



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ENDEMISMO EN LA
VEGETACIÓN DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

MONSERRAT MOYSÉN CARBAJAL



**DIRECTOR DE TESIS:
Biól. Niza Gámez Tamariz
Ciudad Universitaria., 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.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno
Moysén
Carbajal
Montserrat
63819094
Universidad Nacional Autónoma de México
Faculta de Ciencias
Biología
305588315

2. Datos del tutor
Biól
Niza
Gámez
Tamariz

3. Datos del sinodal 1
Dr
Oswaldo
Téllez
Valdés

4. Datos del sinodal 2
Dr
Ángel Salvador
Arias
Montes

5. Datos del sinodal 3
Dra
Tania
Escalante
Espinosa

6. Datos del sinodal 4
Dr
David Nahum
Espinosa
Organista

7. Datos del trabajo escrito
Análisis de los patrones de endemismo en la
vegetación de la Península de Baja California
58 p
2014

TABLA DE CONTENIDOS

HOJA DE DATOS DEL JURADO	2
TABLA DE CONTENIDOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	7
<i>Consideraciones biogeográficas</i>	7
<i>Endemismo y Análisis de Parsimonia de Endemismos</i>	7
<i>Diversidad florística de México</i>	10
<i>La Península de Baja California (PBC)</i>	10
<i>Una perspectiva general</i>	10
<i>Biogeografía de la PBC</i>	11
<i>Geología</i>	16
TAXONES ANALIZADOS	17
JUSTIFICACIÓN	21
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS PARTICULARES	22
MATERIALES Y MÉTODOS	23
<i>Área de estudio</i>	23
<i>Base de datos</i>	24
<i>Análisis de Parsimonia de Endemismos</i>	24
RESULTADOS	26
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	41
PERSPECTIVAS	42
REFERENCIAS	43
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	49
ANEXOS	50
<i>Anexo 1. Tablas de especies endémicas a la PBC</i>	50
<i>Anexo 2. Tabla de las especies endémicas con su codificador</i>	53
<i>Anexo 3. Polígono del área de estudio (definido a partir de celdas de 0.5°)</i>	55
<i>Anexo 4. Tabla de cuencas que definieron al polígono de la PBC</i>	56
<i>Anexo 5. Regiones hidrológicas de la PBC</i>	58

Resumen

Las distribuciones de las especies no son producto del azar (De Candolle, 1820), éstas conforman patrones. La biogeografía es la disciplina que estudia el cómo, dónde y el porqué de dichos patrones. El análisis de los patrones de distribución de los taxones nos permite aproximarnos al proceso evolutivo de la biota en sus tres dimensiones (espacio, tiempo y forma). Dentro de los patrones biogeográficos, uno de los más sobresalientes, es el del endemismo. El Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) es un método de biogeografía histórica cuyo objetivo principal es encontrar áreas en las que distintas especies se distribuyen de manera simpátrica, es decir áreas de endemismo definidas por especies endémicas.

Debido a la compleja historia geológica y biótica de la Península de Baja California, esta área es un adecuado modelo de estudio para análisis biogeográficos, ya que en ella se distribuyen una gran riqueza de taxones vegetales endémicos que diversificaron recientemente, y en cuyas áreas de distribución quedó impreso parte de la señal del proceso evolutivo de la biota.

El presente trabajo hace una implementación de PAE utilizando cuencas hidrológicas como unidades de análisis, con el fin de identificar áreas de endemismo de elementos bióticos de la vegetación presente en la Península de Baja California. Se detectaron cuatro áreas de endemismo: California, Baja California, La Giganta y Cabo soportadas por 46 taxones endémicos. La estructura geográfica de las áreas detectadas coincide parcialmente con lo encontrado en trabajos previos, sin embargo, consideramos que por la naturaleza de los taxones y unidades geográficas analizadas el presente trabajo aporta nueva información acerca de los procesos evolutivos de la biota en la Península de Baja California.

Introducción

La biogeografía es una disciplina que busca el reconocimiento de los patrones distribucionales de los taxones y la identificación de los procesos que generaron dichos patrones (Morrone y Crisci, 1995). Se divide en dos ramas, ecológica e histórica. La histórica parte del concepto de patrón de distribución de los taxones, asumiendo una analogía entre taxonomía y biogeografía, en donde las coincidencias en las distribuciones de los taxones individuales son consideradas enunciados sobre homología biogeográfica (Morrone, 2001b); es decir, al detectar congruencia geográfica la homología biogeográfica asume el supuesto que las áreas poseen una historia biótica en común. Existen dos tipos de homología biogeográfica, primaria y secundaria, la primera se refiere a una conjetura sobre una historia biogeográfica común a partir de que diferentes taxones se encuentran espacio-temporalmente integrados en una biota, y la secundaria pone a prueba la hipótesis primaria integrando información de la filogenia (Morrone, 2001a).

Al analizar la distribución geográfica de los taxones, se observa que las especies tienen patrones (Crisci *et al.*, 2000). De Candolle (1820) afirma que las distribuciones de las especies no son producto del azar, llamó *especies aborígenes o endémicas* a aquellas que le dan identidad a una región. Así, un área de endemismo se encuentra definida por la superposición del área de distribución entre dos o más taxones (Platnick, 1991). Morrone (1994) define a las áreas de endemismo como la superposición de las áreas de distribución de dos o más taxones diferentes.

Rosen y Smith (1988) propusieron un método para identificar estas áreas de endemismo, llamado Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE por sus siglas en inglés). Morrone (1994) formalizó la metodología del PAE de Rosen y Smith (1988), permitiendo la clasificación de áreas o localidades de acuerdo con los taxones exclusivos que comparten, a través de la solución más parsimoniosa. Así, el PAE empleado en la actualidad es un método en el que uno de sus objetivos es identificar áreas en las que distintos taxones se distribuyen de manera exclusiva, o bien áreas de endemismo.

México cuenta con una gran riqueza y diversidad biológica, como resultado de un producto combinado de la variación topográfica y el clima encontrado en su superficie, además de su compleja historia geológica (Flores-Villela, 1994). México cuenta con una gran riqueza vegetal, siendo más frecuentes en las zonas montanas del sur y en las áreas del medio tropical semiárido y subhúmedo (Rzedowski, 1966, 2006). Un aspecto relevante de la flora mexicana es que su notable diversidad no sólo recae en el número de especies sino en su riqueza de endemismos; siendo uno de los países con mayor número de taxones de plantas endémicos (Rzedowski, 1992b).

Para algunos autores, el alto porcentaje de endemismo se explica por la antigüedad de la flora mexicana y por su grado de aislamiento ecológico (Rzedowski, 1992a). Respecto a la distribución ecológica de los endemismos Rzedowski (1966) afirma que su abundancia a nivel de familia y género se correlaciona positivamente con el grado de aridez, alcanzando una proporción de 43% en la zona árida y de 28% en la semiárida.

Las regiones árida y semiárida, predominantes en el noreste de México, provee de una gran diversidad de especies y de endemismos (De-Nova et al., 2011). La península de Baja California localizada en el noreste de México, es considerada por Rzedowski (1992b) como una de las zonas áridas del país con mayor número de endemismos de plantas, tanto en géneros (2% del total de géneros de plantas de la península) como en especies (23% del total de géneros de plantas de la península).

La mayoría de la flora de la península tiene su origen en la parte continental de México, debido a la separación de la península de la costa del Pacífico central y su desplazamiento hacia el noroeste, dando lugar a una variedad de patrones de distribución, aislamientos, extinciones, provocando la evolución de la fauna y la flora de varias maneras (Case, 2002). Este fenómeno despierta interés en la realización de estudios biogeográficos, es por ello que para este trabajo se eligieron especies de plantas endémicas al territorio continental de la península de Baja California.

Antecedentes

Consideraciones biogeográficas

Para realizar un análisis biogeográfico se requiere en primera instancia conocer la distribución geográfica de los grupos a estudiar. Al analizar la distribución geográfica de las especies, se puede observar que, pese a que no existen dos o más especies con áreas de distribución idénticas, en términos generales, y a meso escalas espaciales, las especies describen patrones de distribución (Crisci *et al.*, 2000). Esta idea confirma lo señalado por De Candolle (1820), quien afirma que las distribuciones de las especies no son producto del azar. De Candolle llamó *especies aborígenes o endémicas* a aquellas que le dan identidad a una región. Así, una región (área de endemismo *sensu lato* está definida por la superposición del área de distribución entre dos o más taxones (Platnick, 1991), y dicha superposición o congruencia geográfica, sustenta a un tipo especial de homología, la homología biogeográfica (Grehan, 1989).

De acuerdo con las ideas de Leon Croizat (1964), la evolución es un proceso en tres dimensiones (espacio, tiempo y forma), por lo que al comparar las áreas de distribución de dos taxones y con base en ello identificar patrones de homología biogeográfica, se asume que dichos taxones integran un área de endemismo como resultado de procesos históricos comunes; siendo el análisis de las causas que han generado dichos patrones, uno de los principales objetos de estudio de la biogeografía histórica (Espinosa-Organista *et al.*, 2001).

