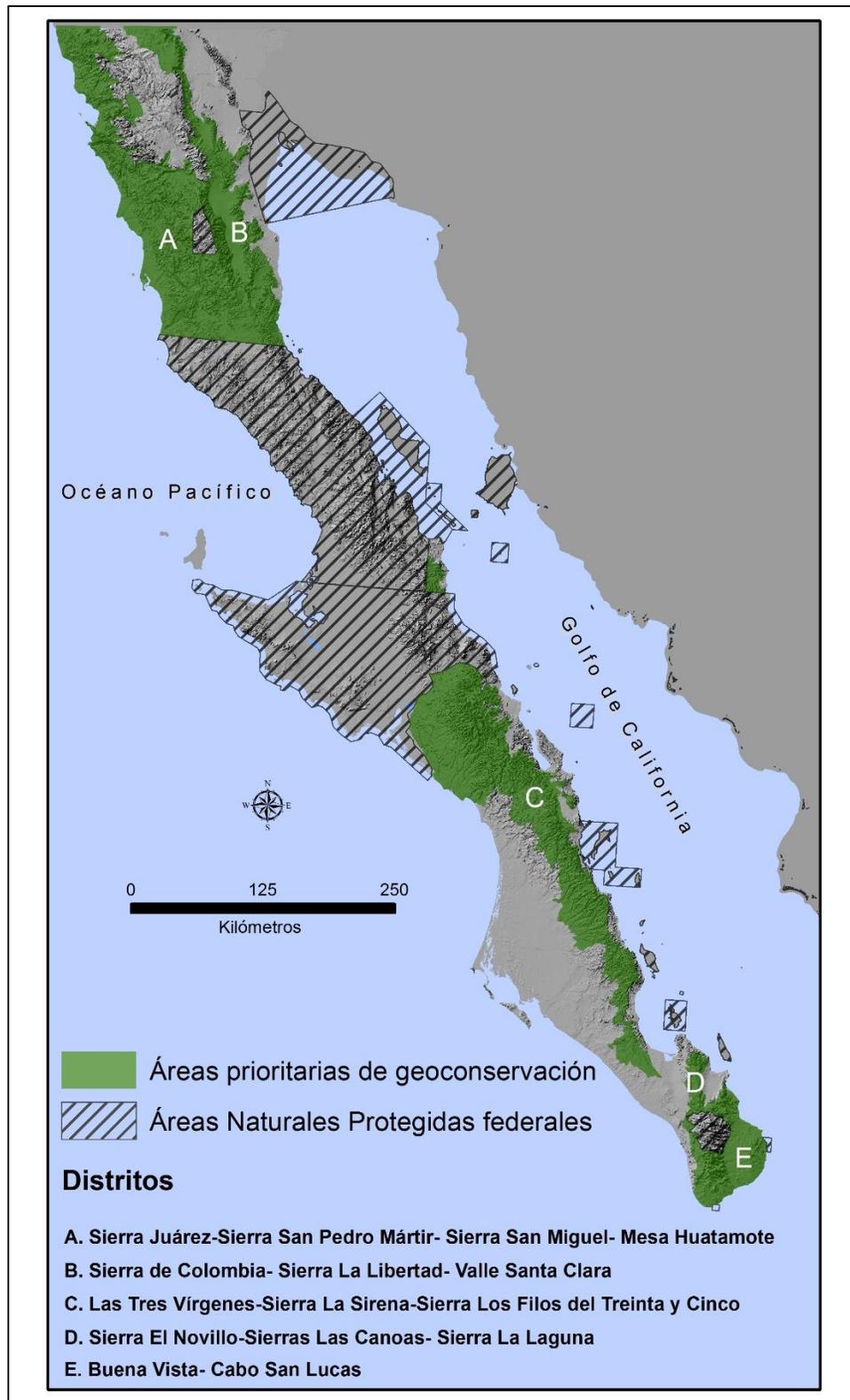


Figura 13. Áreas prioritarias de geoconservación de los distritos físico-geográficos (Fuente: elaboración propia)

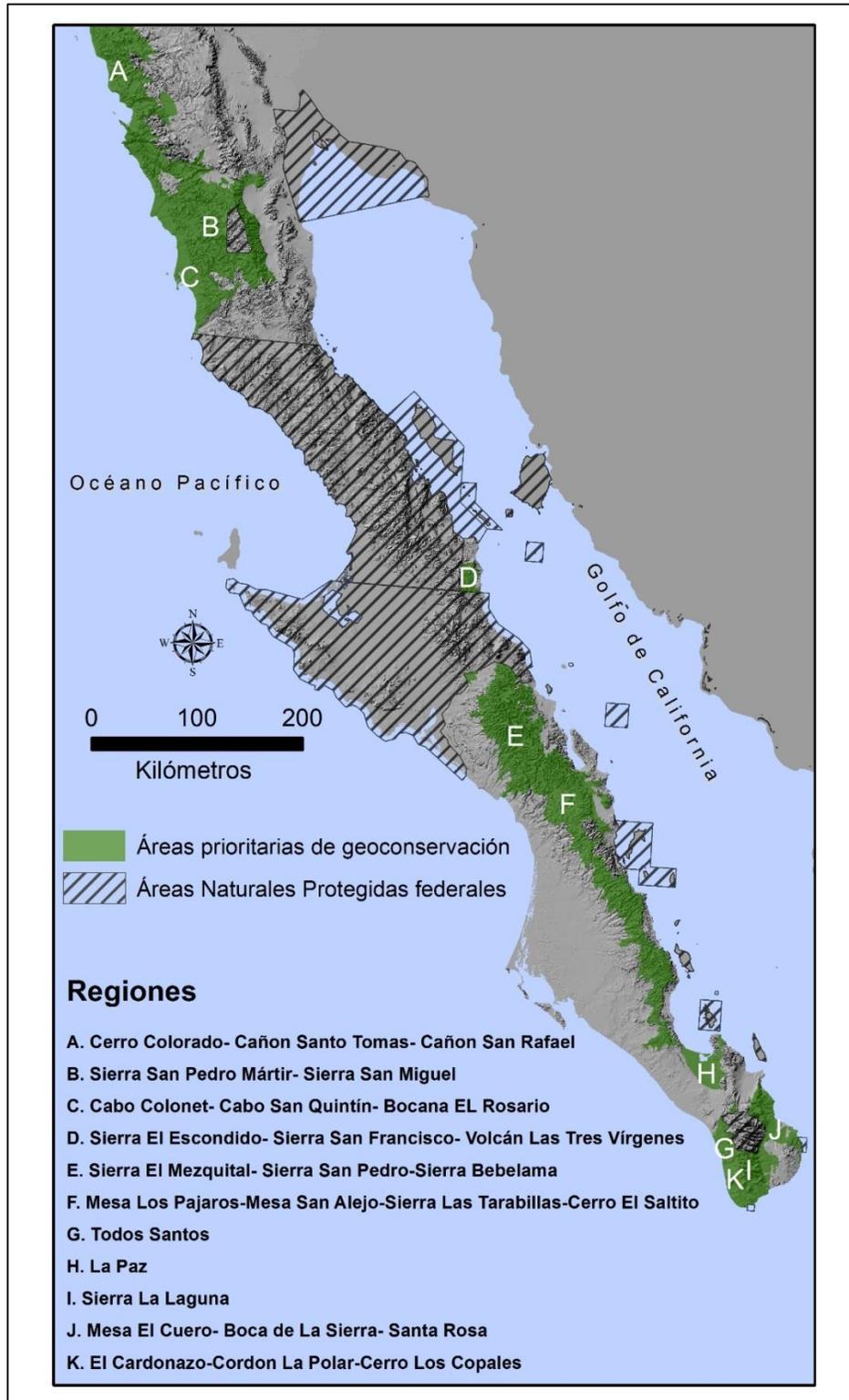


Figura 14. Áreas prioritarias de geoconservación de las regiones físico-geográficas (Fuente: elaboración propia)

La Península de Baja California está sujeta a diversas actividades antrópicas que generan disturbio. Para tener elementos adicionales a una apropiada conservación de las APG es necesario conocer espacialmente donde ocurre la mayor presión antrópica sobre los recursos naturales. En la figura 15, se puede apreciar que en los extremos de la Península es donde se registra la mayor actividad antrópica y esto debe ser tomado en cuenta en un hipotético esquema de manejo de las APG.

El área prioritaria de geoconservación con muy alto disturbio antropogénico es El Cerro Colorado-Cañón Santo Tomas-Cañón San Rafael. Las que cuentan con un disturbio alto corresponden a Cabo Colonet-Cabo San Quintín-Bocana El Rosario, La Paz, Todos los Santos, Mesa, El Cardonazo-Cordon La Polar-Cerro Los Copales y El Cuero-Boca de La Sierra-Santa Rosa.

Con Bajo disturbio se ubican en la parte centro-sur del estado de Baja California Sur y son: Sierra El Mezquital-Sierra San Pedro-Sierra Bebelama y parte de Sierra La Laguna.

Con muy bajo disturbio se tiene la Sierra San Pedro Mártir-Sierra San Miguel y Sierra El Escondido-Sierra San Francisco-Volcán las Tres Vírgenes (Figura 15).

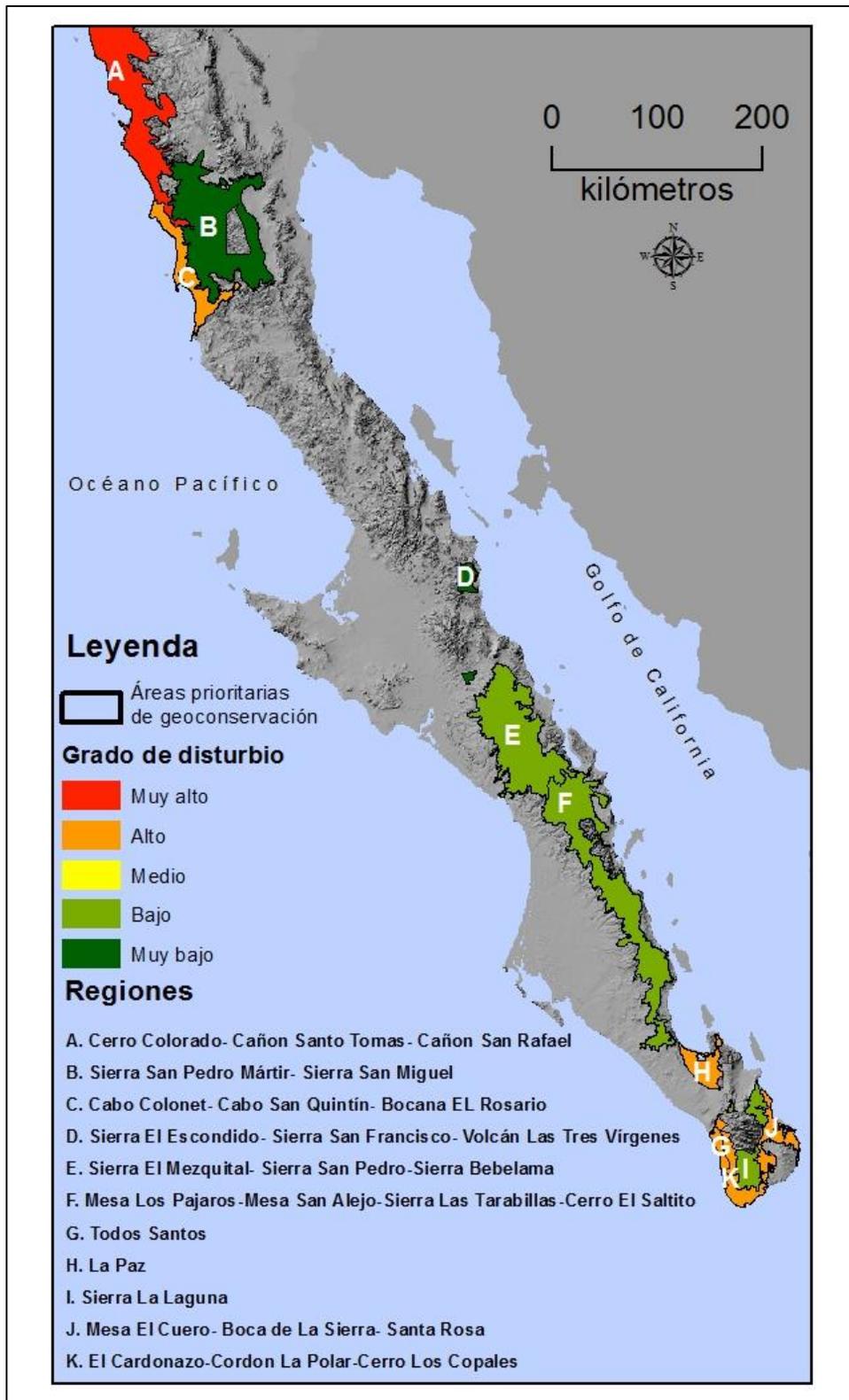


Figura 15. Disturbio antropogénico de las áreas prioritarias de geoconservación. Los valores que definen los grados de disturbio son iguales a los presentados en la figura 6 (Fuente: elaboración propia)

IV.4 Políticas ambientales

La propuesta de políticas ambientales está diseñada para las áreas de geoconservación (AG), es decir se considera el área de estudio como si no estuviera en el presente operando políticas de conservación, como son las áreas naturales protegidas.

Las AG, son espacios que por sus atributos biológicos (riqueza y endemismo) y físico-geográficos aplica la política de preservación conforme la LGEEPA; entre los distritos y regiones físico-geográficos que pueden cumplir con una política ambiental de protección (Figuras 16 y 17), se distinguen los distritos Ciudad Constitución-Melitón Albáñez y Los Ángeles-La Paz y las regiones Sierra Las Cruces-Sierra El Novillo y Loma Larga-San José del Cabo. Lo mismo ocurre con distritos y regiones donde se propone una la política de aprovechamiento sustentable (Figuras 16 y 17) dada su baja riqueza y endemismo o microendemismo, y donde destacan Mesa Las Salinas-Mesa La Rinconada y Bahía Santa María.

Las áreas con posibilidades de aplicación de la política de protección a nivel de distrito constituyen el 31% y las de aprovechamiento sustentable el 8% del área de estudio.

Las áreas con posibilidades de aplicación de la política de protección a nivel de regiones constituyen el 30 % y las de aprovechamiento sustentable el 41 % del área de estudio.