Endemismo y Análisis de Parsimonia de Endemismos

Para la Biogeografía, una de las características más significativas de los patrones de distribución es la endemividad (Rosen y Smith, 1988). De acuerdo con Morrone (1994) las especies pueden mostrar correspondencia en sus distribuciones, lo que implica que han estado sometidas a factores históricos comunes, lo cual los hace elementos reconocibles de homología geográfica. Es así como en la definición de área de endemismo debe de quedar implícita la historia evolutiva (Morrone, 2001b).

Las áreas de endemismo (AE) son definidas como la superposición de las áreas de distribución de dos o más taxones diferentes (Morrone, 1994). Las

AE deben ser vistas como entidades históricas y no solo distribucionales a nivel de biotas, en donde los taxones que las componen se encuentran integrados en espacio y tiempo como resultado de procesos biogeográficos comunes (geológicos, climáticos) (Morrone, 2001b). Otra definición es la de Platnick (1991), quien sugiere que un AE se identifica por la mínima “congruencia de los límites distribucionales de dos o más especies”; mientras que para Harold y Mooi (1994), un AE se define como una región geográfica que comprende las distribuciones de dos o más taxones monofiléticos que exhiben congruencias filogenéticas y distribucionales.

Los endemismos se encuentran ligados al establecimiento de un taxón en una región en algún momento de su historia, donde presentaron limitación en su capacidad de dispersión. Las barreras involucradas en el aislamiento pueden ser de origen geográfico, ecológico, genético o de relaciones bióticas (Cox y Moore, 1993). Las especies endémicas son importantes tanto histórica, biológica y evolutivamente, ya que éstas pueden ser tomadas como indicadores de procesos históricos a nivel de biota; es decir, a partir de la identificación de AE es posible aproximarse al proceso evolutivo de la biota (Morrone, 2009).

Rosen y Smith (1988) propusieron un método para identificar AE, llamado Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE por sus siglas en inglés). El PAE es una herramienta biogeográfica cuyo objetivo es la clasificación de áreas (unidades geográficas operacionales) (p.e. localidades, [Rosen, 1988]; áreas previamente delimitadas, [Cracraft, 1991]; o cuadrantes, [Morrone 1994]) a través de la solución más parsimoniosa, considerando la presencia de un taxón (Rosen, 1988). El PAE considera como punto de partida presencias y ausencias de un grupo particular de organismos sobre unidades geográficas, lo que minimiza el prejuicio geográfico (Rosen y Smith, 1988), además considera que hay una analogía con el análisis cladístico al tratar a las áreas como taxones y a los taxones como caracteres (Nihei, 2006).

Metodológicamente el PAE es formalizado por Morrone (1994), permitiendo la clasificación de áreas o localidades de acuerdo a los taxones exclusivos que comparten, buscando la solución más parsimoniosa. El PAE emplea un matriz localidades por taxones, la cual es analizada mediante un algoritmo de parsimonia, con el fin de identificar los patrones de presencia compartida de taxones entre las áreas. Las presencias compartidas

(endemicidades) son tratadas analógicamente como las sinapomorfías de estudios filogenéticos (Rosen y Smith, 1988).

El PAE puede ser explorada con distintas unidades geográficas operacionales (OGUs), así es posible realizar PAE de localidades y de áreas de distribución generalizadas a otras áreas, en estas últimas puede hacerse PAE de polígonos regulares (cuadrículas) o irregulares, de áreas naturales (cuencas hidrológicas, provincias, islas reales o virtuales, transectos, comunidades) o unidades geopolíticas (Escalante, 2011). De acuerdo con Espinosa *et al.* (2001) es preferible trabajar con unidades naturales, ya que la utilización de éstas parte del hecho de que las especies presentan patrones de distribución que se ajustan a factores del ambiente físico/histórico; y dado que, los patrones de distribución de las especies no obedecen a los límites artificiales, el empleo de unidades artificiales como celdas, unidades geopolíticas, etc., implica la existencia de sesgo debido a la arbitrariedad de los límites de las unidades empleadas.

Originalmente PAE fue propuesto para realizar comparaciones históricas de las distribuciones de los taxones, basadas en información geológica y estratigráfica. Sin embargo, Rosen (1988) argumenta que el PAE puede ser usado como estático o dinámico. Una interpretación estática o no histórica, se encuentra basada en datos derivados de la localización de la biota dentro de un único horizonte geológico. Por el contrario, la interpretación histórica se obtiene de la comparación de dos o más horizontes geológicos. De acuerdo con la interpretación de los resultados obtenidos mediante PAE, Escalante (2011) hace una distinción de dos formas de aplicación del PAE: el descriptivo y el histórico. El primero busca la identificación de los patrones de endemismo (AE), mientras que el segundo analiza las áreas de endemismo como entidades biogeográficas evolutivamente interrelacionadas y hace inferencias acerca de las relaciones históricas (eventos de vicarianza) entre las áreas.

Para efecto del presente trabajo la metodología del PAE se exploró con dos OGUs, cuencas y celdas (de 0.5°), y con el fin de identificar patrones de endemismos, se empleó la interpretación del PAE descriptivo.

Diversidad florística de México

México se localiza entre Norteamérica y Sudamérica, posición geográfica que le otorga un carácter único de transición faunística y florística (Savage, 1982). Esta transición se combina con la gran heterogeneidad del medio físico, lo que ha permitido el desarrollo de una elevada riqueza de especies que están integradas, a su vez, en una gran variedad de ecosistemas (Espinosa-Organista et al., 2008).

La importancia de la flora mexicana no sólo recae en el número de especies sino en su riqueza de endemismos. México es uno de los países con mayor número de taxones vegetales endémicos (restringidos a los límites geopolíticos del país); este alto porcentaje de endemismos se explica por la antigüedad de la flora mexicana y por su grado de aislamiento ecológico (Rzedowski, 1992a). Según Méndez-Larios et al., (2004) hablando en términos de endemismo florístico, entre los principales factores que determinan la gran riqueza de México, destacan los climáticos y los geográficos.

Respecto a la distribución ecológica de los endemismos, Rzedowski (1966) afirma que su abundancia a nivel de familia y género se correlaciona positivamente con el grado de aridez, alcanzando una proporción del 43% en la zona árida y del 28% en la semiárida. A nivel de especie, Rzedowski (1991) registra que en los matorrales xerófilos y pastizales la proporción llega a 60%.

La Península de Baja California (PBC)

Una perspectiva general

La península de Baja California se encuentra localizada en el noroeste de México. Es un brazo de tierra que tiene un área de 143,600 km², sin incluir las islas que bordean los aproximadamente 3000 km de costa. Estas islas agregan otros 1,500 km al territorio peninsular. Se encuentra bañada por las aguas del Océano Pacífico (al oeste y al sur) y separada del resto del territorio mexicano en el noreste por el Río Colorado y después por el Golfo de California o Mar de Cortés. Comprende los estados de Baja California y Baja California Sur. Ocupa desde el norte del paralelo 32°, hasta el sur del paralelo 23° con una extensión aproximada de 1,333 km (Illoldi et al., 2002).

Excluyendo el Río Colorado, existen tres vertientes hidrológicas en la

Península de Baja California que se encuentran divididas a partir de sus características orográficas y morfológicas: (1) las que drenan directamente en el Océano Pacífico cubriendo una superficie de 82, 766 km²; (2) la del Mar de Cortés que tiene una superficie total de 53,199 km² y por último la endorreica de la Laguna Salada que abarca 4,386 km² (INE, 2012).

Biogeografía de la PBC

El esquema biogeográfico más aceptado para México es el de Morrone (2005) que comprende 14 provincias, agrupadas en dos regiones (Neártica y Neotropical) y una zona de transición. La PBC se encuentra dentro de la región Neártica, subregión Pacífica Norteamericana, dominio Neártico Californiano. Según Morrone (2005), en la región Neártica predomina el elemento original (Septentrional Antiguo o Paleoamericano), junto con otro de dispersión más reciente (Neártico) y un tercero Neotropical Antiguo. Este mismo autor afirma que los eventos vicariantes asociados con la evolución biótica del componente Neártico se relacionan con la formación de la Sierra Madre Occidental, que aisló el Desierto de Chihuahua de los Desiertos de Sonora y Mojave y la expansión del Mar de Cortés que aisló la península del resto del continente (Morrone, 2005). Por ello existen relaciones históricas y bióticas que se comparten entre el territorio que comprende a la PBC, el estado de California y el desierto de Mojave.

La PBC comprende a las provincias de California y Baja California.

La provincia de California se ubica en la porción septentrional de la península de Baja California, extendiéndose hacia el norte, a lo largo de la Sierra Nevada, hasta el sudoeste de los Estados Unidos de América (Morrone, 2005). Esta provincia está constituida por dos cordilleras principales que se elevan a poco más de 3,000 m, la Sierra de San Pedro Mártir y la Juárez. Sobre las sierras dominan los climas templados y semifríos subhúmedos (42%) y en su vertiente pacífica los áridos (43%). Sin embargo, el 96% de su territorio no recibe más de 500 mm de precipitación anual total concentrada en los meses de invierno; por esta razón, los matorrales xerófilos (86%) cubren la mayor parte de ésta área (Espinosa-Organista et al., 2008).

Por su parte, la Provincia de Baja California se ubica al sur e incluye el sistema montañoso de Baja California (Morrone, 2005). Abarca el Desierto del

Vizcaíno, y la Sierra de la Laguna. Predominan los climas muy áridos, por lo que el 97% de sus tierras no reciben más de 500 mm de precipitación anual total, la mayor parte de la vegetación son variantes del matorral xerófilo (95%) (Espinosa-Organista *et al.*, 2008). Para algunos autores, el extremo sur es identificado como una provincia independiente como la provincia biogeográfica del Cabo (Smith, 1941; Arriaga *et al.*, 1997).

De los trabajos biogeográficos realizados en la PBC, sobresalen los de Rzedowski (1973,1978), Arriaga *et al.* (1997), Morrone (2001, 2005), Riddle y Hafner (2006) ya que sus análisis se encuentran sustentados con flora (Cuadro 1). Los trabajos de Rzedowski se fundamentan en análisis biogeográficos fenéticos, es decir, un análisis numérico cuya finalidad es la agrupación de taxones a partir de su similitud, en el que los taxones analizados no son exclusivamente endémicos. Por lo que el patrón que se reconoce no es un área de endemismo. El trabajo de Arriaga *et al.*, (1997) es el resultado de la sumatoria de distintos análisis biogeográficos, por lo que el sistema consenso que se obtuvo no se encuentra fundamentado sobre el concepto de endemidad. Por el contrario, los trabajos de Morrone (2005) y de Riddle y Hafner (2006) tienen por objetivo la delimitación de áreas de endemismo a partir de diferentes herramientas biogeográficas que complementaron sus análisis.

Cuadro 1. Trabajos que analizan los patrones de la biodiversidad de la PBC.

Autor	Año	Grupo taxonómico	Elemento biótico	Ubicación geográfica	Metodología empleada
Smith, H.	1941	Lagartijas del género <i>Sceloporus</i>	Provincia de BC	La mayor parte de la PBC	Esquema biogeográfico por distribución
			Provincia del Cabo de BC	Extremo sur de la PBC, al sur y este de la isla de Espíritu Santo	
			Provincias Sandieguina y Arizoniana	Extremo norte	
Rzedowski, J.	1973	Flora neotropical	Elemento restringido a México. Encontró similitud entre los desiertos de Chihuahua, BC y Sonora con Bosques tropicales deciduos del sur de Sonora	Noroeste de la República mexicana	Análisis biogeográfico fenético

Rzedowski, J.	1978	Flora	Reino Holártico Pacífica Provincia de California	Región Norteamericana	La mayor parte del estado de California, sector septentrional de la PBC (sierras Juárez y San Pedro Mártir. Planicie costera del Océano Pacífico)	Identificación de elementos florísticos a través del establecimiento de relaciones geográficas y posibles orígenes
			Provincia de la isla de Guadalupe	Isla situada a 200 km de la costa de BC		
			Provincia de Baja California	Área peninsular de BC		
Arriaga <i>et al.</i>	1997	Flora, herpetofauna, mastofauna	Medio árido subtropical Provincia California		Extremo norte de la PBC	Mapas de rasgos morfotectónico, provincias florísticas, provincias herpetofaunísticas y provincias mastofaunísticas y se obtuvo sistema de consenso
			Provincia de BC	Casi toda la PBC excepto los extremos norte y sur		
			Provincia del Cabo	Extremo sur de la PBC		

Morrone, J.J.	2001	Animales y Flora	Región Neártica Provincia de California	Toda la PBC	Basado en análisis panbiogeográfico y biogeográfico cladístico
			Provincia Baja California Provincia del Cabo de Arriaga et al. (1997) es sinónima de ésta		
Rojas-Soto, et al.	2003	Avifauna	Provincia California	Extremo norte de la PBC, se extiende hacia EUA	Análisis de parsimonia de endemismos
			Provincia BC	Todo el resto de la PBC, excepto el Cabo	
			Provincia del Cabo	Extremo Sur de la PBC (Cabo)	
Morrone, J.J.	2005	Animales, flora, taxones del orden Coleoptera	Reino Holártico Región Neártica Subregión Pacífica Norteamericana Dominio Neártico Californiano Provincia California	Extremo norte de la PBC, se extiende hacia EUA	Análisis panbiogeográfico, análisis de parsimonia de endemismos
			Provincia BC	Todo el resto de la PBC	
Riddle y Hafner	2006	Flora	Siete áreas de endemismo	Desiertos de Norteamérica	Delimitación de áreas de endemismo por Filogeografía y biogeografía filogenética

Geología

Hafner y Riddle (1997) datan la formación de la península en el Mioceno medio (15 Ma) y citan una serie de eventos con base a los vertebrados de la PBC. La historia geológica de la península incluye las siguientes etapas: la formación del Golfo de California, ubicado hacia el Mioceno tardío (11.6 Ma), como consecuencia del rompimiento y desplazamiento de la península, movimiento provocado por el desplazamiento de la placa de Norteamérica hacia el occidente que asimiló a la dorsal del Pacífico oriental, causando en el interior fuerzas distensivas formando así el Golfo de California (Aguayo y Trápaga, 1996); la inundación del Istmo de La Paz, con un primer evento al inicio en el Plioceno (4.5 Ma \pm 0.5) y la transgresión secundaria de las aguas hacia el norte en dirección a los desiertos de zonas bajas al norte del Lago Mojave y al noroeste de San Gregorio durante el Plioceno y hasta el Pleistoceno temprano (2.5), a partir del Pleistoceno medio (1.8 Ma) la zona del Vizcaíno queda disponible para la ocupación de taxones terrestres (Riddle y Hafner, 2006).

Los desiertos de América del Norte se terminaron de formar durante los periodos interglaciares, alcanzando su máxima extensión en el intervalo “óptimo cálido” durante el Mioceno, mientras que las zonas de semidesierto alcanzaron su máxima extensión al principio del Pleistoceno, hace 2.6 Ma (Riddle y Hafner, 2006). La mayoría de la fauna terrestre y flora de la península tiene su origen en la parte continental de México. Sin embargo, la separación de la península y su desplazamiento hacia el noroeste dio lugar a una variedad de patrones de distribución, aislamientos y extinciones, lo que provocó evolución de la fauna y la flora de varias maneras (Case, 2002).

Debido a la historia geológica de la PBC, se puede asumir que el área de distribución actual de taxones que se distribuyen ampliamente (PBC/-Sonora/California/Mojave) tienen una historia biogeográfica posterior al Plioceno; periodo durante el cual se forman refugios desérticos los cuales aíslan a los taxones. Con base a estos eventos, Hafner y Riddle (1997) proponen que se reconozca al Desierto de la PBC distinto al de Sonora. Durante la historia geológica de la península se tienen indicios de vicarianza, que originó especiación en los taxones residentes. Referencias de esto son los análisis biogeográficos realizados por Grismer (1994) quién afirma que la

herpetofauna de Baja California se originó por vicarianza, cuando el Golfo de California se formó y extendió hacia el norte, aislando a la península, además argumenta que el desarrollo de los desiertos de Sonora, Mojave y la Gran Cuenca ayudaron a la fragmentación de las especies de la PBC de las del suroeste de los Estados Unidos de América y el noroeste de México.

Debido a su compleja y reciente historia geológica, se eligió la PBC para analizar los patrones de endemismo de su biota, tomando como estudio de caso taxones vegetales característicos del matorral xerófilo; ya que este tipo de comunidad vegetal representa el tipo de vegetación dominante en la península, además exhibe una alta concentración de elementos endémicos.

Taxones analizados

En este trabajo se analizan taxones de plantas endémicos de zonas áridas, ya que como se explicó estas zonas se encuentran caracterizadas por su riqueza de endemismos y su gran diversidad. Los taxones analizados presentan patrones de distribución endémicos al macizo continental de la PBC, debido al efecto de insularidad que motivó procesos de diferenciación biológica. Dichos taxones pertenecen a las familias *Asparagaceae*, *Burseraceae*, *Cactaceae* y *Fouquieriaceae*; las cuales presentan patrones distribucionales definidos, un ejemplo de esto son las especies de *Bursera*, en las que su patrón de distribución se encuentra muy bien definido por las cuencas presentes en la PBC (Gámez *et al.*, 2014).

Estas familias cuentan con un amplio número de especies endémicas al área de estudio, debido a su historia geológica la cual se ha propuesto como la causa de que especies de *Bursera* presenten un área de endemismo en la península (De-Nova *et al.*, 2011), y que especies de *Yucca* y *Fouquieria* hayan diversificado en esta parte del territorio nacional (Pellmyr *et al.*, 2006; Schönenberger, 2005).

Familia *Asparagaceae*.- Los miembros pertenecientes a esta familia se encuentran adaptados a climas áridos y con modificaciones que permiten la retención del agua. Dentro de esta familia se encuentra el género *Yucca*, formado por alrededor de 35-40 especies, todas suculentas y prácticamente

nativas de América del Norte (Pellmyr *et al.*, 2006). Las especies de este género diversificaron hace 3.2-2 Ma durante el Plioceno medio y temprano y en gran medida se relacionan con eventos vicariantes (Pellmyr y Leebens-Mack, 1999). Las especies incluidas en este trabajo son: *Yucca whipplei*, *Y. schidigera* y *Y. valida*.