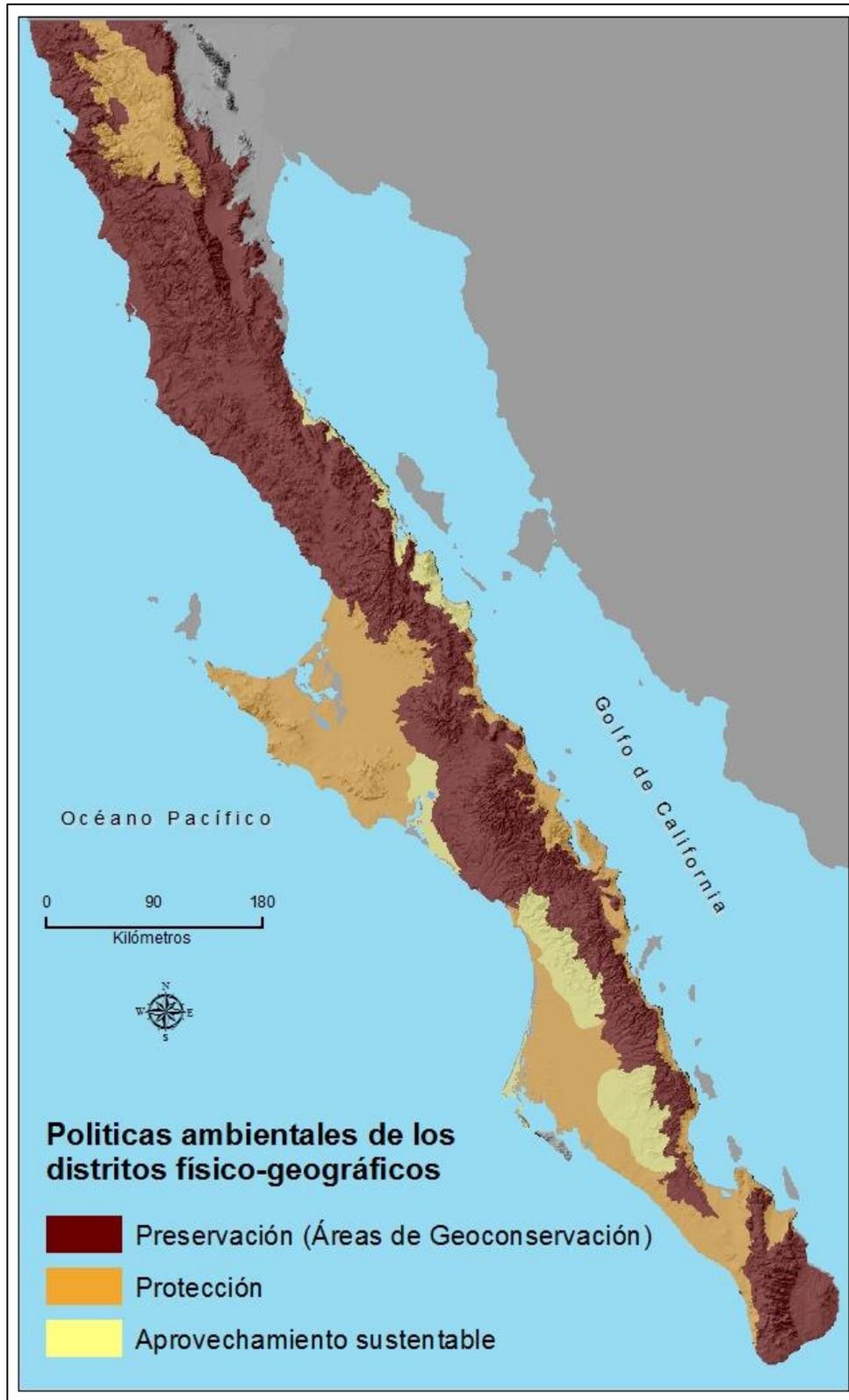


Figura 16. Políticas ambientales de los distritos físico-geográficos (Fuente: elaboración propia)

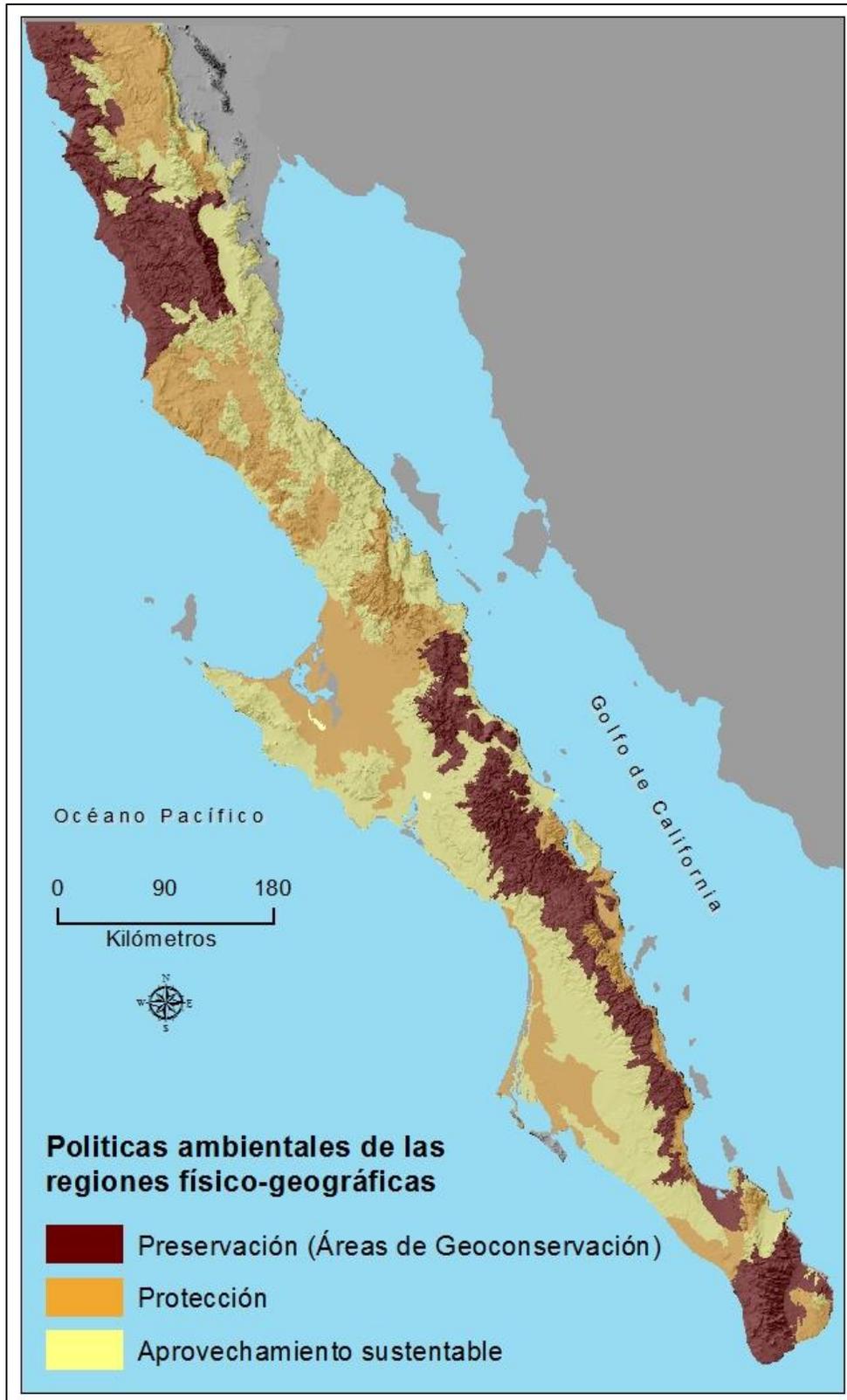


Figura 17. Políticas ambientales de las regiones físico-geográficas (Fuente: elaboración propia)

IV.5 Discusión

La asociación entre las unidades de paisaje y la diversidad biológica permitió relacionar la riqueza y el endemismo biótico con un contexto físico-geográfico integral, cuyas relaciones espaciales, estimadas mediante modelos de regresión lineal, arrojaron correlaciones positivas significativas entre la riqueza y el endemismo de plantas vasculares a nivel de distritos físico-geográficos, así como entre la riqueza y el microendemismo de plantas vasculares a nivel de regiones físico-geográficas.

Con respecto a las regionalizaciones naturales precedentes (Cuadro 8), esta propuesta goza de una significativa fortaleza holística, lo que permite comprender las relaciones y la distribución entre la riqueza y el endemismo vegetal, insumos vitales para estudiar y proyectar la planeación de la conservación de la diversidad biológica en el contexto de los distritos y regiones físico-geográficas.

Al analizar el ambiente abiótico encontramos que, los distritos que cuentan con muy alto endemismo se encuentran, primordialmente, en dos subgrupos de clima, seco templado típico y seco templado semicálido, y dos formas de relieve que corresponden a lomeríos y montañas. Por otro lado, las regiones con un alto microendemismo cuentan, principalmente, con una génesis del relieve de montañas y lomeríos magmáticos, y montañas y lomeríos volcánicos y tectónico-volcánicos.

Cuadro 8. Regionalizaciones de la Península de Baja California

Regionalización	Multiescalar	Morfoestructuras	Clima	Mesoformas del relieve	Litológica	Flora o formaciones vegetales	Fauna
Nelson (1921)						X	X
Shreve (1951)			X	X		X	
Wiggins (1980)						X	
Murphy (1983)							X
Peinado (1994)			X			X	
Villaseñor y Elías (1995)				X		X	
Arriaga (1997)	X		X		X	X	X
Garcillán y Ezcurra (2003)						X	
Rojas-Soto, <i>et al.</i> (2003)							X
Riemann y Ezcurra (2005)						X	
INEGI, CONABIO e INE (2008)	X		X		X	X	
Este trabajo	X	X	X	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia.

El carácter anidado de las unidades físico-geográficas de este trabajo brinda la oportunidad de proponer AG y APG a dos niveles taxonómicos, tomando en cuenta la interrelación de todos los componentes naturales. Dependiendo de las oportunidades de conservación se podría utilizar la escala a nivel de distritos, si se cuenta con la posibilidad de conservar grandes extensiones. Sin embargo, en la práctica, es cada vez más complejo conservar amplias áreas, por lo que las regiones pueden ser utilizadas como herramienta de delimitación de áreas de conservación más pequeñas, pero de alto valor biológico y ecológico.

La expresión cartográfica de las AG y APG alcanzada en este trabajo, así como la distribución de la riqueza, del endemismo y del microendemismo en los distritos y regiones físico-geográficas, muestra que el potencial del territorio peninsular es para la conservación. Para las AG se propone conservar el 61% del área de estudio a nivel de distrito y el 29% a nivel de regiones. Para las APG el 39% a nivel de distrito y un 24% a nivel de región. El territorio ya protegido a través de ANP representa un 37% del área de estudio, lo cual en términos de área pareciera ser positivo al compararse con las cifras anteriores.

Aunado a ello existen claros patrones de disturbio antrópico en el área de estudio que presionan la integridad de los recursos naturales. Estas áreas con mayor disturbio se encuentran en los extremos de la Península y se relacionan con la historia del desarrollo económico de la región. Estos lugares podrían tener como política ambiental a la restauración, que como puede verse en los mapas de políticas ambientales propuestos, no está incluida.

Por último, se recomienda: (1) tomar en cuenta las áreas prioritarias de geoconservación, producto de esta investigación, en los esfuerzos futuros del diseño de redes y corredores de conservación en la Península de Baja California, y (2) incluir en las políticas ambientales, consideradas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental, la categoría de geoconservación.

Esta adecuación en la ley daría lugar a una conservación ambiental más integral, ya que forzaría a tomar en cuenta la riqueza de flora y fauna aunada a la geodiversidad, tomando a la geodiversidad como el equivalente abiótico de la biodiversidad, es decir, como el intervalo natural de la diversidad geológica (rocas, minerales y fósiles), geomorfológica (geoformas y procesos) y de los suelos.

Se propone entonces que la categoría de geoconservación sea equivalente a la categoría de Preservación de la LGEEPA, cuya definición actual es “Conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales”.

Sin embargo, se requeriría hacer énfasis en lo referente al concepto “entornos naturales” vinculando ahí el concepto de geodiversidad. Entonces la definición de Preservación podría quedar como “Conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies y su geodiversidad y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales”.

Capítulo V. Sistemas de áreas para la geoconservación de la Península de Baja California

El presente capítulo tiene como finalidad proponer sistemas de áreas para la geoconservación en la Península de Baja California, con base en modelos de nicho ecológico de especies de subrogados verdaderos de herpetofauna, flora y microendemismo de flora vascular (Riemann y Ezcurra 2005), tomando como base espacial las cien regiones físico-geográficas de la Península (Zaragoza et al. 2013).

V.1 Sustitutos de la biodiversidad (subrogados) y sus modelos de nicho ecológico

La modelación de nicho ecológico tuvo la finalidad de conocer las distribuciones de los subrogados para determinar las áreas prioritarias de conservación. Además, el procedimiento se utilizó para garantizar un nivel de consistencia espacial, temporal y de representación para que los datos reflejen adecuadamente la realidad y no introduzcan sesgos en el análisis.

A partir de Maxent, se construyeron 121 modelos de nicho ecológico (Figura 18), que fueron proyectados como distribuciones potenciales, de las cuales 43 especies le corresponden a herpetofauna, 36 a flora y 42 a microendemismos de flora vascular. No se tomaron en cuenta subrogados que tuvieran sólo uno o dos datos de ocurrencia.

Los resultados de la evaluación de los 80 modelos de nicho ecológico de los subrogados se presentan en el apéndice 2. Estos fueron analizados con la prueba estadística de Jackknife por tener entre 3 a 15 datos de ocurrencia, de los que 15 pertenecen a la herpetofauna, 25 a flora y 38 a microendemismo de flora vascular.

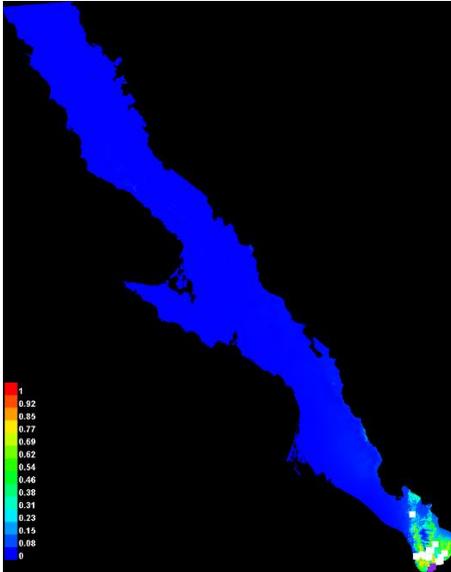
Los modelos de nicho ecológico de los subrogados, que se ubican entre 15 y 235 datos de ocurrencia, se evaluaron con la prueba estadística de ROC parcial, de los que 26 conciernen a la herpetofauna, 11 a la flora y 4 microendemismos de flora vascular (apéndice 2).

Del total de 121 modelos de nicho ecológico solo 90 cumplieron con las pruebas estadísticas de Jackknife con un p valor ≤ 0.05 y de ROC parcial con un p valor ≤ 0.001 . Estos 90 modelos (estadísticamente significativos) se utilizaron en ConsNet para obtener las áreas prioritarias de conservación, (apéndice 2).

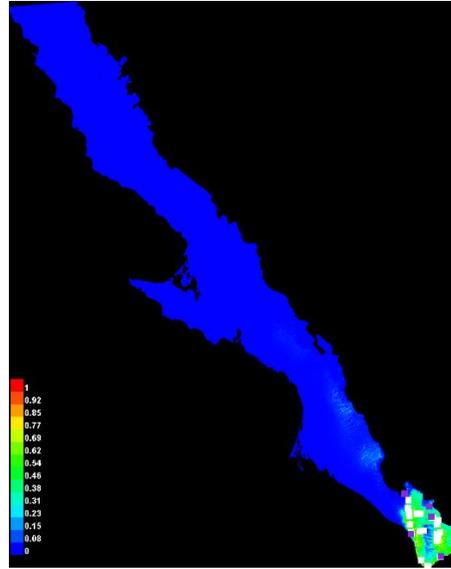
V.2 Sistemas de áreas para la geoconservación (SAG)

La Península de Baja California se divide en 172,190 celdas que contienen la distribución potencial de los 90 subrogados que resultaron estadísticamente significativos (Figura 19), donde la riqueza total es la sumatoria de la representación de todos los subrogados.

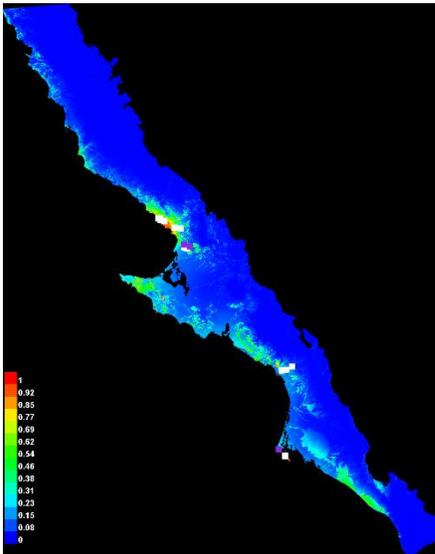
Del resultado con el algoritmo heurístico ILV4 se obtuvo un perímetro de 5'740,073 m y un área de 3,214 km² como una solución inicial para determinar áreas prioritarias de conservación (Figura 20). Este resultado se utilizó como base para realizar una búsqueda más detallada, por medio de objetivos mediante el algoritmo metaheurístico (búsqueda Tabú).



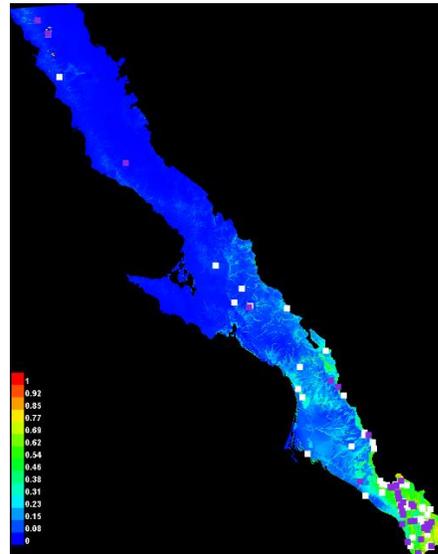
Bursera cerasifolia



Ctenosaura hemilopha



Mammillaria blossfeldiana



Urosaurus nigricaudus

Figura 18. Ejemplo de 4 especies de los 121 modelos de nicho ecológico (Fuente: elaboración propia)

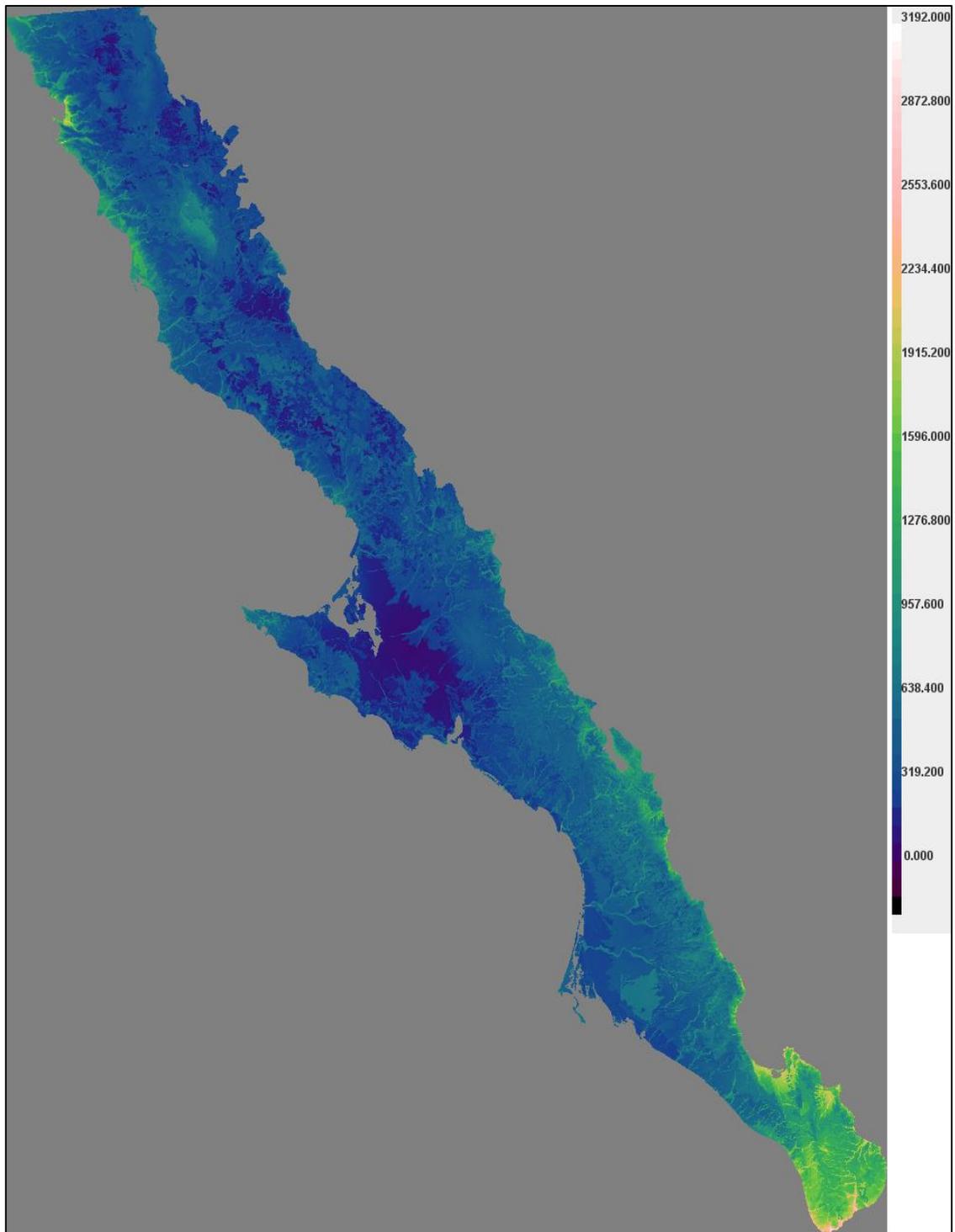


Figura 19. Riqueza total de los subrogados del área de estudio, donde los colores más cálidos indican las celdas de alta riqueza y los oscuros la carencia de la misma. (Fuente: elaboración propia)

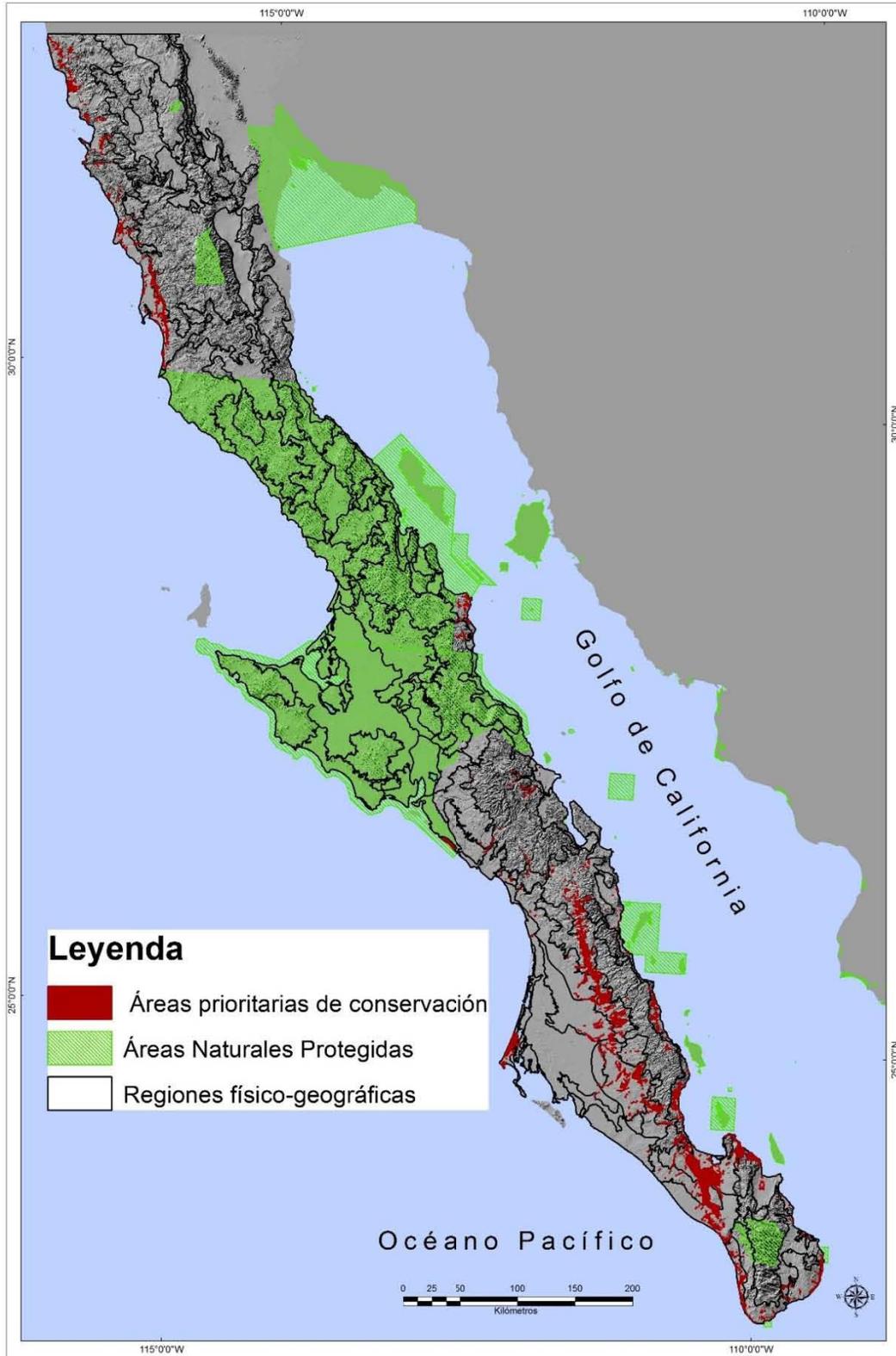


Figura 20. Solución inicial a partir del algoritmo heurístico ILV4 (Fuente: elaboración propia)

En el objetivo uno, se evaluaron 5,873 soluciones en 27 horas de tiempo corrido en una computadora de escritorio y 10,928,415 de iteraciones, y en el objetivo dos, se evaluaron 6,807 soluciones en 23 horas y 11,876,546 iteraciones. Se salvó la mejor solución para ambos objetivos.

Los rasters obtenidos de las mejores soluciones, para los objetivos uno y dos, se convirtieron a un formato vectorial de polígonos, con la finalidad de obtener el área y el perímetro de las áreas prioritarias de conservación. Posteriormente se eliminaron aquellos polígonos que tuvieran menos de 3 km² por considerarse pequeños para proponer áreas protegidas, y se excluyeron las áreas naturales protegidas, tanto a nivel federal como estatal.

Del primer objetivo resultaron 25 áreas prioritarias de conservación que cuentan con una extensión de 1,893 km² y un porcentaje del 1.4% del área de estudio. Estas áreas coinciden con 22 regiones físico-geográficas (Cuadro 9). La región que cuenta con un mayor número de áreas prioritarias de conservación es Cabo Colonet-Cabo San Quintin Bocana El Rosario, que comprende una superficie total de 1,872.7 km², y la morfología predominantemente son los grupos físico-geográficos de planicies y lomeríos estructurales que se caracterizan por una vegetación natural de matorral rosetófilo costero, matorral micrófilo y chaparral (Figura 21).

En el segundo objetivo se obtuvieron 16 áreas prioritarias de conservación que cubren una superficie de 1,629 km², con un porcentaje de 1.3% de la Península de Baja California. Las áreas prioritarias de conservación se ubicaron en 17 regiones físico-geográficas (Cuadro 10) y la región con más áreas de este tipo es Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario, que es similar al objetivo uno (Figura 22).

Para el objetivo dos, el modelo sugiere como mejor solución considerar como áreas prioritarias de conservación superficies que se ubican alrededor de tres áreas naturales protegidas. La primera de estas áreas protegidas corresponde a Constitución de 1857, con un superficie de 50.6 km², y según los resultados del modelo tendría 17 km² de APC adyacente. La segunda área es la Sierra de San Pedro Mártir con una extensión de 733 km², y 29 km² adyacentes conforme a los resultados. La última de estas áreas protegidas es la Sierra de la Laguna con 1,112 km², con 220 km² de APC adyacente (Figura 22).

Por último, resultado de la superposición cartográfica entre las regiones físico-geográficas y las áreas prioritarias de conservación, se obtuvieron dos Sistemas de Áreas para la Geoconservación (Figuras 21 y 22; Cuadros 9 y 10).

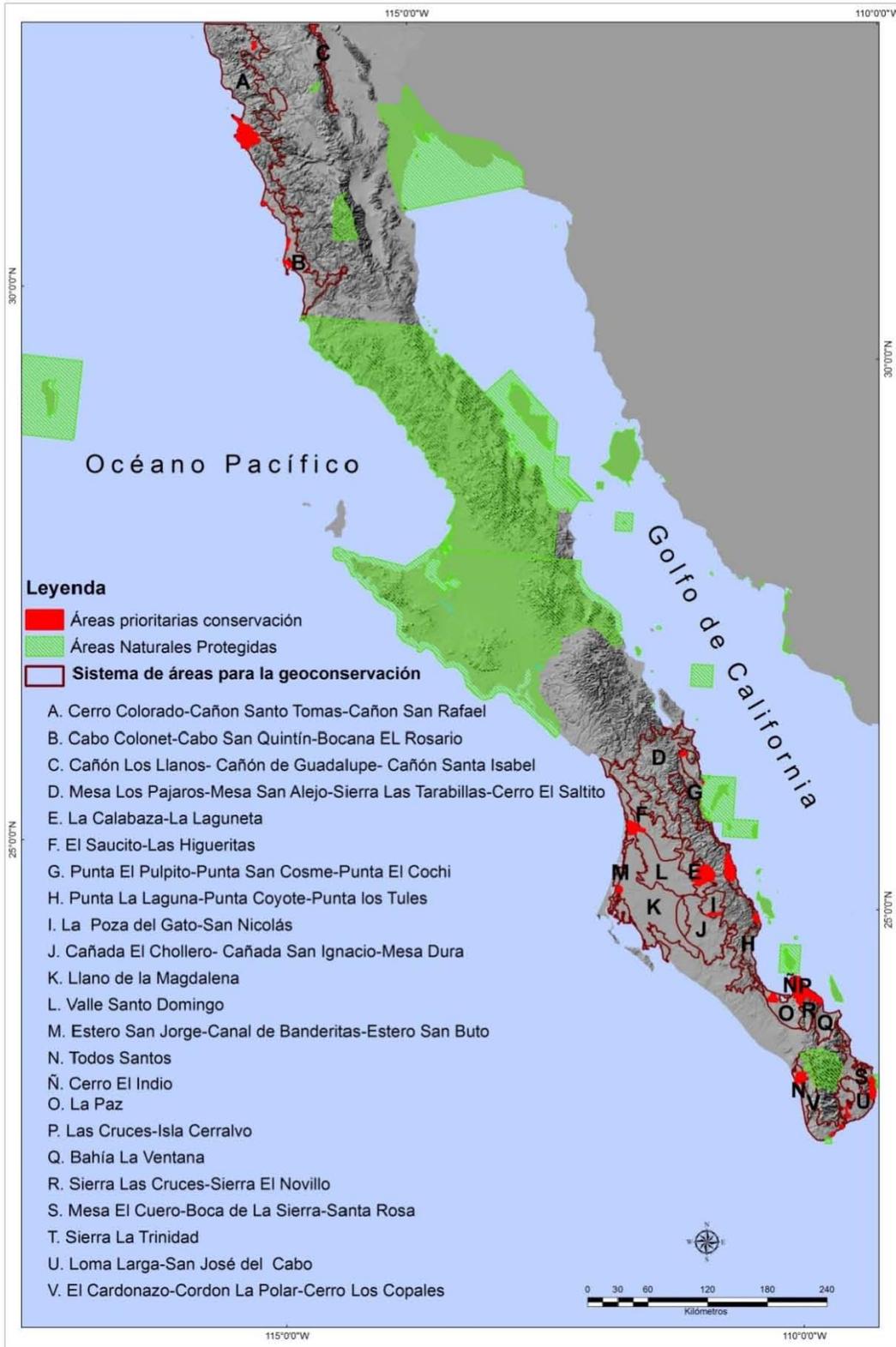


Figura 21. Sistema de áreas prioritarias para la geoconservación del objetivo 1 (Fuente: elaboración propia)

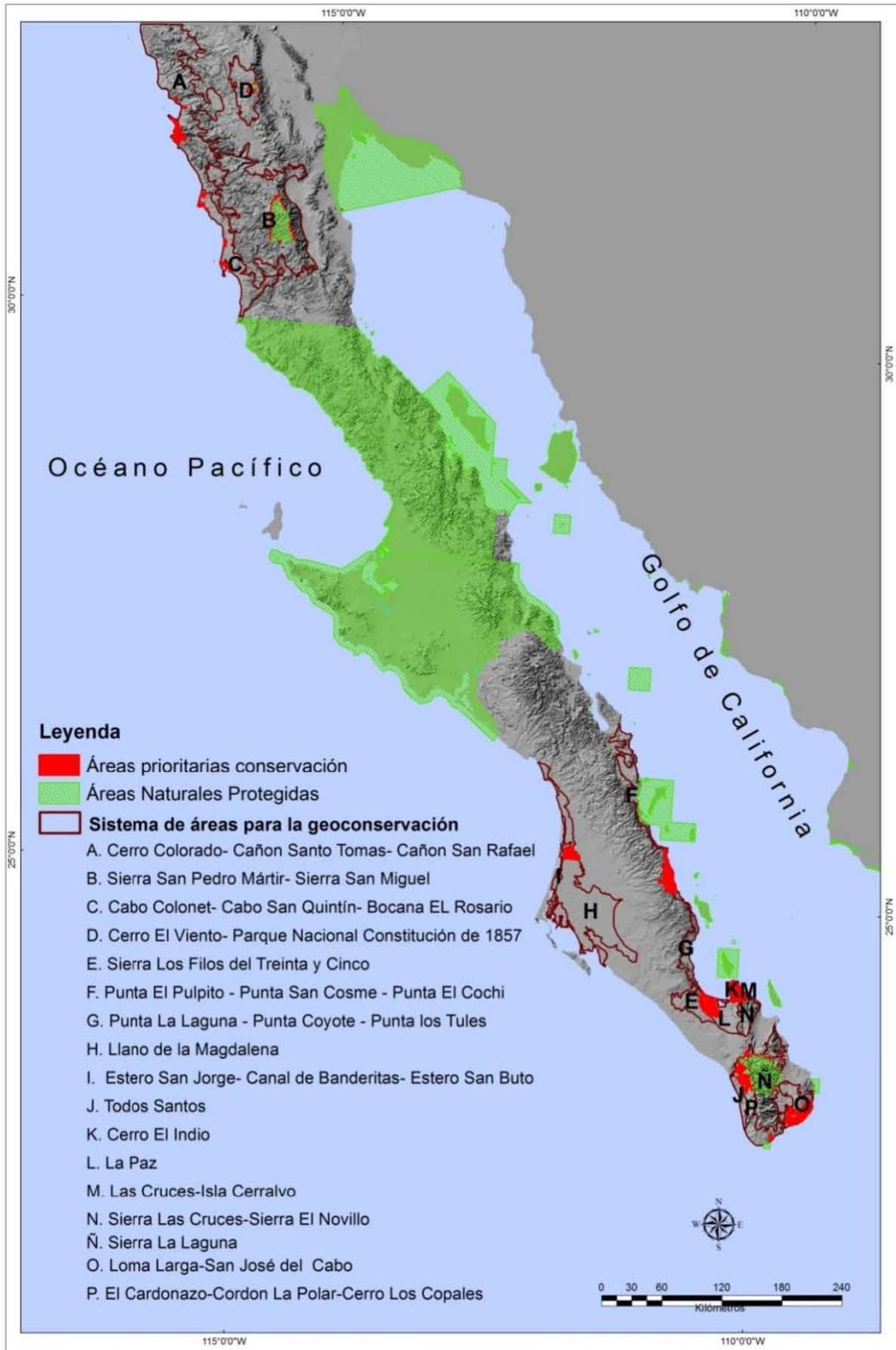


Figura 22. Sistema de áreas prioritarias para la geoconservación del objetivo 2 (Fuente: elaboración propia)

V.3 Vulnerabilidad en los sistemas de áreas prioritarias de geoconservación

La vulnerabilidad en la Península de Baja California se presenta, en forma general, en paisajes con mayor población, en zonas urbanas y en áreas agrícolas. Una parte importante de las áreas prioritarias de conservación, en los dos objetivos antes mencionados, se ubican en las regiones Cabo Colonet-Cabo San Quintín Bocana El Rosario, La Paz y Los Cabos, donde existe una vulnerabilidad que va de muy alta a alta, por lo que algunas de estas áreas se encuentran bajo una amenaza inminente.