Familia Burseraceae.- El origen de la esta familia se remonta al Paleoceno temprano, mientras que el origen del género *Bursera* se sitúa en el Paleógeno (aproximadamente hace 50 Ma), el surgimiento de la gran mayoría de las especies tuvo lugar en el centro y norte de México (predominantemente árido) durante los últimos 10 Ma (De-Nova *et al.*, 2011). De acuerdo con De-Nova y colaboradores (2011) el tiempo promedio de diversificación de *Bursera* se dio durante el Mioceno tardío (5.2 Ma), como resultado del aislamiento y del establecimiento de climas áridos en la región norte del continente. Las especies incluidas en este trabajo son: *Bursera cerasifolia*, *B. epinata*, *B. filicifolia* y *B. hindsiana*.

Familia Cactaceae.- Las cactáceas poseen una serie de adaptaciones al clima árido, presentando membranas suculentas que permiten la retención de agua y diversas formas de crecimiento. Son un elemento distintivo de los climas áridos y semiáridos, incluye alrededor de 1,450 especies dentro de 127 géneros. Se piensa que se originaron en la zona tropical de Sudamérica (Hernández-Hernández *et al.*, 2011), la mayoría de la diversidad existente surge del Mioceno medio al Plioceno (16 Ma-5 Ma) (Arakaki *et al.*, 2011). Su origen se encuentra relacionado con dos eventos, uno geológico y otro climático, el primero es la separación de la península de la parte continental hace 15 Ma y el segundo es el aumento de la aridez durante el Mioceno tardío – Plioceno temprano (5.2-2 Ma), el cual propicio la diversificación de varios géneros, como por ejemplo: *Mammillaria*, *Cochemiea* y *Ferocactus*, mismos que fueron incluidos en este trabajo. El linaje de las cactáceas tiene una amplia distribución, aunque la mayoría de los centros de diversidad se encuentran en los climas áridos del norte de México y el sureste de Estados Unidos (Arakaki *et al.*, 2011). Las especies incluidas en este trabajo son: *Cochemiea halei*, *C. pondii*, *C. poselgeri*, *C. setispina*, *C. poselgeri*, *Cylindropuntia acanthocarpa*, *C. alcahes*, *C. bigelovii*, *C. californica*, *C. calmalliana*, *C. cholla*, *C. lindsayi*, *C. molesta*, *C. munzii*, *C. prolifera*, *C. ramosissima*, *C. sanfelipensis*, *C.*

santamaria, *C. tesajo*, *Echinocereus barthelowanus*, *E. brandegeei*, *E. emoryi*, *E. engelmannii*, *E. ferreirianus*, *E. grandis*, *E. lindsayi*, *E. maritimus*, *E. pacificus*, *E. pensilis*, *Ferocactus acanthodes* subsp. *tortulospinus*, *F. chrysacanthus*, *F. cylindraceus*, *F. digettii*, *F. fordii*, *F. gatesii*, *F. gracilis*, *F. johnstonianus*, *F. peninsulae*, *F. rectispinus*, *F. townsendianus*, *F. viridescens*, *Mammillaria albicans*, *M. armillata*, *M. blossfeldiana*, *M. brandegeei*, *M. capensis*, *M. cerralboa*, *M. dioica*, *M. evermanniana*, *M. goodridgii*, *M. hutchisoniana*, *M. insularis*, *M. phitauiana*, *M. verhaertiana*, *Myrtillocactus cochal*, *Opuntia basilaris*, *O. bravoana*, *O. littoralis*, *O. oricola*, *O. pycnantha*, *O. tapona*, *Pachycereus gatessi*, *P. pecten-aboriginum*, *P. pringlei*, *Pachycormus discolor*, *Peniocereus johnstonii*, *Stenocereus eruca*, *S. gummosus* y *S. thurberi*.

La familia Fouquieriaceae. Esta familia comprende 13 especies de arbustos xeromórficos, que se encuentran restringidos a las porciones áridas de México y los límites colindantes del suroeste de Estados Unidos de América (Schönenberger, 2005). Las especies incluidas en este trabajo son: *Fouquieria burgei*, *F. columnaris* y *F. digettii* (Henrickson, 1972).

Como se puede apreciar en la Figura 1, los grupos de especies que se analizaron presentan tiempos de diversificación que coinciden con los principales eventos geológicos y climáticos ocurridos durante los últimos 6 Ma en la PBC. Los eventos que enmarcan estas diversificaciones son: apertura del Golfo de California (aproximadamente hace 6 Ma); la inundación del Istmo de La Paz en el Plioceno (4.5 ± 0.5 Ma); la transgresión hacia el norte de las aguas marinas durante el Plioceno y el Pleistoceno temprano (2.6 Ma) y por último la aparición del Pasaje marino del Vizcaíno en el centro de la península durante el Pleistoceno medio (1.8 Ma). Además del establecimiento de los desiertos de América del Norte a principio del Pleistoceno (2.6 Ma) (Riddle y Hafner, 2006).

Figura 1. Línea del tiempo de la diversificación de los grupos taxonómicos de las especies que se emplearon en este trabajo.



Por debajo de la línea se muestran las eras geológicas en las que se presentaron los principales eventos de diversificación de los taxones y su correspondencia en millones de años. Cada color representa a un grupo taxonómico.

Justificación

Por su carácter insular (segunda península más grande y aislada del mundo), tener un único y complejo origen geológico (Rojas-Soto, 2003), la PBC es un buen modelo de estudio biogeográfico. Estas características explican en gran parte la alta diversidad de taxones endémicos y la estructuración de marcados patrones de distribución en la biota, los cuales nos pueden estar dando información relevante acerca del proceso evolutivo de la biota en esta área.

La PBC al ser un buen modelo de estudio, se encuentra bien representada en distintos trabajos biogeográficos, los cuales se pueden englobar en términos del conocimiento de su historia geológica y gran parte de su biota. Sin embargo existe un sesgo en el estudio biogeográfico de su flora, aun cuando es un grupo que se encuentra bien representado en el área de estudio. Además de que no hay trabajos que aporten los patrones de endemismo de su biota.

Por lo que este trabajo ofrece un análisis biogeográfico de la flora endémica de las zonas áridas de la PBC, a través de la identificación de patrones de endemismo.

Objetivo General

Identificar los patrones de distribución de un conjunto de especies de Asparagaceae, Burseraceae, Cactaceae y Fouquieriaceae de la Península de Baja California, con el propósito de identificar áreas de endemismo.

Objetivos particulares

Realizar dos análisis de PAE, utilizando como unidades geográficas de análisis las celdas de 0.5 x 0.5 ° y las cuencas hidrológicas.

Elaborar una propuesta de áreas de endemismo de la PBC, a partir de la comparación de los análisis obtenidos de PAE.

Materiales y métodos

Área de estudio

Con el fin de hacer una delimitación de área de estudio a partir de criterios naturales relevantes para la biología de las especies analizadas, el polígono de estudio se definió como la suma de las eco-regiones correspondientes al territorio de la PBC, y zonas colindantes con el desierto de Mojave y Sonora (www.eros.usgs.gov). Una vez definida la zona de estudio, ésta fue dividida en unidades geográficas empleando dos criterios: celdas de 0.5 x0.5° y cuencas hidrológicas (Figura 2). Ver anexos.

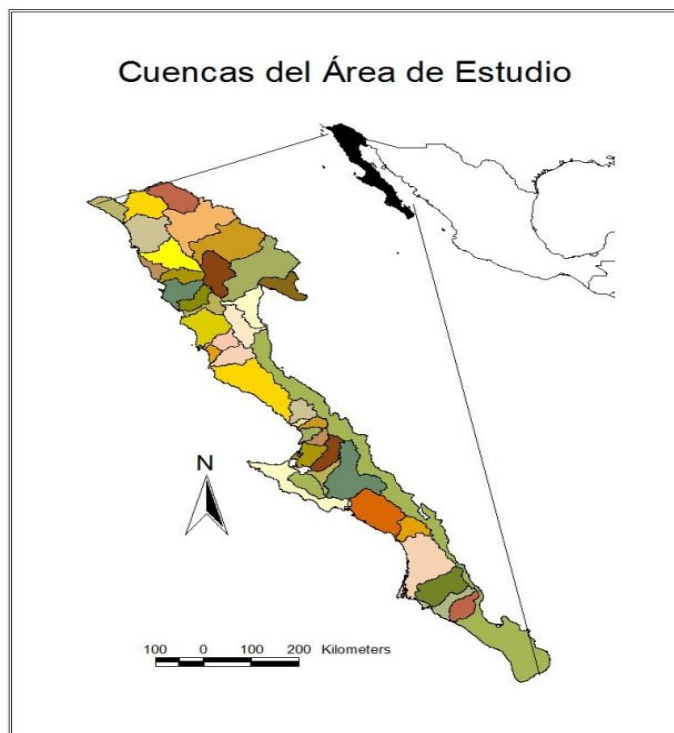


Figura 2. Polígono inicial del área de estudio (definido a partir de cuencas hidrológicas y eco-regiones) compuesto por 51 cuencas hidrológicas.