Para el primer objetivo de conservación se encuentran áreas prioritarias de conservación con una vulnerabilidad variable (Figura 23): de muy alta con 4, alta con 9, media con 5, baja con 3 y muy baja con 4 (Cuadro 9).

En lo que corresponde al objetivo dos, se hallan áreas prioritarias de conservación con la siguiente vulnerabilidad (Figura 24): muy alta con 3, alta con 8, media con 4 y baja con 1 (Cuadro 10).

Cuadro 9. Vulnerabilidad a nivel de paisajes físico-geográficos del objetivo 1

Áreas prioritarias de conservación	Área km²	Perímetro	Región físico-geográfica	Nivel de vulnerabilidad
1	4.3423741	9185.45329	Cañón Los Llanos- Cañón de Guadalupe- Cañón Santa Isabel	Baja
2	24.9486143	24223.3622	Cerro Colorado- Cañón Santo Tomas- Cañón San Rafael	Muy alta
3	373.095456	173644.087	Cerro Colorado- Cañón Santo Tomas- Cañón San Rafael	Muy alta
4	11.9439937	15095.7573	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alta
5	3.09567252	8700.3434	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alta
6	20.044549	27058.2845	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alta
7	26.427695	24017.7882	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alta
8	7.88193598	16543.0591	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alta
9	23.0671433	21407.4363	Punta El Pulpito - Punta San Cosme-Punta El Cochi Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito	Media
10	3.59123886	10372.048	Punta El Pulpito - Punta San Cosme-Punta El Cochi	Media
11	138.208376	60240.9839	Estero San Jorge- Canal de Banderitas- Estero San Buto El Saucito-Las Higuieritas Valle Santo Domingo Llano de la Magdalena	Media
12	196.376942	74873.9952	Punta El Pulpito - Punta San Cosme-Punta El Cochi Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito	Baja
13	292.902013	81059.3792	La Calabaza-La Laguneta Valle Santo Domingo Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito	Baja
14	24.5955269	22765.5648	Estero San Jorge- Canal de Banderitas- Estero San Buto Llano de la Magdalena	Muy Baja
15	4.0931868	8162.26156	Cañada El Chollero- Cañada San Ignacio-Mesa Dura	Muy Baja

Áreas prioritarias de conservación	Área km²	Perímetro	Región físico-geográfica	Nivel de vulnerabilidad
16	22.3840299	28571.12	La Poza del Gato-San Nicolás Cañada El Chollero- Cañada San Ignacio-Mesa Dura	Muy Baja
17	35.2310554	25620.6824	La Poza del Gato-San Nicolás Punta La Laguna-Punta Coyote-Punta los Tules Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito	Muy Baja
18	59.1078021	30937.7291	La Paz	Alta
19	377.990242	121407.729	Sierra Las Cruces-Sierra El Novillo La Paz Las Cruces-Isla Cerralvo Cerro El Indio Bahía La Ventana	Media
20	107.372881	52848.1337	El Cardonazo-Cordón La Polar-Cerro Los Copales Todos Santos	Alta
21	99.5079461	58264.1983	Mesa El Cuero- Boca de La Sierra- Santa Rosa Sierra La Trinidad Loma Larga-San José del Cabo	Muy alta
22	5.87308519	12185.98	Mesa El Cuero- Boca de La Sierra- Santa Rosa Loma Larga-San José del Cabo	Muy alta
23	14.4565254	19116.3713	Loma Larga-San José del Cabo	Media
24	8.18286336	13053.4158	El Cardonazo-Cordón La Polar-Cerro Los Copales	Alta
25	8.73264231	11639.448	El Cardonazo-Cordón La Polar-Cerro Los Copales	Alta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Vulnerabilidad a nivel de paisajes físico-geográficos del objetivo 2

Áreas prioritarias de conservación	Área km²	Perímetro	Región físico-geográfica	Nivel de vulnerabilidad
1	8.51131155	12073.0254	Cerro Colorado- Cañón Santo Tomas- Cañón San Rafael	Muy alto
2	8.33619097	12810.8213	Cerro Colorado- Cañón Santo Tomas- Cañón San Rafael	Muy alto
3	149.417931	98696.4206	Cerro Colorado- Cañón Santo Tomas- Cañón San Rafael	Muy alto
4	21.0436842	18408.6529	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario Cerro Colorado- Cañón Santo Tomas- Cañón San Rafael	Alto
5	24.2065931	22041.2422	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alto
6	4.1130516	9907.44854	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alto
7	14.2269828	17910.9982	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alto
8	27.3067583	25022.0497	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alto
9	7.30832942	16162.6141	Cabo Colonet- Cabo San Quintín- Bocana EL Rosario	Alto
10	153.377684	53066.1655	Estero San Jorge- Canal de Banderitas- Estero San Buto Valle Santo Domingo Llano de la Magdalena	Medio
11	327.090875	119685.896	Punta El Pulpito - Punta San Cosme-Punta El Cochi Punta La Laguna-Punta Coyote-Punta los Tules Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito	Medio
12	256.06613	96296.9604	Sierra Las Cruces-Sierra El Novillo La Paz Las Cruces-Isla Cerralvo Cerro El Indio	Medio
13	299.875117	105371.334	Sierra Los Filos del Treinta y Cinco	Alto

Áreas prioritarias de conservación	Área km²	Perímetro	Región físico-geográfica	Nivel de vulnerabilidad
			La Paz	
14	4.65620135	8744.29619	Punta La Laguna-Punta Coyote-Punta los Tules Mesa El Cuero- Boca de La Sierra- Santa Rosa Sierra La Laguna	Bajo
15	308.508749	121911.272	Mesa El Cuero- Boca de La Sierra- Santa Rosa Loma Larga-San José del Cabo	Medio
16	15.3055524	21040.3742	El Cardonazo-Cordón La Polar-Cerro Los Copales	Alto

Fuente: Elaboración propia

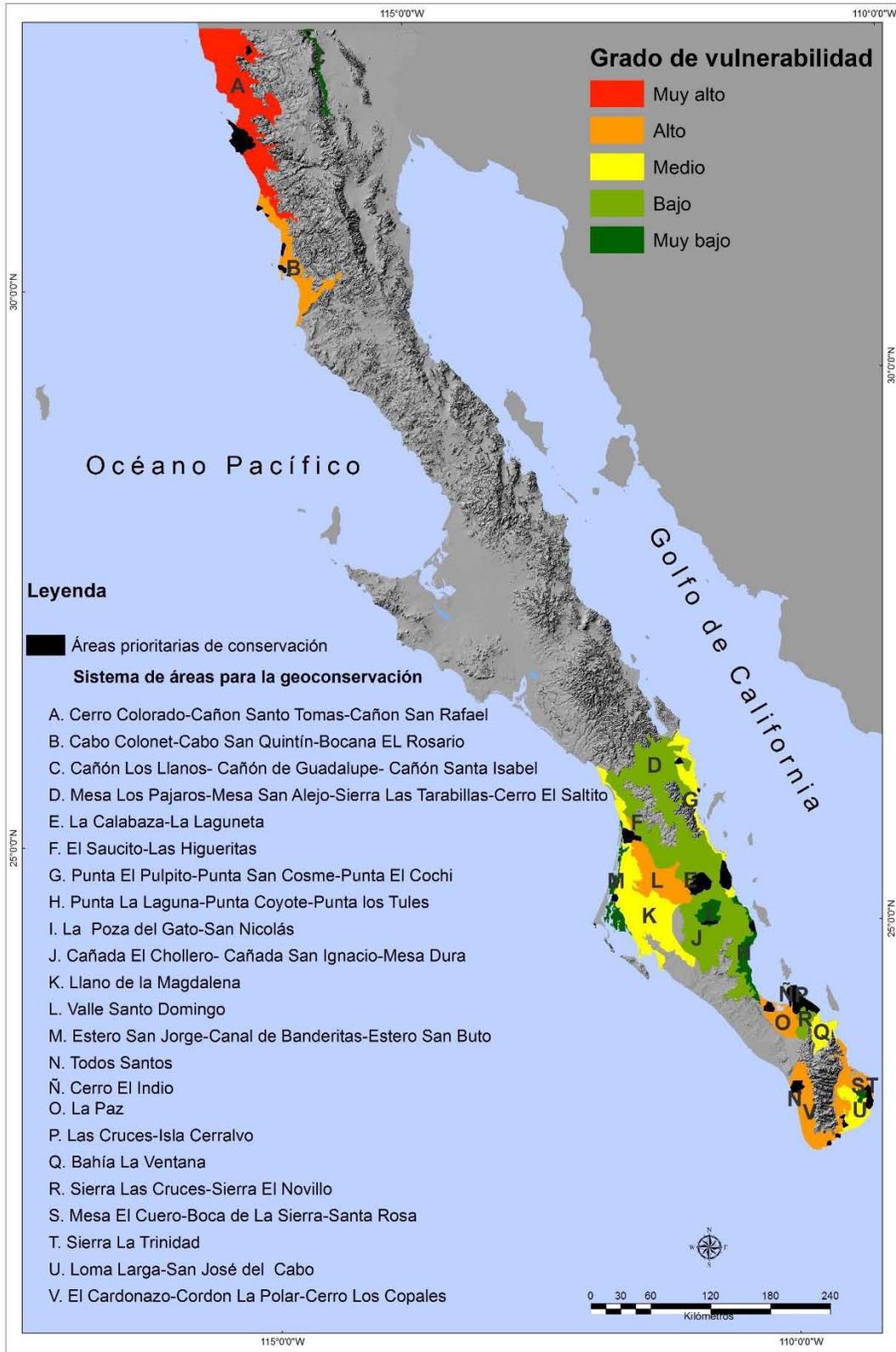


Figura 23. Vulnerabilidad en el sistema de áreas para la geoconservación del objetivo I (Fuente: elaboración propia)

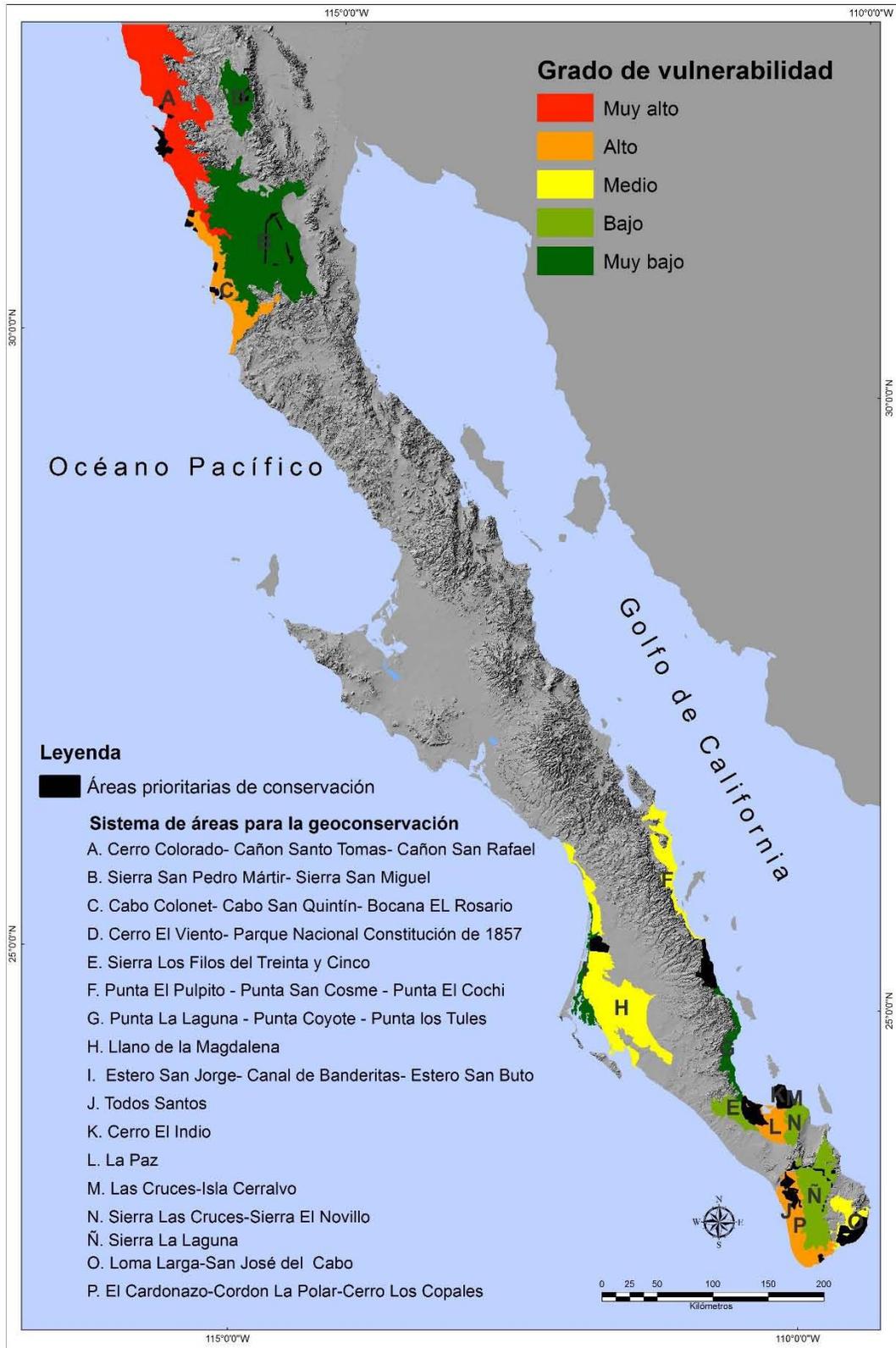


Figura 24. Vulnerabilidad en el sistema de áreas para la geoconservación del objetivo 2 (Fuente: elaboración propia)

V.4 Discusión

La planeación sistemática de la conservación es un campo de investigación multifacético e interdisciplinario, cuya meta es el manejo sustentable de los paisajes. Se debe aceptar que los paisajes no son, por lo general, un continuo de áreas prístinas sino un mosaico de espacios con distintos usos, y por lo tanto difícilmente podremos conservar a toda la biodiversidad. Sin embargo, lo que podemos hacer es trabajar para minimizar las pérdidas, restaurar algo de la biodiversidad en los paisajes transformados y asegurar la persistencia de la biodiversidad en las áreas destinadas a la conservación.

La planeación sistemática de la conservación trabaja con incertidumbre por lo que debe concebirse bajo un modelo adaptativo, que incluya mejoras en las bases de datos, los avances en la definición de los subgrupos, métodos estadísticos y modelaciones. Por ejemplo, es ampliamente reconocido que las modelaciones de nicho ecológico pueden tener problemas de sobreestimación del área de distribución geográfica, por lo que es frecuente la necesidad de validar los modelos a través de pruebas estadísticas, la mejor opción sería una colecta exhaustiva de especies en el área de estudio, sin embargo sería casi imposible por su extensión y por el costo económico que implicaría.

Mediante modelos de predicción de la distribución de las especies se lograron definir áreas prioritarias de conservación (Araújo y Williams 2000; Sánchez-Cordero et al. 2005; Pawar et al. 2007; Sarkar et al. 2009), en los que se aplicó una meta de representación uniforme de 10% para no sobreestimar la superficie, y así cumplir con la minimización de área como sugieren muchos trabajos publicados (Margules y Pressey 2000). Cabe mencionar que este porcentaje de representación (10%) pareciera estar sustentado no solo por criterios técnicos

sino sociales, políticos y económicos, y es probable que sea insuficiente para el área de estudio en términos biológicos (Soulé y Sanjayan 1998).

Para el objetivo uno se pretendió minimizar el área y maximizar la compactación (Ciarleglio et al. 2009), en el que se obtuvo una distribución no continua de las áreas prioritarias de conservación en toda la Península de Baja California. Estas áreas se encuentran relacionadas con el matorral costero y chaparral en la parte norte de la Península, y en la parte sur con la selva baja caducifolia.

En el objetivo dos se procuró minimizar el área y lograr la conectividad entre las áreas prioritarias (Sarkar et al. 2009b), y se encontró que la distribución era similar al objetivo uno, lo que indica que no existe una conectividad entre las áreas prioritarias de conservación en la Península de Baja California.

Otro aspecto que puede influir en el resultado de la priorización de las áreas de conservación es la selección de los subrogados. Para este trabajo se seleccionó una mezcla de variables físicas y biológicas como lo sugiere la literatura, sin embargo esto no exime que los subrogados estén representando solo una pequeña muestra de la biodiversidad de la Península y esto pueda estar subestimando las áreas a ser conservadas.

Otra posible limitante es que por lo general las listas rojas, como es el caso de la NOM-059-SEMARNAT-2010 de México, no son listados exhaustivos de especies amenazadas, por lo que tomar como subrogados a las especies dentro de esta norma puede generar un posible sesgo en la definición de áreas de conservación.

Los paisajes físico-geográficos presentan bases teóricas y metodológicas en la implementación de acciones para la planificación y gestión ambiental (Salinas, 2005; da Silva

y Mateo, 2011), por lo que sería importante incorporar parte de esas bases a las etapas de planificación sistemática de la conservación propuestas por Margules y Pressey (2000) y Margules y Sarkar (2009).

Uno de los principales aportes de este capítulo es justamente la asociación de los paisajes físico-geográficos con la planeación sistemática de la conservación, este cruce de conceptos y teoría, llevada a la práctica, se resume en la propuesta de los sistemas de áreas para la geoconservación.

Al llevar a cabo esta propuesta de geoconservación, a través de paisajes y de áreas prioritarias de conservación, se toman en cuenta los procesos ecológicos, bióticos, geomorfológicos, edafológicos, hídricos y geológicos, para así asegurar la persistencia a largo plazo de los rasgos de biodiversidad por medio de los paisajes (Margules y Pressey 2000; Sharples 2002; Margules y Sarkar 2009).

Las regiones físico-geográficas del sistema de áreas para la geoconservación del objetivo 1 se encuentra unidas de forma importante en la parte centro del estado de Baja California Sur, lo que genera un corredor que podría funcionar en el futuro como refugios de hábitat óptimo en tiempos de estrés, para algunas especies siempre y cuando se tenga un diseño de paisajes sustentables que opere adecuadamente. Cabe destacar que algunas de estas regiones dentro del SAG están bajo un nivel de vulnerabilidad alto por ejemplo el Valle Santo Domingo o La Paz, por lo que en un futuro debemos considerar posibles pérdidas de especies en estos lugares.

El sistema de áreas para la geoconservación del objetivo 2 presenta un conjunto importante de regiones físico-geográficas en la parte norte de la Península. Para asegurar la persistencia

de las áreas prioritarias de conservación y sus especies se requiere operar un diseño adecuado de paisajes sustentables. Además, esta porción norte de la Península presenta la mayor vulnerabilidad de toda el área de estudio, y la demanda de los recursos naturales aumenta conforme la población aumenta, por lo que en algunos lugares de este SAG se tendrá que trabajar en restaurar algunos componentes de la biodiversidad.

Aún faltaría integrar las variables económicas e involucrar a los actores sociales de la Península de Baja California. La propuesta de áreas prioritarias de conservación, podría ser validada socialmente a partir de un mapeo comunitario del espacio local, aplicando las prácticas del sistema de información geográfica participativo (Barrera 2009; McCall 2011) en la que juega un papel preponderante la geografía ambiental.

Los sistemas de áreas para la geoconservación de la Península de Baja California representan una primera propuesta, que debe ser enriquecida en un futuro, por el mapeo participativo y, de ser necesario, realizar propuestas con otros algoritmos heurísticos, como son el RF4 y el MDS2 (Ciarleglio et al. 2010a), o en su caso, darle mayor peso a las diferentes metas de los subrogados por lo que con ello podría cambiar la distribución geográfica de las áreas prioritarias de conservación propuestas.

Conclusiones

La Península de Baja California desde el enfoque físico-geográfico, está dividida en 1 provincia, 5 subprovincias, 15 distritos y 100 regiones.

La vocación de la Península de Baja California es claramente de preservación. Los resultados, a nivel de distrito, señalan que cerca de un 40% de la superficie del área de estudio, tomando en cuenta su biodiversidad y geodiversidad, debería estar bajo un régimen de conservación. Para las regiones un 24% del total de la superficie sería lo adecuado.

El carácter anidado de las unidades físico-geográficas brinda la oportunidad de proponer APG a dos niveles taxonómicos. Dependiendo de las oportunidades de conservación, se podría utilizar la escala a nivel de distritos, si se cuenta con la posibilidad de conservar grandes extensiones. O bien, las regiones pueden ser utilizadas como herramienta de delimitación de áreas de conservación más pequeñas, atendiendo a las limitaciones socio-económicas para conservar grandes extensiones.

Los distritos físico-geográficos que cuentan con muy alto endemismo se encuentran, primordialmente, en dos subgrupos de clima; seco templado típico y seco templado semicálido, y dos formas de relieve que corresponden a lomeríos y montañas. Por otro lado, las regiones con un alto microendemismo cuentan, principalmente, con una génesis del relieve de montañas y lomeríos magmáticos, y montañas y lomeríos volcánicos y tectónico-volcánicos.

El análisis de vacíos de conservación realizado es el primero en su tipo para el área de estudio, ya que tiene como base espacial a los paisajes físico-geográficos (distritos y regiones), a

diferencia de los estudios convencionales que solo utilizan los tipos de vegetación como unidad ambiental.

Podemos afirmar, de manera cuantitativa, que el disturbio antropogénico en la Península de Baja California está concentrado en los extremos de la Península y existe una fuerte correlación con el desarrollo histórico y económico de la misma. Por otro lado, los resultados muestran una amplia porción central bien conservada, que coincide con el área silvestre reconocida a nivel mundial.

El disturbio antropogénico, a nivel de regiones físico-geográficas, muestra que la demanda de recursos naturales, debido al incremento de la población, tiene un efecto en el deterioro de los paisajes a consecuencia de las políticas empleadas desde la llegada de los españoles, la que ha ido en aumento desde mediados del siglo pasado.

La relación entre disturbio antropogénico y la riqueza de plantas vasculares mostró que a mayor disturbio existe mayor diversidad, contrario a lo se esperaría empíricamente, con excepción del ganado, donde se registró que a mayor cantidad de ganado menor presencia de especies.

La segunda propuesta para determinar áreas prioritarias se realizó desde la planeación sistemática de la conservación, para lo que se usó un análisis multicriterio a través de algoritmos heurísticos y metaheurísticos, con la finalidad de minimizar el área, maximizar la compactación e incrementar la conectividad. Los resultados de los modelos dieron nuevas áreas prioritarias de conservación, que se distribuyen en los extremos de la Península sin posibilidad de lograr conectividad entre sí.

Al sobreponer al mapa de áreas prioritarias de conservación, el de regiones físico-geográficas y el de disturbio antropogénico, se obtuvieron las propuestas de sistemas de áreas para la geoconservación (SAG) y su vulnerabilidad.

Los SAG en general cuentan con una vulnerabilidad de muy alta a media, por lo que su preservación es urgente. Para ello se requerirán esquemas novedosos de conservación, ya que se encuentran cerca de las zonas urbanas importantes de la Península.

La geoconservación propone una visión holística, sistémica y novedosa, ya que toma en cuenta los componentes abióticos y bióticos del paisaje, algo que de manera parcial se alcanza en la biología de la conservación.

México es considerado un país megadiverso sin embargo la definición debería tomar en cuenta la geodiversidad, y no solo incluir la diversidad biológica y cultural. Para proteger la diversidad biológica y cultural es necesario proteger a la geodiversidad, porque de esta última dependen los hábitats de las especies.

La presente tesis asienta fundamentos sólidos de la geoconservación teniendo como caso de estudio a la Península de Baja California. Poner en marcha esta propuesta y el éxito de la misma va a depender en gran medida de los actores sociales y los intereses económicos en el área de estudio.

Bibliografía

Acevedo, C. C. 2004. Baja California Visión Histórica. Asociación de Cronistas de Ciudades de Baja California, A.C., Baja California, México.

Adams, W. y J. Hutton. 2007. People, parks and poverty: political ecology and biodiversity conservation. *Conservation and Society* 5(2): 147–83.

Aigner, D., K. Lovell y P. Schmidt. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function model. *Journal of Econometrics* 6:21-37.

Alaniz, G. J. 2009. Base de datos de la colección herpetológica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto DC 6. México, D.F.

Alfie, C. M. 2002. El medio ambiente en la frontera México-Estados Unidos: ¿las ong ambientalistas, nuevos actores sociales?. *Estudios Fronterizos* 3 (5): 43-75.

Angeles, M., A. E. Gamez, y A. Ivanova. 2009. On the impact of tourism on the economy of Baja California Sur, Mexico. *WIT Transactionson Ecology and the Environment* 120: 783–790.

Araújo, M. B. y P. H. Williams. 2000. Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation* 96: 331-345.

Arriaga, L., Z. C. Aguilar, O. D. Espinosa y R. Jiménez. 1997. Regionalización ecológica y biogeográfica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Arriaga, L. 2006. La Península de Baja California: biodiversidad, conservación y manejo de sus recursos vegetales. Páginas 64-84 en K. Oyama y A. Castillo, editores. Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México: Siglo XXI, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Arriaga, L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental* 1(1): 6-16

Barajas, M. R. 2002. Perspectiva histórica de la estructura socioeconómica de Baja California, 1930-2000. Páginas 269-302 en M. León-Portilla, W.M. Mathes, A. Moyano, D. Piñera, editores. Baja California: Un presente con historia Tomo II. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California.

Battese, G. E. y T. J. Coelli. 1992. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. *Journal of Productivity Analysis* 3: 153-169.

- Barrera, S. 2009. Reflexiones sobre Sistemas de Información Geográfica Participativos (SIGP) y cartografía social. Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía 18: 9-23.
- Bentlage, B. y M. Shcheglovitova. 2012. NichePy: modular tools for estimating the similarity of ecological niche and species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 484–489.
- Bocco, G., M. Mendoza, A. Priego y A. Burgos. 2010. La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. Una revisión de la bibliografía. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, México.
- Bollo, M. 2012. La Tipología Físico Geográfica regional como base para la Regionalización Físico Geográfica de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Proyecto de Investigación presentado en el concurso de oposición abierta para definitividad. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Brilha, J. 2005. Património Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Palimage Editores, Portugal.
- Brocx, M. y V. Semeniuk. 2007. Geoheritage and geoconservation-History, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 90(2): 53-87.
- Busby, J. R. 1991. BIOCLIM / a bioclimate analysis and prediction system. Páginas 64-68 en C. R. Margules y M. P. Austin, Editores. *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis*. CSIRO, Australia.
- Butchart, S. H. M., et al. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328:1164–1168.
- Cabeza, M. y A. Moilanen. 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. *Trends in ecology y evolution* 16(5): 242-248.
- Caldecott, J. O., M. D. Jenkins, T. H. Johnson y B. Groombridge. 1996. Priorities for Conserving Global Species Richness and Endemism. *Biodiversity and Conservation* 5: 699-727.
- Cardona, A., J. J. Carrillo, R. Huizar, y E. Graniel. 2004. Salinization in coastal aquifers of arid zones: an example from Santo Domingo, Baja California Sur, Mexico. *Environmental Geology* 45(3): 350–366.
- Cariño, M. M. y M. Monteforte. Del saqueo a la conservación: una mirada a futuro para Baja California Sur. Páginas 743-751 en M. Cariño y M. Monteforte, editores. *Del saqueo a la conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.

- Carpenter, G., A. N. Gillison y J. Winter. 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
- Castillo, P. R. A., G. C. Negrete y E. M. Rodríguez 2013. La disposición de residuos peligrosos en la frontera norte de México: El caso de Baja California. *Estudios Fronterizos* 14 (27): 9-29.
- Chapin, F. S., III, E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor, P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, D. U. Hooper, S. Lavorel, O. E. Sala, S. E. Hobbie, M. C. Mack, y S. Diaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234–242.
- Ceballos, G., A. García y P. R. Ehrlich. 2010. The sixth extinction crisis loss of animal populations and species. *Journal of Cosmology* 8: 1821–1831.
- Ceballos, G. 2007. Conservation Priorities for Mammals in Megadiverse Mexico: The Efficiency of Reserve Networks. *Ecological Applications* 17: 569–578.
- Ciarleglio, M., S. Sarkar y J. W. Barnes. 2008. Maxent2ConsNet, V. 1.00. University of Texas at Austin, Biodiversity and Biocultural Conservation Laboratory, Austin, Texas.
- Ciarleglio, M, J. W. Barnes y S. Sarkar. 2009. ConsNet: new software for the selection of CANs with spatial and multi-criteria analyses. *Ecography* 32: 205–209.
- Ciarleglio, M., S. Sarkar y J. W. Barnes. 2010a. ConsNet manual, V.200. University of Texas at Austin, Biodiversity and Biocultural Conservation Laboratory, Austin, Texas.
- Ciarleglio, M., J. W. Barnes y S. Sarkar. 2010b. ConsNet—a tabu search approach to the spatially coherent CAN design problem. *Journal of Heuristics* 16(4): 537–557.
- Coelli, T y A. Henningsen. 2013. Frontier: Stochastic Frontier Analysis. R package version 1.1-0.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA-FCF, UANL. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- CONABIO–SNIB. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB). Disponible en www.conabio.gob.mx/institucion/snib/doctos/acerca.html.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2003. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Áreas Naturales Protegidas Federales de México. <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/info.htm>. (Consultada 10 de abril, 2012).

Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302–1310.

Cocks, K. D. y I. A. Baird. 1989. Using Mathematical Programming to Address the Multiple Reserve Selection Problem: An Example from the Eyre Peninsula, South Australia. *Biological Conservation* 49: 113–130.

Cook, S. F. 1937. The Extent and Significance of Disease among the Indians of Baja California 1697-1773. Berkeley University of California, Estados Unidos de América.

Cubillo, A M., I. Fuentes-Santos, L. G. Peteiro, M. J. Fernández-Reiriz y U. Labarta. 2012. Evaluation of self-thinning models and estimation methods in multilayered sessile animal populations *Ecosphere* 3(8): 1-23.

Cuervo Robayo, A. P., O. Téllez Valdés, M. A. Gómez-Albores, C. S. Venegas Barrera, J. Manjarrez y E. Martínez Meyer. 2013. An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*. doi: 10.1002/joc.3848

da Silva E. V. y R. J. M. Mateo. 2011. Geoecología da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. *Revista Geográfica de América Central*. Número Especial EGAL 1-12.

de Pous, P., W. Beukema, M. Weterings, I. Dümmer y P. Geniez. 2011. Area prioritization and performance evaluation of the conservation area network for the Moroccan herpetofauna: a preliminary assessment. *Biodiversity and Conservation* 20(1): 89-118.