Base de datos

Se realizaron consultas bibliográficas y de bases de datos de las especies de plantas endémicas a la PBC. Se encontraron 77 especies pertenecientes a cuatro géneros de Magnoliophytas: Burseraceae, Cactaceae, Euphorbiaceae y Fouquieriaceae. Se generó una lista de especies que se comparó con distintas bases de datos y colecciones científicas: CONABIO, GBIF, UNIBIO y Herbario MEXU. Se construyó una base de datos georreferenciada que documenta la distribución de las especies vegetales endémicas a la PBC, la cual incluyó 71 especies y un total de 2934 registros. La base de datos final se obtuvo a partir de la depuración de registros no válidos de una lista de especies preliminar, integrado por 77 especies y 2955 registros. Dicha lista se depuró con ayuda del criterio del especialista en el grupo, o bien mediante bibliografía especializada. Para el caso de *Cactácea* se siguió a Guzmán y colaboradores (2003); para el caso de *Fouquieria* la revisión de la base de datos se llevó a cabo siguiendo a (Henrickson, 1972); para *Bursera* los registros empleados corresponden a los empleados por Gámez *et al.* (2013) los cuales fueron compilados y revisados por el Dr. David Espinosa; en tanto que para el caso de *Yucca* se hizo a través de Hochstätter (2000). En todos los casos la información geográfica de los registros fue procesada empleando ArcView 3.1.

Análisis de Parsimonia de Endemismos

La base de datos final se empleó para identificar las áreas de endemismo, llevando a cabo un Análisis de Parsimonia de Endemismos (Rosen y Smith, 1988) y siguiendo la metodología propuesta por Morrone (1994), la cual consiste en: sobreponer las OGUs y las especies en el mapa del área de estudio, construir una matriz taxón/localidad (columnas/filas) donde las presencias se marcaron con 1 y las ausencias con 0, realizar un análisis de parsimonia a la matriz, delimitar los grupos de cuadrantes definidos con por lo menos dos especies endémicas y definir los límites de cada área de endemismo a partir de la superposición de los grupos delimitados en el cladograma y de las especies que los componen en el mapa del área de estudio.

Para la aplicación del PAE se exploró la utilización de dos OGUs, cuencas hidrológicas y celdas de 0.5° latitud por 0.5 ° de longitud. Con base en la presencia o ausencia de cada una de las especies en cada una de las OGUs, se obtuvieron dos matrices de datos. La primera matriz se encuentra compuesta por 41 cuencas (40 más el área hipotética que se codificó con cero en las columnas para enraizar el cladograma del PAE) y 71 especies, y la segunda se compone de 83 celdas (82 más el área para enraizar el cladograma) y 71 especies.

Ambos análisis se llevaron a cabo aplicando una búsqueda heurística en TNT (Golobof *et al.*, 2008), con el fin de identificar patrones de endemismo. Las sinapomorfías geográficas se identificaron por poseer índices de consistencia (ci) iguales y/o mayores a 33, con lo que se asegura que exista homoplasia relativa de los caracteres.

A partir de TNT se obtuvieron dos cladogramas consenso, ambos fueron tratados independientemente, por lo que en cada cladograma se identificaron las áreas de endemismo, se identificaron los taxones y las OGUs que conformaron cada una de éstas áreas.

Para observar el ajuste geográfico de la distribución de las especies se proyectó en el SIG ArcView 3.1 el mapa del polígono del área de estudio, seleccionando de éste las OGUs que integraron a cada una de las ramas, para crear el polígono correspondiente a cada área de endemismo.

Resultados

A partir de la identificación de las sinapomorfias geográficas se obtuvo una lista final de especies, la cual se encuentra compuesto por 46 especies y que se muestra a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tabla de taxones con su índice de consistencia obtenido del árbol consenso de cuencas.

Identificador de taxones	Nombre del taxón	CI
2	<i>Hesperoyucca whipplei</i>	33
3	<i>Yucca valida</i>	100
4	<i>Bursera cerasifolia</i>	50
5	<i>Bursera epinnata</i>	50
6	<i>Bursera filicifolia</i>	33
7	<i>Bursera hindsiana</i>	100
9	<i>Cochemiea pondii</i>	33
10	<i>Cochemiea poselgeri</i>	50
11	<i>Cochemiea setispina</i>	33
12	<i>Cylindropuntia acanthocarpa</i>	33
17	<i>Cylindropuntia cholla</i>	50
20	<i>Cylindropuntia munzii</i>	33
21	<i>Cylindropuntia prolifera</i>	50
22	<i>Cylindropuntia ramosissima</i>	100
24	<i>Cylindropuntia tesajo</i>	50
26	<i>Echinocereus engelmannii</i>	50
28	<i>Echinocereus maritimus</i>	100
29	<i>Echinocereus pensilis</i>	100
30	<i>Echinocereus triglochidiatus</i> <i>subsp.pacificus</i>	100
32	<i>Ferocactus acanthodes</i>	50
33	<i>Ferocactus columnaris</i>	100
36	<i>Ferocactus gracilis</i>	33
37	<i>Ferocactus peninsulae</i>	100
38	<i>Ferocactus rectispinus</i>	50

39	<i>Ferocactus townsendianus</i>	100
41	<i>Lophocereus gatesii</i>	100
42	<i>Mammillaria albicans</i>	100
45	<i>Mammillaria brandegeei</i>	100
46	<i>Mammillaria capensis</i>	100
48	<i>Mammillaria dioica</i>	50
49	<i>Mammillaria evermanniana</i>	100
50	<i>Mammillaria glareosa</i>	100
52	<i>Mammillaria hutchisoniana</i>	100
53	<i>Mammillaria insularis</i>	100
54	<i>Mammillaria peninsularis</i>	100
55	<i>Mammillaria schumanni</i>	33
56	<i>Mammillaria tatrancistra</i>	100
58	<i>Myrtillocactus cochal</i>	100
60	<i>Opuntia littoralis</i>	50
61	<i>Opuntia oricola</i>	33
62	<i>Opuntia pycnantha</i>	33
63	<i>Opuntia tapona</i>	100

Para el procedimiento de celdas de 0.5° X 0.5° se resolvieron 19 árboles, por lo que se decidió hacer uno de consenso, el cual obtuvo: L=346, Ci= 19, Ri= 47 (Figura 3), para el procedimiento de cuencas resolvieron 99 árboles, razón por la cual se hizo el consenso que obtuvo: L=218, Ci= 30, Ri= 48 (Figura 4). Al momento de comparar las áreas obtenidas de ambos cladogramas de consenso, a través de la inclusión de los taxones sinapomórficos que soportaban a cada área identificada, se observó que en el cladograma de cuencas se identifican tres áreas de endemismo soportadas por un mayor número de sinapomorfías geográficas (37) mientras que el cladograma de celdas solo 11 sinapomorfías geográficas le dieron soporte a las cuatro áreas que se identificaron. Razón por la cual se decidió elegir los resultados obtenidos para cuencas, como los más adecuados para describir los patrones de endemismos en la PBC.

En el cladograma de consenso de cuencas se identificaron, de acuerdo con su ci, 37 taxones informativos dando soporte a tres áreas de endemismo: (1) California, dentro de ésta área se distribuyen de manera restringida cuatro

taxones *Cylindropuntia californica*, *C. prolifera*, *Ferocactus viridescens* y *Opuntia oricola*; (2) Baja California, dentro de esta área se distribuyen de manera restringida siete taxones (*Cylindropuntia ramossisima*, *C. sanfelipensis*, *Echinocereus maritimus*, *Ferocactus acanthodes*, *F. gracilis*, *Fouquieria columnaris* y *Mammillaria glareosa*); y (3) La Giganta, dentro de esta área se distribuyen de manera restringida 25 taxones (*Bursera hindsiana*, *B. filicifolia*, *B. epinnata*, *Cochemiea halei*, *C. pondii*, *C. poselgeri*, *C. setispina*, *Cylindropuntia alcahes*, *C. calmalliana*, *C. lindsayi*, *C. molesta*, *Echinocereus brandegeei*, *Ferocactus diguetii*, *F. gatesii*, *F. peninsulae*, *F. rectispinus*, *F. townsendianus*, *Fouquieria burgei*, *F. digettii*, *Mammillaria armillata*, *M. capensis*, *M. evermanniana*, *M. insularis*, *Opuntia pycnacantha*, *O. tapona*).