De Sicilia, M. R. A. 2000. El corredor turístico Loreto-Nopoló-Puerto Escondido, Baja California Sur, en el contexto de los centros integralmente planeados. *Cuadernos de turismo* 5: 53-68.

Delgadillo, C. 1999. La colección briológica del Herbario Nacional (MEXU). Departamento de Botánica. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto J 88. México, D.F.

Delgadillo, J. 1999. Base de datos de la familia Cactaceae de la Península de Baja California, México. Herbario BCMEX. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto J 20. México, D.F.

Delgadillo, J. 2000. Vegetación y análisis fitogeográfico de la flora vascular de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California. Herbario BCMEX. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto L 77. México, D.F.

Edwards Jr, T. C., J. M. Scott, C. G. Homer y R. D. Ramsey. 1993. Gap analysis: a geographic approach for assessing national biological diversity. *Natural Resources and Environmental Issues* 2: 65-71

- Elith, J., C. Graham, R. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. Hijmans, F. Huettmann, J. Leathwick, A. Lehmann, Jin Li, L. Lohmann, B. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. M. Overton, A. Townsend Peterson, S. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. Wisz y N. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Erikstad, L. 1999. A holistic approach to secure geoconservation in local physical planning. Towards the balanced management and conservation of the Geological Heritage in the New Millennium. Sociedad Geológica de España, Madrid.
- Erikstad, L. 2013. Geoh heritage and geodiversity management—the questions for tomorrow. *Proceedings of the Geologists' Association* 124(4): 713-719.
- Espinosa, D. y S. Ocegueda. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. Páginas 33-65 en J. Sarukhán, J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente Editores. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Ezcurra, E., E. Peters, A. Búrquez, y E. Mellink. 2002. Los desiertos de Sonora y Baja California. En *Áreas Silvestres*. Páginas 315-333 en R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, P. Robles-Gil, J. Pilgrim, G. A .B. Da Fonseca, T. Brooks, W.R. y Konstant Editores. *Las últimas áreas vírgenes del mundo*. CEMEX (Monterrey), Conservation Internacional (Washington, D.C.) y Agrupación Sierra Madre, México.
- Faith, D. P., G. Carter, G. Cassis, S. Ferrier y L. Wilkie. 2003. Complementarity, biodiversity viability analysis, and policy-based algorithms for conservation. *Environmental Science & Policy* 6(3): 311-328.
- Fernández, R. 1997. Estudio monográfico de la familia Rhamnaceae en México. Laboratorio de Botánica Fanerogámica. Departamento de Botánica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto B 59. México, D.F.
- Fernández, R. 2007. Computarización del Herbario ENCB, IPN. Fase IV. Base de datos de la familia Pinaceae y de distintas familias de la clase Magnoliopsida depositadas en el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Departamento de Botánica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto BC 7. México, D.F.
- Ferrer, L. 1988. Problemática medioambiental. El caso de la zona costera del Golfo de California. *Revista de Geografía XXI-XXII*: 67-92.
- Flores, V. O. 1998. Formación de una base de datos y elaboración de un atlas de la herpetofauna México. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto A 14. México, D.F.

Fujita, Harumi. 2008. Informe final del proyecto "El Poblamiento de América visto desde la isla Espíritu Santo, B.C.S.". Archivo técnico del INAH, México D.F.

Fuller, T., M. Munguía, M. Mayfield, V. Sánchez-Cordero y S. Sarkar. 2006. Incorporating connectivity into conservation planning: a multi-criteria case study from central Mexico. *Biological Conservation* 133(2): 131-142.

Gámez, A. E., M. Angeles y A. Ivanova. 2004. 7e tourism sector in Baja California Sur, México. Development pole or enclave?. Western Regional Science Association, 43rd annual Meeting of the WRSA, Wailea Marriot, Maui, Hawaii, February 25-28.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Garcillán, P. P. y E. Ezcurra. 2003. Biogeographic Regions and β -diversity of Woody Dryland Legumes in the Baja California Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 14: 859-868.

Garson, J., A. Aggarwal, y S. Sarkar. 2002. Birds as Surrogates for Biodiversity: An Analysis of a Data Set from Southern Québec. *Journal of Biosciences* 27: 347 – 360.

Grismer, L. L. 2000. Evolutionary Biogeography on Mexico's Baja California Peninsula: A Synthesis of Molecules and Historical Geology. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97(26): 14017-14018.

Gray, J. M. 2004. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley and Sons, Chichester, U.K.

Gray, M. 2011. Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation* 38(03): 271-274.

Groves, C. 2003. *Drafting a conservation blueprint: a practitioner's guide to planning for biodiversity*. Island Press, Washington.

Guido, S. 2007. Los desarrollos turísticos costeros en el noroeste. Páginas 9-18 en ALCOSTA, Alianza para la Sustentabilidad del Noroeste Costero, A.C., editores. ¿Desarrollo Turístico Regional? Monitoreo de los Desarrollos Turísticos e Inmobiliarios Costeros del Noroeste de México 2005-2006. ALCOSTA, Alianza para la Sustentabilidad del Noroeste Costero, A.C., México.

Gutiérrez, M. V. 1999. Sistematización del Herbario Nacional Forestal "Biólogo Luciano Vela. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto P 140. México, D.F.

Hair, F. J., R. E. Anderson, y R. L. Tatham. 1987. *Multivariate Data Analysis*. Macmillan, New York.

Henriques, M. H., R. P. dos Reis, J. Brilha y T. Mota. 2011. Geoconservation as an emerging geoscience. *Geoheritage* 3(2):117-128.

Hernández M. Á. 1998. Desarrollo, planificación y medio ambiente en Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Gobierno del Estado de Baja California Sur, México.

Hilton-Taylor, C., C. M. Pollock, J. S. Chanson, S. H. M. Butchart, T. E. E. Oldfield y V. Katariya. 2009. State of the world's species. Páginas 15–42 en J. C. Vié, C. Hilton y S.N. Stuart, editores. *Wildlife in a Changing World: An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland.

Hobbs, R. J. y L. F. Huenneke. 1992. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6(3): 324-337.

Huston, M. 1994. *Biological diversity*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hutchinson G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 22: 415-457.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2000. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Instituto Nacional de Ecología, México.

Iloldi-Rangel P, M. Ciarleglio, L. Sheinvar, M. Linaje, V. Sánchez-Cordero y S. Sarkar. 2012. Opuntia in México: Identifying Priority Areas for Conserving Biodiversity in a Multi-Use Landscape. *PLoS ONE* 7(5): e36650.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2013. ERIC III. Extractor Rápido de Información Climática. Versión 3.2. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1980-2000. Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales Escala 1:250,000 Serie I (continuo nacional).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Conjunto de Datos Vectoriales de la Serie Topográfica Escala 1:250,000, Serie II, 1995-1997. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI). 1996. Estados Unidos Mexicanos Cien Años de Censos de Población. Instituto Nacional Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI). 1997. El ganado bovino en el Estado de Baja California Sur. Instituto Nacional Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI). 2008. Diccionario de Datos Topográficos escala 1: 50, 000. Instituto Nacional Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI). 2007-2008. La serie IV de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000. Instituto Nacional Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI). 2012. Ganado bovino en Baja California Sur. Instituto Nacional Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Ecología (INE). 2008. Ecorregiones Terrestres de México. Escala 1:1000000. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/ecor08gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no. (Consultada 27 de septiembre, 2012).

Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI). 2013a. Perfil sociodemográfico Estados Unidos Mexicanos: Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI). 2013b. Panorama agropecuario. Censo Agropecuario 2007. Instituto Nacional Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2013c. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250,000, Serie 5 (continuo nacional).

Isachenko, A. G. 1973. Principles of Landscape Science and Physical-Geography Regionalization. Melbourne: Melbourne University Press, Australia.

Isachenko, A. G. 1991. La Ciencia del Paisaje y la regionalización físico-geográfica. Escuela Superior, Moscú.

Jenks, G. F. 1963. Generalization in Statistical Mapping. *Annals of the Association of American Geographers* 53: 15-26.

Jennings, M. D. 2000. Gap Analysis: Concepts, Methods, and Recent Results. *Landscape Ecology* 15: 5–20.

Jordán, J., F. 1993. El otro México. Biografía de Baja California. Secretaria de Educación Pública, México.

Justus, J. y S. Sarkar. 2002. The principle of complementarity in the design of reserve networks to conserve biodiversity: a preliminary history. *Journal of Biosciences* 27(4): 421-435.

Kirkpatrick, J. B. 1983. An iterative method for establishing priorities for the selection of nature reserves: an example from Tasmania. *Biological Conservation* 25(2): 127-134.

Knight, A. T., A. Driver, R. M. Cowling, K. Maze, P. G. Desmet, A. T. Lombard, M. Rouget, M. A. Botha, A. F. Boshoff, J. G. Castley, P. S. Goodman, K. Mackinnon, S. M. Pierce, R. Sims-Castley, W. I. Stewart y Von Hase. 2006. Designing Systematic Conservation Assessments that Promote Effective Implementation: Best Practice from South Africa. *Conservation Biology* 20: 739–750.

- Knight, J. 2011. Evaluating geological heritage: correspondence on Ruban, D.A. 'Quantification of geodiversity and its loss' (PGA, 2010, 121(3), pp. 326–333). *Proceedings of the Geologists' Association* 122: 508–510.
- Kukkala, A. S., y A. Moilanen. 2013. Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning. *Biological Reviews* 8: 443–464.
- Larwood, J. G., T. Badman, y P. J. McKeever. 2013. The progress and future of geoconservation at a global level. *Proceedings of the Geologists' Association* 124(4): 720–730.
- Laylander, D. 2006. Issues in Baja California prehistory. Páginas 1-13 en D. Laylander y J. D. Moore. *The Prehistory of Baja California*. University Press of Florida, Gainesville.
- Lemoine, V. E. 1959. Evolución Demográfica de la Baja California. *Historia Mexicana* 34: 249-268.
- León De La Luz, J. L. 1998. Inventario florístico en Baja California Sur: Región del Cabo e Islas adyacentes. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto P 127. México, D.F.
- León De La Luz, J. L. 1999. Inventarios florísticos en Baja California Sur (II): Vegetación costera. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto H 181. México, D.F.
- León-Portilla, M. 1995 .La California Mexicana. Ensayos acerca de su historia. Universidad Nacional Autónoma de México-Universidad Autónoma de Baja California, México.
- León-Portilla, M y J. M. Muriá. 2009. Documentos para la historia de Baja California. Siglo XIX. Fundación Manuel Arango, A.C., México.
- León-Portilla, M. y D. Piñera. 2011. Breve historia de Baja California. Fideicomiso Historia de las Américas, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, México.
- López, Á. y Á. Sánchez . 2002. Canales espaciales de articulación en el corredor turístico Los Cabos, Baja California Sur, México. *Cuadernos de Turismo* 9: 53–66.
- López V. J. C. 2008. Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela. Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto CC2. México, D.F.
- Lugo H. J. 1990. El relieve de la República Mexicana. *Revista del Instituto de Geología* 1(9): 82-111.
- Moilanen, A. 2008. Generalized complementarity and mapping of the concepts of systematic conservation planning. *Conservation biology* 22(6): 1655-1658.
- Maiorano, L., A. Falcucci, y L. Boitani. 2006. Gap Analysis of Terrestrial Vertebrates in Italy: Priorities for Conservation Planning in a Human Dominated Landscape. *Biological Conservation* 133: 455–473.

Margules, C. R., A. O. Nicholls, y R. L. Pressey. 1988. Selecting Networks of Reserves to Maximize Biological Diversity. *Biological Conservation* 43: 63-76.

Margules, C. R. y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.

Margules, C. R., y S. Sarkar. 2009. Systematic conservation planning. Cambridge University Press, Cambridge.

Martínez de la Torre, J.A. Treinta años de economía en Baja California Sur (1960-1990). 2002. Páginas 527-570 en D. Trejo Barajas y E. González Cruz, coordinadora/coeditora. Historia general de Baja California Sur, Tomo I. La economía regional. SEP, Gobierno del Estado de Baja California Sur, UABCS, Plaza y Valdes.

Martorell, C. y E. M. Peters. 2005. The Measurement of Chronic Disturbance and its Effects on the Threatened Cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124: 119-207.

Martorell, C. y E. M. Peters. 2009. Disturbance-response analysis: a method for rapid assessment of the threat to species in disturbed areas. *Conservation Biology* 23(2): 377-387.

Mateo, J. y da Silva, E. V. 2007. La geocología del paisaje como fundamento para el análisis ambiental, *Revista Electrónica do Proderma, Fortaleza* 1: 77-98.

Mateo, J., E. Da Silva, y A. P. Brito. 2007. Geocología das Paisagens: Uma Visão Geossistêmica da Análise Ambiental. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.

McCall, M. K. 2011. Mapeando el territorio: Paisaje local, conocimiento local, poder local. Páginas 221-246 en G. Bocco, P.S. Urquijo, y A. Vieyra editores. *Geografía y Ambiente en América Latina*. UNAM-INE, Morelia.

Meeusen, W. y J. Van den Broeck. 1977. Efficiency Estimations from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review* 18: 435-44.

Meine, C., M. Soule, y R. Noss. 2006. "A mission-driven discipline": the growth of conservation biology. *Conservation Biology* 20: 631-651.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington D.C.

Mittermeier, R. A., N. Myers, P. Robles Gil y C. C. Mittermeier. 1999. Hotspots. Agrupación Sierra Madre, CEMEX, México.

Mittermeier, R. A., C. G. Mittermeier, P. Robles-Gil, J. Pilgrim, G. A. B. Da Fonseca, T. Brooks, y W. R. Konstant. 2002. Áreas Silvestres. Las últimas áreas vírgenes del mundo. CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington, D.C.) y Agrupación Sierra Madre, México.

Mouton, A. M., B. De Baets, y P.L.M. Goethals. 2010. Ecological relevance of performance criteria for species distribution models. *Ecological Modelling* 221: 1995-2002.

- Murphy, R. W. 1983. Paleobiogeography and Genetic Differentiation of the Baja California Herpetofauna. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* 137: 1-48.
- Nelson, E. W. 1911. A Land of Drought and Desert-Lower California. Two Thousand Miles on Horseback through the Most Extraordinary Cacti Forest in the World. *National Geographic Magazine* 22: 443-474.
- Nieto, L. M. 2001. Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero* 112(2): 3-11.
- Newton, A. C., C. Echeverría, E. Cantarello y G. Bolados. 2011. Projecting impacts of human disturbances to inform conservation planning and management in a dryland forest landscape. *Biological Conservation* 144 (7): 1949–1960.
- Ochoa, L., L. B. Vázquez, J. N. Urbina y O. Flores. 2011. Priorización de áreas para conservación de la herpetofauna utilizando diferentes métodos de selección. Páginas 89-107 en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), editores. *Prioridades para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: una visión nacional basada en diferentes análisis de vacíos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Ciudad de México, México.
- Ortiz M. A. 2000. Sistema clasificatorio del relieve de México, a escala 1:250,000. Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Geografía de la UNAM, México.
- Padilla, C. A. 2006. Inicios urbanos del norte de Baja California: influencias e ideas, 1821-1906. Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Historicas, Mexicali, Baja California, México.
- Padilla, C. A. 2010. El callejón Z huella del pasado, patrimonio urbano del presente. CONACULTA, UABC, ICBC, XIX Ayuntamiento de Tijuana, Consejo Ciudadano de Desarrollo Cultural Municipal de Tijuana, IIH, Baja California, México.
- Palacio, P. J. L. 2013. Geositios, geomorfositos y geoparques; importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 82: 24-37.
- Panero, J. L. 2003. Catálogo electrónico de especímenes depositados en el Herbario de la Universidad de Texas en Austin, Fase IV. Herbarium Plant Resources Center. University of Texas. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto AE 13. México, D.F.
- Pawar, S., M. S. Koo, C. Kelley, M. F. Ahmed, S. Chaudhuri, y S. Sarkar. 2007. Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: Priorities for amphibians and reptiles. *Biological Conservation* 136:346–361.
- Peinado, M., F. Alcaraz, J. Delgadillo y I. Aguado. 1994. Fitogeografía de la península de Baja California, México. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 2(51): 255-277.

- Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura y A. Townsend Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102–117.
- Pérez, J. J. 2005. El banco de datos del Herbario HCIB en línea (Fase I): Implementación del Sistema Biótica. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto V 46. México, D.F.
- Peterson, A. T., M. Papes y J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* 213: 63-72.
- Peterson, A. T. 2012. Niche modeling: model evaluation. *Biodiversity Informatics* 8: 41.
- Pickett, S. T. A. y White, P. S. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, New York.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Shapire. 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231–259.
- Phillips, S. J. y M. Dudik. 2008. Modelling of species distributions with MAXENT: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Prendergast, J. R., R. M. Quinn y J. H. Lawton. 1999. The Gaps between Theory and Practice in Selecting Nature Reserves. *Conservation Biology* 13: 484- 492.
- Pressey, R. L., C. J. Humprey, C.J. Margules, C. R. Vane-Wright y P.H. Williams. 1993. Beyond Opportunism: Key for Principles for Systematic Reserve Selection. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 124-128.
- Pressey, R. L., S. Ferrier, T. C. Hager, C. A. Woods, S. L. Tulley y K. M. Weiman, 1996. How well protected are the forests of north-eastern New South Wales? Analysis of forest environments in relation to formal protection measures, land tenure and vulnerability to clearing. *Forest Ecology and Management* 85: 311-333.
- Priego, A. G., G. Bocco, J. L. Palacio, A. Velázquez, M. A. Ortiz, J. R. Hernández, D. Geissert, E. Isunza, M. Bollo, A. Granados, C. Troche, F. Bautista, H. L. Rojas y A. Gerardo. 2008. Paisajes Físico-Geográficos de México, a escala 1:500,000. http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/index.php?option=com_abook&view=book&catid=1%3AAtlas&id=50%3Amapa-de-paisajes-de-mexico&Itemid=3. (Consultada 5 de marzo, 2009).
- Propin, F., A. Sánchez y A. L. Lopez. 1997. Situación geográfico-económica del turismo en el extremo norte de América Latina: El corredor Tijuana-Rosarito-Ensenada. *Revista de Geografía Norte Grande* 4: 257–261.
- Propin, E. y Á. Sánchez. 2007. Tipología de los destinos turísticos preferenciales en México. *Cuadernos de Turismo* 19: 147 – 166.

- Prosser, C. D. 2013. Our rich and varied geoconservation portfolio: the foundation for the future. *Proceedings of the Geologists' Association* 124(4): 568-580.
- Prosser, C. D., E. J. Brown, J. G. Larwood y D. R. Bridgland. 2013. Geoconservation for science and society—an agenda for the future. *Proceedings of the Geologists' Association* 124(4): 561-567.
- R Core Team. 2012. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Redford, K. H. y B. D. Richter. 1999. Conservation of Biodiversity in a World of Use. *Conservation Biology* 13: 1246–1256.
- Raes, N. y H. ter Steege. 2007. A null-model for significance testing of presence-only species distribution models. *Ecography* 30: 727–736.
- Rental P. N. 2004. Vertebrates collections at the University of Arizona. Database of Mexican Specimens. Tucson, Arizona. Department of Ecology and Evolutionary Biology. The University of Arizona. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto UAZ. México, D.F.
- Reynoso, R. V. H. 2007. Actualización de la base de datos de la colección nacional de anfibios y reptiles (CNAR). Departamento de Zoología. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto CE 6. México, D.F.
- Riemann, H. 1999. Riqueza y distribución de especies vegetales en la Península de Baja California. Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente. El Colegio de la Frontera Norte AC. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto H 16. México, D.F.
- Riemann H. y E. Ezcurra .2005. Plant endemism and natural protected areas in the peninsula of Baja California, Mexico. *Biological Conservation* 122: 141–150.
- Río, I. y M. E. Altable. 2011. Breve historia de Baja California Sur. Fideicomiso Historia de las Américas, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, México.
- Rodrigues, A. S. L., S. J. Andelman, M. I. Bakarr, L. Boitani, T. M. Brooks, R. M. Cowling, L. D. C. Fishpool, G.A.B. da Fonseca, K. J. Gaston, M. Hoffmann, J. S. Long, J. D. Pilgrim, P. A. Marquet, R. L. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S. N. Stuart, L. G. Underhill, M. E. J. Watts y X. Yan. 2004. Effectiveness of the Global Protected Area Network in Representing Species Diversity. *Nature* 428(8): 640–643.
- Rodríguez R. E. 2002. Cautivos de Dios. Los cazadores-recolectores de Baja California durante el periodo colonial. CIESAS-INI, México.
- Rojas-Soto, O. R., O. Alcántara-Ayala and A. G. Navarro. 2003. Regionalization of the Avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: A Parsimony Analysis of Endemicity and Distributional Modeling Approach. *Journal of Biogeography* 30: 449–461.

- Rosete, F. A., J. L. Pérez y G. Bocco. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 67: 39-58.
- Rykiel Jr., E. J., R. N. Coulson, P. J. H. Sharpe, T. F. H. Allen y R. O. Flamm. 1988. Disturbance propagation by bark beetles as an episodic landscape phenomenon. *J. Landscape. Ecology* 1: 129–139.
- Ruban, D.A. 2010. Quantification of geodiversity and its loss. *Proceedings of the Geologists' Association* 121: 326–333.
- Salinas, E. 2005. La Geografía y el Ordenamiento Territorial en Cuba. *La Gaceta Ecológica* 76: 35-51.
- Sánchez, Á. y E. Propin. 2011. Transporte y turismo en la Península de Baja California, México. *Revista Transporte y Territorio* 5: 48-71.
- Sánchez-Cordero, V., V. Cirelli, M. Munguial, y S. Sarkar. 2005. Place prioritization for biodiversity content using species ecological niche modelling. *Biodiversity Informatics* 2: 11–23.
- Sarkar, S. 2002. Defining “Biodiversity”; Assessing Biodiversity. *The Monist* 85: 131 – 155.
- Sarkar, S. y C. Margules, 2002. Operationalizing Biodiversity for Conservation Planning. *Journal of Biosciences* 27: 299-308.
- Sarkar, S. 2006. Ecological diversity and biodiversity as concepts for conservation planning: comments on Ricotta. *Acta biotheoretica* 54(2): 133-140.
- Sarkar, S., R. L. Pressey, D. P. Faith, C. R. Margules, T. Fuller, D. M. Stoms, A. Moffett, K.A. Wilson, K. J. Williams, P. H. Williams, y S. Andelman. 2006. Biodiversity conservation planning tools: Present status and challenges for the future. *Annual Review of Environment and Resources* 31: 123–159.
- Sarkar, S., T. Fuller, A. Aggarwal, A. Moffett, y C. D. Kelley. 2009a. The ConsNet software platform for systematic conservation planning. Páginas 235–248 en A. Moilanen, K. A. Wilson, y H. P. Possingham, editores. *Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods and Computational Tools*. Oxford University Press, New York.
- Sarkar, S., V. Sánchez-Cordero, M. C. Londoño y T. Fuller. 2009b. Systematic conservation assessment for the Mesoamerica, Choco, and Tropical Andes biodiversity hotspots: A preliminary analysis. *Biodiversity and Conservation* 18: 1793–1828.
- Scott, J. M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, J. Anderson, S. Caicco, F. D’Erchia, T. C. Edwards, J. Ulliman and R. G. Wright. 1993. Gap Analysis: A Geographical Approach to Protection of Biodiversity. *Wildlife Monographs* 123: 1-41.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México: Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Colegio de Postgraduados. 2002. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la república mexicana escala 1:250,000. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Colegio de Postgraduados, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2003. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de ordenamiento ecológico. México: Diario Oficial de la Federación, 8 de agosto de 2003.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana-059-Semarnat-2010. Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de Diciembre de 2010. Segunda Sección. México. D. F. 77 p.

Sharples, C. 1993. A Methodology for the Identification, of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes. Forestry Commission. Tasmania, Australia.

Sharples, C. 2002. Concepts and Principles of Geoconservation. Tasmanian Parks and Wildlife Service, Sydney.

Singh S. P. 1998. Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries *Environmental Conservation* 25(1): 1–2.

Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonora Desert. Carnegie Institution of Washington Publication 591, Washington, D.C.

Solís, A. B., G. Arnaud, S. Álvarez- Cárdenas, P. Galina-Tessaró y J. J. Montes. 2009. Evaluación de la población de cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) y su impacto en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2(2): 173-188.

Sowa, S. P., G. Annis, M. E. Morey y D. D. Diamond. 2007. A gap analysis and comprehensive conservation strategy for riverine ecosystems of Missouri. *Ecological monographs* 77(3): 301-334.

Soule M. E. y M. A. Sanjayan. 1998. Conservation targets: do they help. *Science* 279(5359): 2060-2061.

Speziale, K. L., S. A. Lambertucci y O. Olsson. 2008. Disturbance from roads negatively affects Andean condor habitat use. *Biological conservation* 141(7): 1765-1772.

Steffen, W., P. J. Crutzen, y J. R. McNeill. 2007. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature?. *Ambio* 36: 614–621.

- Steinitz, C., R. Faris, M. Flaxman, J. C. Vargas-Moreno, T. Canfield, O. Arizpe, M. Angeles, M. Cariño, F. Santiago, T. Maddock, C. L. Drago, K. Baird y L. Godínez. 2005. A Sustainable Path? Deciding the Future of La Paz. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 47(6): 24–38.
- Stockwell, D. y D. Peters. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13:143–158.
- Tilman, D. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature* 405: 208-211.
- Trejo, D. 1999. Espacio y economía en la Península de California: 1785-1860. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- Trejo, D. 2005. Declinación y crecimiento demográfico en Baja California, Siglos XVIII y XIX. Una perspectiva desde los censos y padrones locales. *Historia Mexicana* 54(3): 761-831.
- Thuiller, W. 2003. BIOMOD – optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology* 9: 1353–1362.
- Urbina-Cardona, J. N. y O. Flores-Villela. 2010. Ecological-Niche Modeling and Prioritization of Conservation-Area Networks for Mexican Herpetofauna. *Conservation Biology* 24(4): 1031-1041.
- Urciaga, J. 2008. La agricultura en Baja California Sur: una perspectiva de largo plazo (1900-2005). Páginas 249-278 en M. Cariño y M. Monteforte, editores. *Del saqueo a la conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- Ureta, C. y C. Martorell. 2009. Identifying the impacts of chronic anthropogenic disturbance on two threatened cacti to provide guidelines for population-dynamics restoration. *Biological Conservation* 142(10): 1992-2001.
- Vidal, R. 2005. *Las Regiones Climáticas de México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Vié, J. C., C. Hilton-Taylor, C. Pollock, J. Ragle, J. Smart, S. N. Stuart y R. Tong. 2009. The IUCN Red List: a key conservation tool. Páginas 1–14 en J. C. Vié, C. Hilton, y S. N. Stuart, editores. *Wildlife in a changing world: an analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- Villaseñor, J. L. y T. S. Elias. 1995. Análisis de especies endémicas para identificar áreas de protección en Baja California, México. Páginas 43-50 en E. Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye, y T. Elias, Editores. *Conservación de plantas en peligro de extinción: Diferentes enfoques*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

- Villaseñor, J. L. 2008. La familia Asteraceae en México, Fase V. Departamento de Botánica. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto FE4. México, D.F.
- Villa, A. O. y Á. Bracamonte. 2013. Procesos de aprendizaje y modernización productiva en el agro del noroeste de México: Los casos de la agricultura comercial de la Costa de Hermosillo, Sonora y la agricultura orgánica de la zona sur de Baja California Sur. *Estudios Fronterizos* 14 (27): 217-254.
- Vitousek P. M. 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277: 494–499.
- Wiggins, I. L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford: Stanford University Press.
- Williams, P., D. Faith, L. Manne, W. Sechrest y C. Preston. 2006. Complementarity analysis: Mapping the performance of surrogates for biodiversity. *Biological Conservation* 128: 253–264.
- Wilson, K. A., M. Cabeza y C. J. Klein. 2009. Fundamental concepts of spatial conservation prioritization. Páginas 16–27 en A. Moilanen, K. A. Wilson y H. P. Possingham, editores. *Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods and Computational Tools*. Oxford University Press, New York.
- Zaldívar R. A. 2001. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana. (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto W 26. México, D.F.
- Zaragoza, R. A. 2010. Tipología y Regionalización Físico-Geográfica de la Península de Baja California, México. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental, Morelia, Michoacán, México.
- Zaragoza, R. A., E. M. Peters, M. Bollo y J. R. Hernández. 2013. Áreas Prioritarias de Geoconservación de la biodiversidad en la Península de Baja California, México. *Journal of Latin American Geography* 12(3): 7-31.
- Zimmerman, J. K., L. S. Comita, J. Thompson, M. Uriarte y N. Brokaw. 2010. Patch dynamics and community metastability of a subtropical forest: compound effects of natural disturbance and human land use. *Landscape Ecology* 25: 1099-1111.
- Zurlini, G., K. H. Riitters, N. Zaccarelli y I. Petrosillo. 2007. Patterns of disturbance at multiple scales in real and simulated landscapes. *Landscape Ecology* 22: 705–7.

Relación de apéndices

Apéndice 1. Regionalización físico-geográfica de la Península de Baja California: Subprovincias, distritos y regiones

1. Subprovincia Sierras de Baja California Norte

Distritos

1.1 Sierra Juárez-Sierra San Pedro Mártir- Sierra San Miguel-Mesa Huatamote, 1.2 Tecate-Sierra Peralta-Cerro La Noche, 1.3 Sierra de Colombia-Sierra La Libertad-Valle Santa Clara y 1.4 San Francisquito.

Regiones

1.1.1 Cerro Colorado-Cañón Santo Tomas-Cañón San Rafael, 1.1.2 Ciénega Redonda-Cañón Guadalupe-Cerro Grande, 1.1.3 Mesa Carreo-Valle La Trinidad, 1.1.4 Sierra San Pedro Mártir- Sierra San Miguel, 1.1.5 San Vicente, 1.1.6 Cabo Colonet-Cabo San Quintín-Bocana EL Rosario, 1.1.7 Mesa El Rincón-Mesa El Pinole, 1.1.8 Mesa Huatamote, 1.1.9 Mina La Esperanza, 1.1.10 Mina La Reina del Fierro, 1.1.11 Mesa El Mármol- Mesa La Misión, 1.2.1 Cerro Peña Blanca- Cerro San Salvador, 1.2.2 Cerro Bola-Sierra Blanca, 1.2.3 Cerro El Viento-Parque Nacional Constitución de 1857, 1.2.4 Sierra Juárez, 1.2.5 Cañón San Francisquito-Sierra El Encino Solo, 1.2.6 Ejido Héroes de la Independencia-Ejido Leyes de Reforma, 1.3.1 Cañón Los Llanos- Cañón de Guadalupe- Cañón Santa Isabel, 1.3.2 Sierra Las Tinajas-Valle Santa Clara-Valle Chico, 1.3.3 Sierra San Felipe, 1.3.4 Sierra Santa Rosa-Llanos San Fermín-Sierra San Francisquito, 1.3.5 Lomas Amarillas-Cañón-San Vicente-Punta La Lobera, 1.3.6 Cerro La Esmeralda-Mesa Gloria-Sierra Colombia, 1.3.7 San José del Faro-Bahía Blanco, 1.3.8 Cerro Rinconada- Cerro Los Enjambres-Mesa Las Lagunitas, 1.3.9 Mesa La Zorra-Valle Santa Ana-Mesa La Pinta, 1.3.10 Valle Calamajué-Sierra La Asamblea, 1.3.11 Sierra La Asamblea-Sierra Los Candeleros, 1.3.12 Valle Agua Amarga-Valle San Julián-Cerro Prieto, 1.3.13 Valle Laguna Seca, 1.3.14 Cerro Santo Dominguito-Cerro San Javier, 1.3.15 Arroyo Grande-Mesa Compostela-Río El Salinito, 1.3.16 Sierra El Toro-Sierra La Libertad-Valle de Los Cirios, 1.3.17 Valle Las Flores-Valle La Bocana, 1.3.18 Sierra Las Ánimas, 1.3.19 Mesa La Pelada-Mesa El Aguate-Loma La Palmita, 1.4.1 Punta Bufeo-Punta Calamajué-Punta Remedios, 1.4.2 Valle Las Ánimas-Valle Las Flores, 1.4.3 Sierra Agua de Soda, 1.4.4 Valle San Rafael y 1.4.5 San Francisquito.

2. Subprovincia Sierra de la Giganta

Distritos

2.1 Las Tres Vírgenes-Sierra La Sirena-Sierra Los Filos del Treinta y Cinco, 2.2 Comondú-El Parrón, 2.3 Los Corrales-Santa Rosalita-Las Ánimas y 2.4 Mesa Dura-Mesa Prieta.