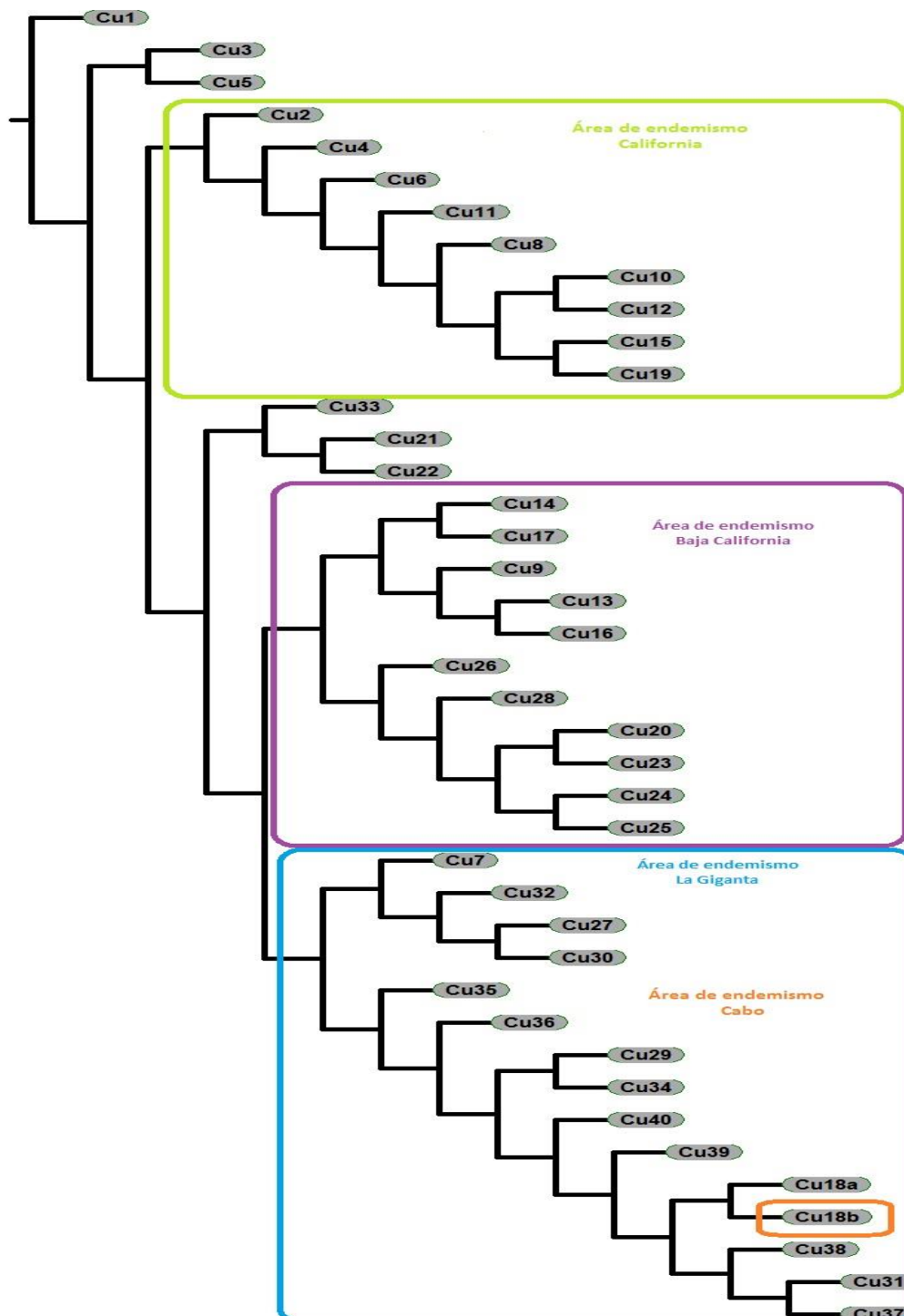
A partir del análisis de integración geográfica visualizado en ArcView 3.1 se identificó un área más, ubicada en la parte sur de Baja California Sur, específicamente en la zona del Cabo por lo que se nombró AE Cabo. Dicha área de endemismo se delimitó pese a no ser identificada por el PAE, ya que en ella se distribuyen de manera restringida y simpátrida nueve taxones: *Bursera cerasifolia*, *Echinocereus pensilis*, *Mammillaria albicans*, *M. cerralboa*, *M. peninsularis*, *M. schumannii*, *M. verhaertiana*, *Opuntia bravoana* y *Pachycereus pecten-aboriginum*.

Figura 3. Árbol consenso de celdas obtenido en TNT.



Cada recuadro representa las celdas que definieron a cada área de endemismo.

Figura 4. Árbol consenso de cuencas obtenido en TNT.



Cada recuadro representa las cuencas que definieron a cada área de endemismo.

Una vez identificados las ramas con soporte, con más de dos sinapomorfías, la delimitación de áreas de endemismos se ajusto eliminando a aquellas cuencas que, si bien son incluidas por PAE como parte del área de endemismo, la distribución de los taxones dentro de ella es marginal (Figura 5). Por último se elaboraron los mapas de cada una de las tres áreas de endemismo que se identificaron para el PAE de cuencas y el área del Cabo, donde se puede apreciar el ajuste distribucional de las especies que los conforman (Figura 6, 7, 8, 9).

Figura 5. Mapa de las cuencas que conforman el polígono final del área de estudio.

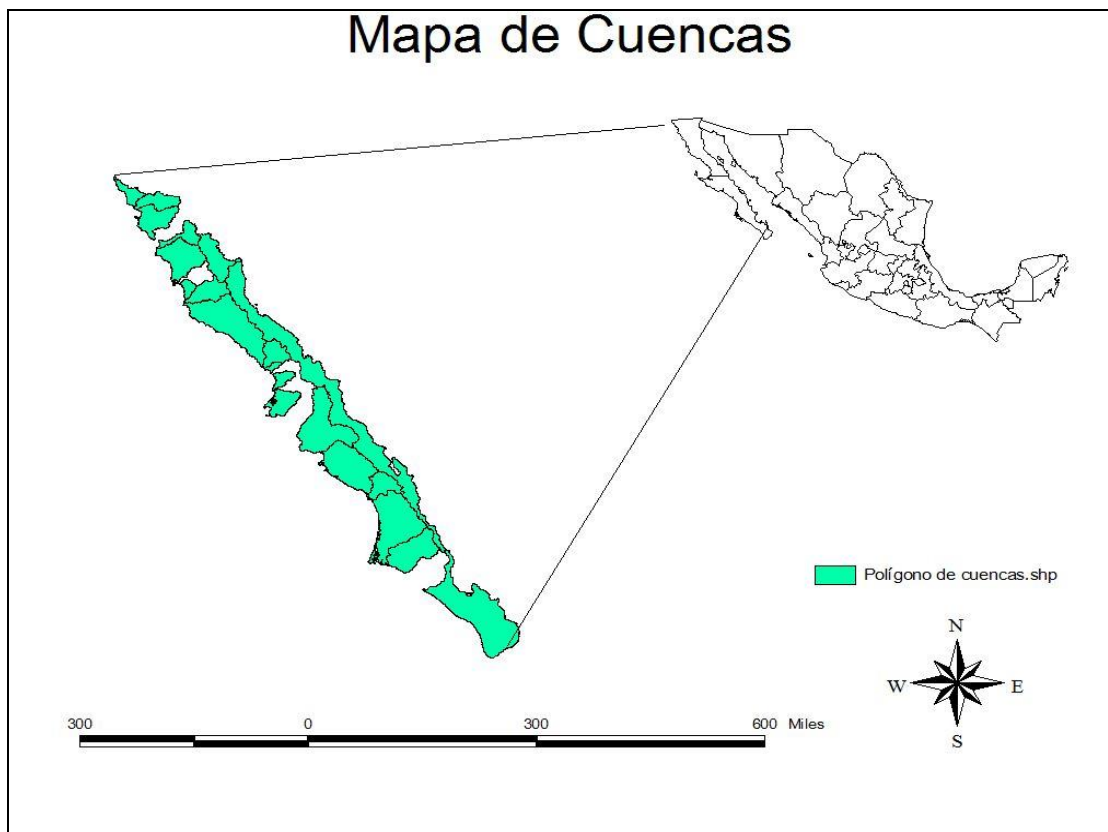


Figura 6. Mapa del área de endemismo California y de las especies que la definen.

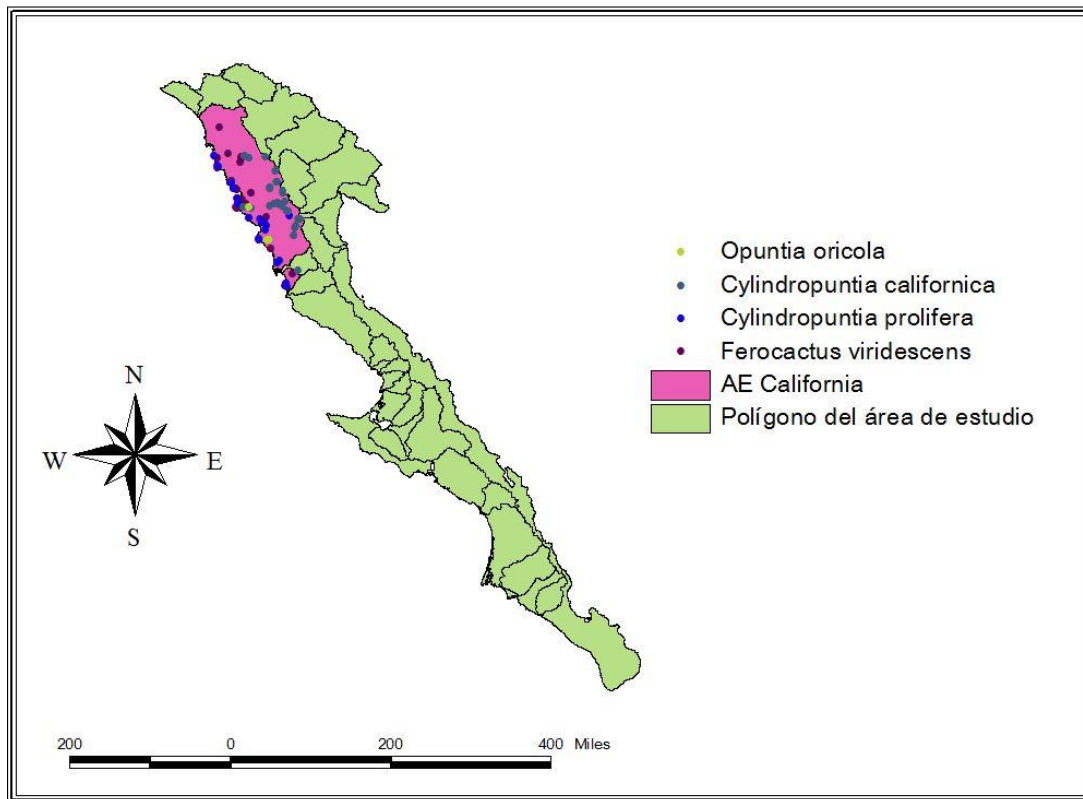


Figura 7. Mapa del área de endemismo Baja California y de las especies que la definen.