Regiones

2.1.1 Sierra El Escondido-Sierra San Francisco-Volcán Las Tres Vírgenes, 2.1.2 Mesa San Casimiro-Mesa-El Potrero-Mesa Redonda, 2.1.3 El Tablón-Los Mártires, 2.1.4 Llano del Gobernador-Llano Los Pintos-Mesas La Grama, 2.1.5 Mesa El Álamo-Mesa La Rinconada, 2.1.6 Sierra El Mezquital- Sierra San Pedro-Sierra Bebelama, 2.1.7 Mesa Tierra Blanca-Mesa el Yeso-Mesa Dolores, 2.1.8 Río Las Salinas-Mesa La Cordillera-La Ballena, 2.1.9 Punta Santo Domingo-Cadejé-El Mezquital, 2.1.10 Mesa Los Pájaros-Mesa San Alejo-Sierra Las Tarabillas-Cerro El Saltito, 2.1.11 Sierra La Giganta, 2.1.12 La Calabaza-La Laguneta, 2.1.13 Sierra Los Filos del Treinta y Cinco, 2.2.1 Paso Hondo-Las Tinajas, 2.2.2 El Saucito-Las Higuieritas, 2.2.3 Mesa Las Yeguas-San Jacinto-Tinaja De Moreno, 2.3.1 Cabo San Miguel-Punta Paulito, 2.3.2 Punta Trinidad-San José de Magdalena, 2.3.3 Punta San Rafael-Bahía Santa Inés, 2.3.4 Punta Prieta- Punta Requesón, 2.3.5 Punta Tres Marías-Punta Aguja-Punta Santa Teresa, 2.3.6 Santa Rosalita, 2.3.7 Punta El Pulpito-Punta San Cosme-Punta El Cochi, 2.3.8 Punta La Laguna-Punta Coyote-Punta los Tules, 2.4.1 La Poza del Gato-San Nicolás, 2.4.2 Cañada El Chollero-Cañada San Ignacio-Mesa Dura, 2.4.3 Cañada El Toro-Río Santa Clara, 2.4.4 Corral de Piedra-Guadalupe de La Herrera y 2.4.5 Las Pocitas.

3. Subprovincia Desierto de Vizcaíno

Distritos

3.1 Desierto del Vizcaíno y 3.2 Mesa Las Salinas-Mesa La Rinconada

Regiones

3.1.1 Desierto De Vizcaíno, 3.1.2 Mesa el Mezquital-Mesa Prieta-El Caracol, 3.1.3 Sierra Hornitos- Sierra Morro Hermoso-Río La Magnesita, 3.1.4 Sierra El Placer-Sierra La Pintada-Sierra San José De Castro, 3.1.5 Punta Abrejos-Punta Lobos-Punta Asunción, 3.1.6 Sierra Santa Clara, 3.1.7 Llano El Coyote-Llano Mesa El Tecolote-Mesa El Tecolote, 3.2.1 San Ángel y 3.2.2 Punta de Piedra.

4. Subprovincia Llanos de Magdalena

Distritos

4.1 Ciudad Constitución-Melitón Albáñez y 4.2 Bahía Santa María.

Regiones

4.1.1 Llano de la Magdalena, 4.1.2 Valle Santo Domingo, 4.1.3 Estero San Jorge-Canal de Banderitas-Estero San Buto, 4.1.4 Llanos Hiray-Mesa San Pedro, 4.1.5 Loma Amarilla-Llano Dátil-Mesa Quelela, 4.1.6 Mesa El Potrerito-Mesa El Macheteado-La Trinidad, 4.1.7 San Ramón-Melitón Albáñez-El Carrizal, 4.1.8 Todos Santos y 4.2.1 Isla Magdalena.

5. Subprovincia Del Cabo

Distritos

5.1 Los Ángeles-La Paz, 5.2 Sierra El Novillo-Sierras Las Canoas-Sierra La Laguna y 5.3 Buena Vista-Cabo San Lucas.

Regiones

5.1.1 Cerro El Indio, 5.1.2 La Paz, 5.1.3 Las Cruces-Isla Cerralvo, 5.1.4 Bahía La Ventana, 5.2.1 Sierra Las Cruces-Sierra El Novillo, 5.2.2 Sierra Los Chiles, 5.2.3 Sierra La Laguna, 5.3.1 Mesa El Cuero-Boca de La Sierra-Santa Rosa, 5.3.2 La Rivera-Punta Colorada, 5.3.3 Sierra La Trinidad, 5.3.4 Loma Larga-San José del Cabo y 5.3.5 El Cardonazo-Cordón La Polar-Cerro Los Copales.

Apéndice 2. Modelación nicho ecológico y evaluación

Prueba de Jackknife herpetofauna

Especies	Datos de ocurrencia	P valor
<i>Aneides lugubris</i>	6	0.597698
<i>Ensatina eschscholtzii</i>	6	0.000557
<i>Plestiodon lagunensis</i>	6	0.006405
<i>Sceloporus graciosus</i>	7	0.000163
<i>Anniella geronimensis</i>	9	0.330274
<i>Crotalus mitchelli</i>	9	0.111763
<i>Crotalus viridis</i>	9	0.062536
<i>Plestiodon gilberti</i>	9	0.021886
<i>Charina trivirgata</i>	10	0.051745
<i>Bipes biporus</i>	11	0.003247
<i>Sceloporus hunsakeri</i>	12	0.002699
<i>Aspidoscelis labialis</i>	13	0.000046
<i>Crotalus enyo</i>	13	0.000001
<i>Gambelia wislizenii</i>	13	0
<i>Urosaurus lahtelai</i>	13	0.056493
<i>Anaxyrus californicus</i>	14	0.292524
<i>Crotaphytus collaris</i>	14	0.002179

Prueba de Jackknife flora

Especies	Datos de ocurrencia	P valor
<i>Ferocactus townsendianus</i>		
<i>townsendianus</i>	3	0.006844
<i>Mammillaria insularis</i>	3	0.003450
<i>Cochemiea pondii maritima</i>	4	0.000008
<i>Cordylanthus maritimus maritimus</i>	4	0.734194
<i>Mammillaria evermanniana</i>	4	0.145456
<i>Nolina interrata</i>	4	0.984560
<i>Oserya coulteriana</i>	4	0.697910
<i>Acanthomintha ilicifolia</i>	5	0.225637
<i>Cylindropuntia santamaria</i>	5	0.863567
<i>Haplopappus orcuttii</i>	5	0.245757
<i>Lemna trisulca</i>	5	0.000052
<i>Mammillaria albicans</i>	5	0.005307
<i>Cylindropuntia californica rosarica</i>	6	0.529346
<i>Hesperalbizia occidentalis</i>	6	0.011168
<i>Echinocereus sciurus</i>	7	0.009493
<i>Mammillaria capensis</i>	7	0.030192
<i>Mammillaria peninsularis</i>	7	0.064022
<i>Cochemiea halei</i>	8	0.290327
<i>Amoreuxia palmatifida</i>	10	0.026659
<i>Conocarpus erectus</i>	10	0.009655
<i>Guaiacum coulteri</i>	10	0.172559
<i>Ferocactus rectispinus</i>	12	0.015064
<i>Galium moranii</i>	13	0.041554
<i>Hazardia orcuttii</i>	13	0.000049
<i>Orcuttia californica</i>	13	0.000027

Prueba de Jackknife microendemismos de flora vascular

Especies	Datos de ocurrencia	P valor
<i>Hedyotis alexandrae</i>	4	0.18992
<i>Melampodium sinuatum</i>	4	0.01127
<i>Glandularia shrevei</i>	4	0.00278
<i>Abutilon palmeri</i>	5	0.07143
<i>Chiococca pubescens peninsularis</i>	5	0.00006
<i>Cirsium trachylomum</i>	5	0.00505
<i>Eucnide tenella</i>	5	0.00068
<i>Mecardonia exilis</i>	5	0.01149
<i>Aristida adscensionis decolorata</i>	6	0.02146
<i>Begonia californica</i>	6	0.11290
<i>Echinocereus barthelowanus</i>	6	0.11290
<i>Ipomoea aristolochiifolia</i>	6	0.56375
<i>Lippia Formosa</i>	6	0.00010
<i>Pinus contorta murrayana</i>	6	0.02621
<i>Polygala xantii</i>	6	0.06779
<i>Sanicula deserticola</i>	6	0.33809
<i>Bletia purpurata</i>	7	0.00689
<i>Cardiospermum tortuosum</i>	7	0.00082
<i>Zeltnera nudicaulis</i>	7	0.00652
<i>Galvezia juncea pubescens</i>	7	0.22466
<i>Hedeoma martirensis</i>	7	0.20518
<i>Lesquerella peninsularis</i>	7	0.00589
<i>Stenocereus thurberi littoralis</i>	7	0.00931
<i>Stephanomeria monocephala</i>	7	0.00012
<i>Agave promontorii</i>	8	0.00363
<i>Nissolia setosa</i>	8	0.02840
<i>Acacia kelloggiana</i>	9	0.04012
<i>Conobea polystachya</i>	9	0.00170
<i>Dudleya pauciflora</i>	9	0.00000
<i>Palafoxia linearis glandulosa</i>	9	0.55630
<i>Sphaeralcea coulteri</i>	9	0.09678
<i>Sphaeromeria martirensis</i>	9	0.00002
<i>Sicyos peninsularis</i>	10	0.00110
<i>Thalictrum peninsulare</i>	10	0.01731
<i>Hemizonia perennis</i>	11	0.00000
<i>Verbesina pustulata</i>	11	0.00895
<i>Mammillaria brandegeei</i>	12	0.00253
<i>Perityle crassifolia crassifolia</i>	13	0.00012

Prueba de ROC parcial herpetofauna

Especies	Datos de ocurrencia	Porcentaje de prueba al azar	Media	P valor
<i>Thamnophis elegans</i>	15	20	1.96012105	0.001
<i>Eridiphas slevini</i>	15	20	1.59465529	0.3
<i>Petrosaurus mearnsi</i>	16	20	1.88794622	0.001
<i>Aspidoscelis hyperythra schmidti</i>	18	20	1.45066722	0.001
<i>Sceloporus zosteromus</i>	21	20	1.51947849	0.05
<i>Elgaria paucicarinata</i>	22	20	1.76046206	0.001
<i>Petrosaurus thalassinus</i>	24	20	1.90596868	0.001
<i>Anniella pulchra</i>	26	20	1.98905826	0.001
<i>Lampropeltis getula</i>	28	20	1.86216479	0.001
<i>Hypsiglena torquata</i>	29	20	1.13437233	0.8
<i>Sceloporus licki</i>	29	20	1.64163472	0.001
<i>Aspidoscelis hyperythra beldingi</i>	30	20	1.59972782	0.001
<i>Ctenosaura hemilopha</i>	32	20	1.48744832	0.005
<i>Thamnophis hammondi</i>	33	20	1.6420058	0.001
<i>Coluber flagellum</i>	34	20	1.48510499	0.001
<i>Chilomeniscus stramineus</i>	37	20	1.36567084	0.001
<i>Aspidoscelis maximus</i>	42	25	1.87350617	0.001
<i>Crotalus ruber</i>	44	25	1.41192517	0.001
<i>Sauromalus ater</i>	50	25	1.76337099	0.001
<i>Phyllodactylus unctus</i>	54	25	1.90908493	0.001
<i>Elgaria multicarinata</i>	58	25	1.69737677	0.001
<i>Phyllodactylus xanti</i>	73	25	1.22470365	0.001
<i>Coleonyx variegatus</i>	80	25	1.14057834	0.001
<i>Urosaurus nigricaudus</i>	101	40	1.35794038	0.001
<i>Callisaurus draconoides</i>	148	40	1.19275725	0.001
<i>Uta stansburiana</i>	239	40	1.07953925	0.001

Prueba de ROC parcial flora

Especies	Datos de ocurrencia	Porcentaje de prueba al azar	Media	P valor
<i>Trifolium wormskioldii</i>	15	20	1.83582280	0.001
<i>Cochemia pondii setispina</i>	16	20	1.88409177	0.001
<i>Opuntia bravoana</i>	16	20	1.84296338	0.001
<i>Mammillaria blossfeldiana</i>	17	20	1.87141106	0.001
<i>Olneya tesota</i>	18	20	1.89485956	0.001
<i>Stenocereus eruca</i>	18	20	1.86704417	0.001
<i>Rhizophora mangle</i>	19	20	1.99639164	0.001
<i>Ferocactus cylindraceus</i>	20	20	1.78580975	0.001
<i>Ferocactus viridescens</i>	21	20	1.92871026	0.001
<i>Avicennia germinans</i>	23	20	1.99525096	0.001
<i>Laguncularia racemosa</i>	25	20	1.86354424	0.001

Prueba de ROC parcial microendemismos de flora vascular

Especies	Datos de ocurrencia	Porcentaje de prueba al azar	Media	P valor
<i>Echinocereus triglochidiatus pacificus</i>	20	20	1.84764034	0.001
<i>Ferocactus gracilis coloratus</i>	15	20	1.75811196	0.001
<i>Mammillaria schumannii</i>	16	20	1.95417885	0.001
<i>Rhamnus crocea insula</i>	26	20	1.5238545	0.001

Relación de figuras

Figura 1. Diagrama metodológico.

Figura 2. Área de estudio.

Figura 3. Subprovincias Sierras de Baja California Norte y Desierto de Vizcaíno.

Figura 4. Subprovincias Sierra de la Giganta, Llanos de Magdalena y Del Cabo.

Figura 5. Componentes principales 1 y 2 de las 13 variables consideradas para medir el disturbio antropogénico. En rojo se presentan gráficamente los *loadings* para cada una de las variables.

Figura 6. Mapa de disturbio antropogénico por región físico-geográfica.

Figura 7. Frontera estocástica de la relación entre la riqueza esperada y el índice de Lang. La frontera estocástica se muestra en color rojo (Fuente: elaboración propia)

Figura 8. Relación entre el índice de disturbio antropogénico y la diferencia entre rarefacción y riqueza máxima.

Figura 9. Relación del ganado y la riqueza de especies de plantas vasculares.

Figura 10. Mapas de riqueza y endemismo a nivel distrito y región físico-geográfica. A) Riqueza de plantas vasculares de los distritos, B) Endemismos de plantas vasculares de los distritos, C) Riqueza de plantas vasculares de las regiones y D) Microendemismos de plantas vasculares de las regiones. Los valores numéricos señalados en las leyendas corresponden a los intervalos de número de especies.

Figura 11. Áreas de geoconservación de los distritos físico-geográficos.

Figura 12. Áreas de geoconservación de las regiones físico-geográficas.

Figura 13. Áreas prioritarias de geoconservación de los distritos físico-geográficos.

Figura 14. Áreas prioritarias de geoconservación de las regiones físico-geográficas.

Figura 15. Disturbio antropogénico de las áreas prioritarias de geoconservación. Los valores que definen los grados de disturbio son iguales a los presentados en la figura 6.

Figura 16. Políticas ambientales de los distritos físico-geográficos.

Figura 17. Políticas ambientales de las regiones físico-geográficas.

Figura 18. Ejemplo de 4 especies de los 121 modelo de nicho ecológico.

Figura 19. Riqueza total de los subrogados del área de estudio, donde los colores cálidos indican las celdas de alta riqueza y los oscuros la carencia de la misma.

Figura 20. Solución inicial a partir del algoritmo heurístico ILV4.

Figura 21. Sistema de áreas prioritarias para la geoconservación del objetivo 1.

Figura 22. Sistema de áreas prioritarias para la geoconservación del objetivo 2.

Figura 23. Vulnerabilidad de los sistemas de áreas para la geoconservación del objetivo 1.

Figura 24. Vulnerabilidad de los sistemas de áreas para la geoconservación del objetivo 2.

Relación de cuadros

Cuadro 1. Variables bioclimáticas.

Cuadro 2. Loadings de los dos primeros componentes principales.

Cuadro 3. Resultados del análisis de la frontera estocástica.

Cuadro 4. Áreas de geoconservación de los distritos físico-geográficos.

Cuadro 5. Áreas de Geoconservación de las regiones físico-geográficas.

Cuadro 6. Áreas Prioritarias de Geoconservación de los distritos físico-geográficos.

Cuadro 7. Áreas Prioritarias de Geoconservación de las regiones físico-geográficas.

Cuadro 8. Regionalizaciones de la Península de Baja California.

Cuadro 9. Vulnerabilidad a nivel de paisajes físico-geográficos del objetivo 1.

Cuadro 10. Vulnerabilidad a nivel de paisajes físico-geográficos del objetivo 2.