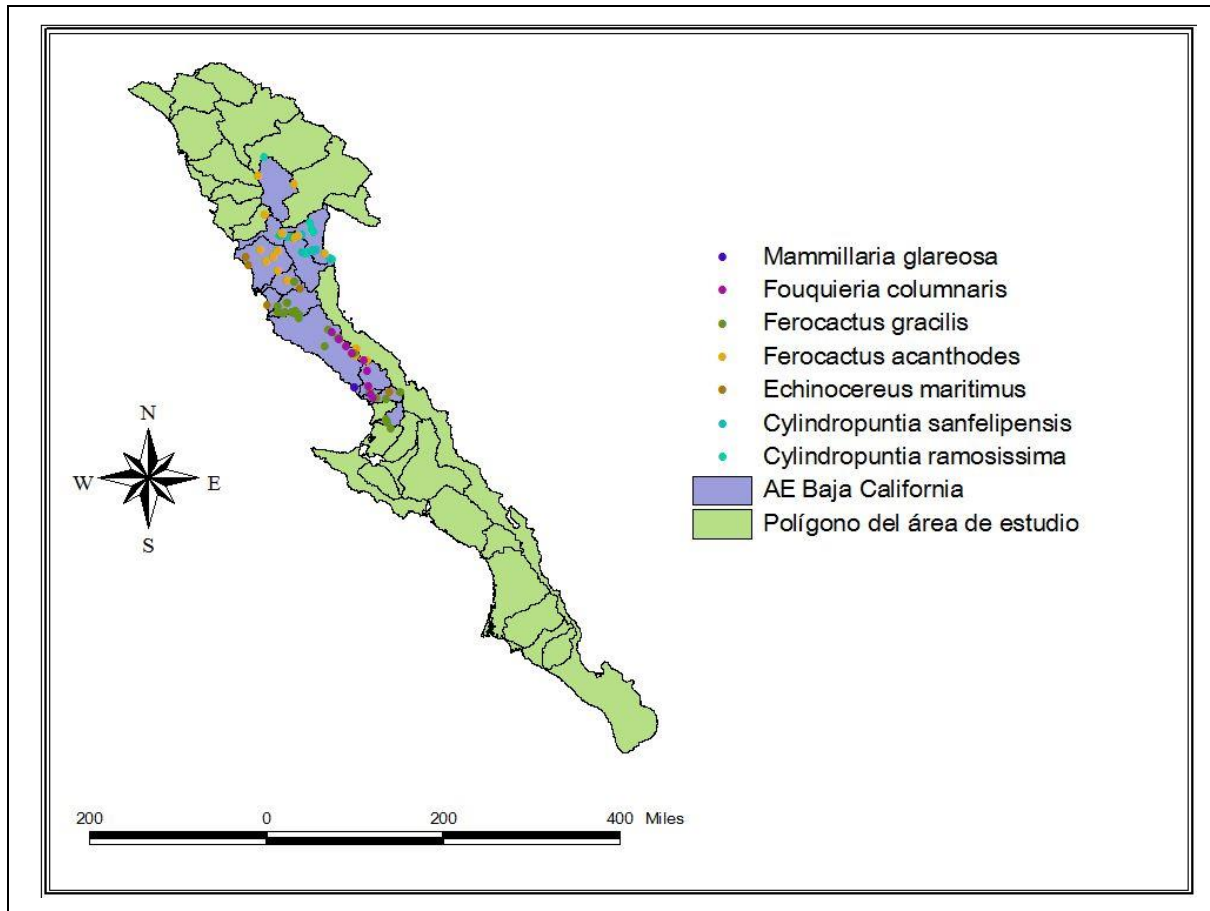


Figura 8. Mapa del área de endemismo La Giganta y de las especies que la definen.

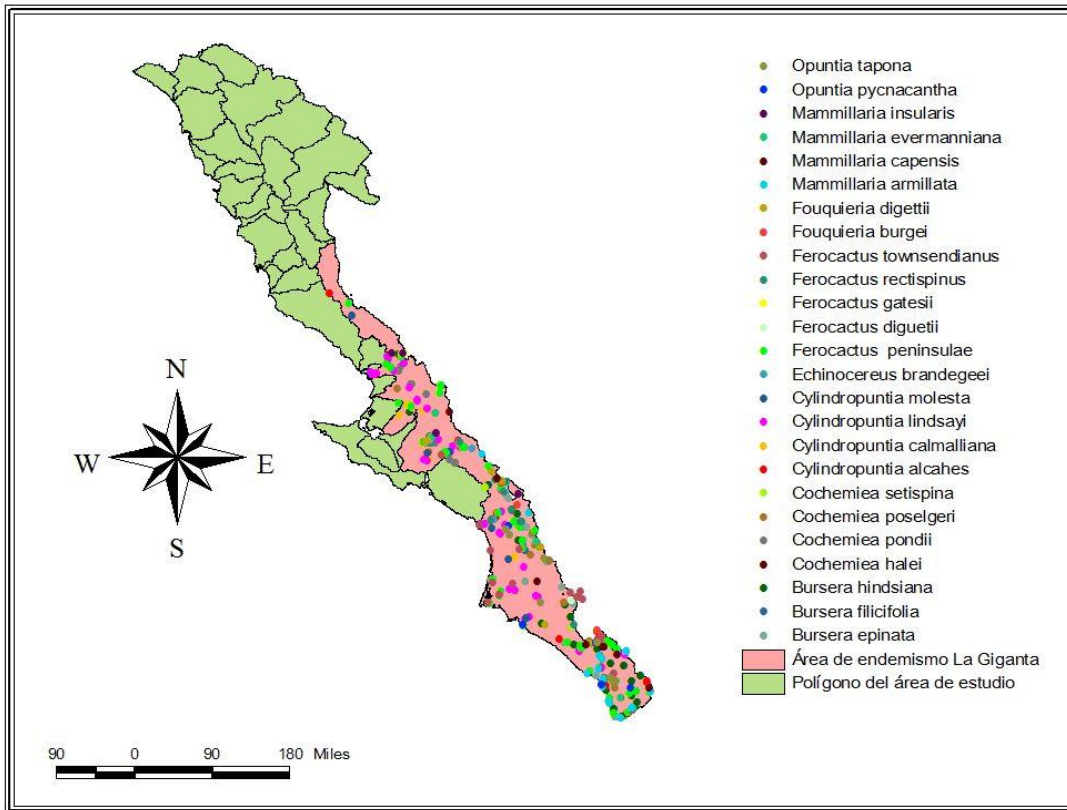
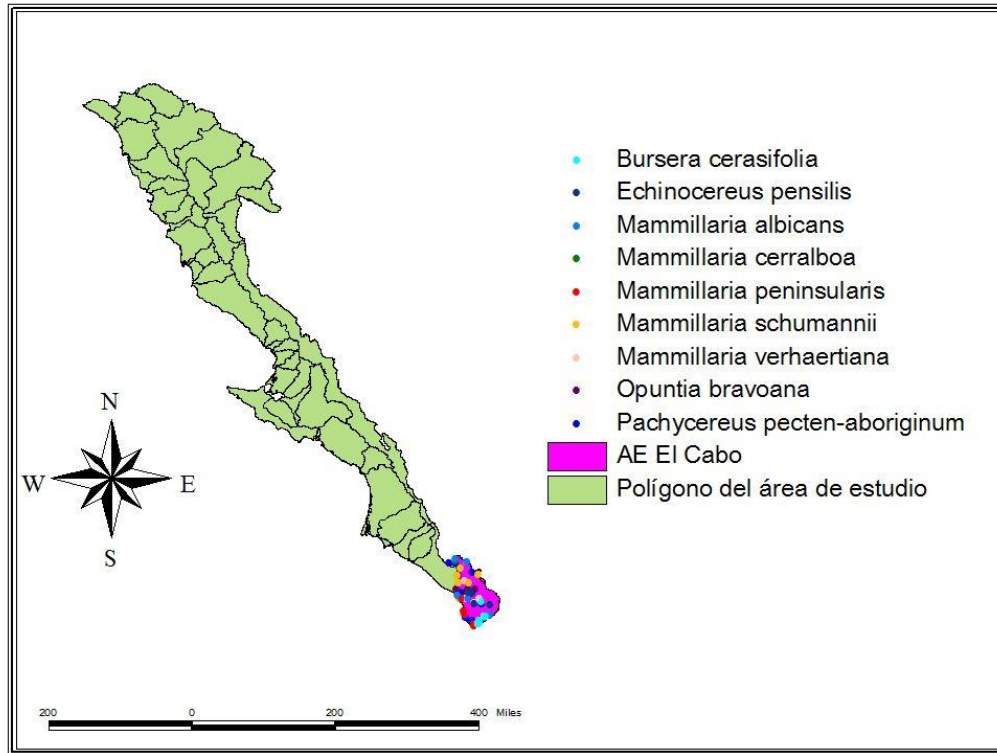


Figura 9. Mapa del área de endemismo Cabo y de las especies que la definen.



Discusión

Se identificaron cuatro AE, California, Baja California, La Giganta y Cabo con Análisis de Parsimonia de Endemismos, el cual resultó adecuado para la identificación de los patrones de distribución de la vegetación de la Península de Baja California. Sin embargo los resultados obtenidos con las OGUs empleadas en el análisis, celdas y cuencas, fueron distintos. Las primeras identificaron áreas con bajo soporte en relación a los taxones que las representan, mientras que con cuencas se logró identificar cuatro áreas de endemismo, soportadas por un total de 46 taxones endémicos, más de la mitad de los taxones empleados en el análisis, es decir, resolvió mejor que celdas.

Lo anterior pudiera estar relacionado con el carácter natural de estas unidades, ya que son producto de los eventos histórico/geológico a los cuales ha estado sometida el área; los cuales fueron un factor determinante en la riqueza de los endemismos vegetales de la PBC, además de que determinan el patrón de drenaje, el cual a su vez modela gran parte de la distribución de la vegetación (Rzedowski, 1973).

Por otra parte, al ser una unidad artificial, las celdas tienen una mayor carga de subjetividad, en donde el tamaño y la forma limitan el alcance del análisis. En el caso específico de la península de Baja California, la forma de las celdas resulta ser inadecuada, ya que el área es alargada y gran parte de ellas representan pequeños fragmentos de terreno, siendo un modelo poco adecuado dado la forma del área. Mientras que las cuencas, al ser un rasgo propio del terreno, tienen un menor grado de subjetividad, en el que pese a que las dimensiones de las cuencas son distintas, estas diferencias no son un artefacto metodológico sino la naturaleza misma del área (Morrone y Escalante, 2002). Cada AE identificada en este trabajo cuenta con distintos elementos debido a la historia geológica/ecológica de la zona y de los taxones empleados. Así el AE California es la única que tiene contacto con la parte continental y es al mismo tiempo la que menor número de especies endémicas exhibe, ésta área tiene un menor efecto de insularidad asociado al contacto que mantiene con el continente y a eventos actuales-recientes de intercambio

con el desierto de Sonora, Mojave y California. El AE California está soportada únicamente por taxones de cactáceas, lo cual pudiera estar relacionado al hecho de que las cactáceas poseen tiempos de diversificación que comprende un periodo de tiempo más amplio -los últimos 16 Ma (Arakaki *et al.*, 2011).

AE Baja California, posee un tamaño de área relativamente similar a la del AE California, no tiene contacto directo con la parte continental, el tipo de clima que muestra es significativamente más árido que el del resto de la península y al sur se encuentra delimitada por la presencia la cordillera del Vizcaíno, por lo que el aislamiento de esta AE con toda la porción sur de la península, pudiera estar ligado barreras de tipo geográfico (cordillera del Vizcaíno y distintos eventos de transgresión del océano) y ecológico, siendo la zona del Vizcaíno la más árida (Riddle y Hafner, 2006). Las especies que soportan a esta área son prácticamente cactáceas.

La Giganta es el EA con mayor dimensión y mayor número de especies, se encuentra limitada al norte por el Desierto del Vizcaíno; según Riddle y Hafner (2006) esta zona debió fungir como refugio para la biota durante los distintos pulsos fríos del último periodo glacial. Lo anterior, aunado al efecto de insularidad y separación del continente, pudiera explicar el elevado número de endemismos y la diversidad de los mismos, ya que esta área es soportada por 25 especies pertenecientes a tres de las cuatro familias analizadas (cactáceas, burseras y fouquierias).

Cabo, es al área con mayor grado de aislamiento del continente, el efecto de los factores de aislamiento del resto de las AE se ve sumado a la presencia de la Sierra la Giganta, pese a ser el AE con menor superficie, la riqueza relativa de especies endémicas es mayor. Esta área se encuentra soportada por nueve especies de bursera y cactáceas.

La distribución de las especies endémicas empleadas muestran un claro gradiente de diversidad norte-sur en las AE (cuatro especies en California, ocho en Baja California, 25 en la Giganta y nueve en el Cabo), siendo el AE la Giganta la de mayor área y Cabo la más pequeña. Este mismo gradiente se observa en la distribución de especies endémicas con aves (Rojas-Soto, 2003) y reptiles (Ocho y Flores-Villela, 2006), trabajos en los cuales se encontró

mayor abundancia de especies al sur de la PBC. Dicho patrón pudiera estar relacionado a los siguientes fenómenos: el gradiente latitudinal de la península, el tamaño de las áreas y el grado de aislamiento de los terrenos, es decir la insularidad, además los eventos geológicos del área de estudio dieron origen a fallas, que en su mayoría se encuentran dispuestas en dirección noroeste-sureste y asociadas al surgimiento de cuencas. Estas fallas son las que vinculan la región de norte sur, dando origen a un gradiente de diversidad.

De-Nova et al. (2011), argumentan que los linajes restringidos a climas áridos en México son resultado de procesos históricos de aislamiento, donde los linajes evolucionaron rápidamente generando nuevas especies; lo cual explicaría los resultados aquí obtenidos (gradiente de diversidad norte-sur y oeste-este) en donde a mayor grado de aislamiento o efecto de insularidad, mayor la riqueza de endemismos. El efecto del aislamiento que se observa en las AE identificadas en este trabajo, se encuentra relacionado con los siguientes eventos geológicos que dieron origen a la formación de la PBC: 1) separación de la parte norte de la PBC en el Mioceno medio (15 Ma), la parte sur (Cabo) se mantuvo unida al continente hasta el Plioceno tardío (4.5 Ma), esto pudiera explicar que esta zona tenga más especies y que el factor aislamiento sea diferente entre la parte norte y sur; 2) formación de la Giganta y de las cordilleras del sur hace 12 Ma durante el Mioceno tardío; 3) transgresiones de aguas marinas hacía el norte de la PBC en el Pleistoceno temprano (2.6 Ma); y 4) el establecimiento del Vizcaíno durante el Pleistoceno medio (1.8 Ma) (Riddle y Hafner, 2006).

González-Abraham (2010) menciona que este gradiente (N-S) es producto de la presencia de clima templado en el noroeste y tropical en el sur. Lo anterior, aunado a la presencia del desierto del Vizcaíno, una extensa región árida de transición en el centro de la península que ha sido objeto de cambios geológicos y climáticos, el cual alcanzó su máxima extensión hacía el Pleistoceno temprano (2.6 Ma), una vez ocurrida la transgresión de las aguas marinas hacía el norte (Riddle y Hafner, 2006). Por dichos eventos es hasta el Pleistoceno medio (1.8 Ma) que distintos taxones comienzan a ocupar esta zona, lo que generó la extensa zona de transición. Este gradiente se observa

en las AE identificadas en este trabajo, ya que las AE California y Baja California (ubicadas en el norte de la PBC) son las que presentan menos especies endémicas que las soporten, mientras que las AE La Giganta y Cabo (sureste de la PBC) presentan más especies endémicas.

Otro gradiente de diversidad que se identificó es oeste-este, el cuál pudiera estar asociado a la combinación que existe entre una cadena montañosa distribuida intermitentemente a lo largo de la PBC con esta orientación (Sierra la Giganta), la cual comienza a formarse hace 20 Ma y adquiere su configuración actual hace aproximadamente 12 Ma durante el Mioceno medio funcionando como barrera de aislamiento y la influencia de dos masas de agua marina (fría en el Pacífico, cálida en el Golfo de California). Estos dos factores y el hecho de que los últimos 6 Ma las aguas del Golfo de California han separado a la PBC de tierra continental (Robles-Gil *et al.*, 200) pudieran explicar la conformación geográfica y el número de taxones que le dan soporte al AE La Giganta identificada en este trabajo, ya que en la parte este de la PBC existe una mayor estabilidad climática y una mayor disponibilidad de humedad.

Para el patrón N-S consideramos que los factores de mayor relevancia sean el grado de aislamiento en combinación con el tamaño del área, dada la historia geológica de la zona y las características ambientales históricas de las áreas, tales como los once eventos de glaciación y su alternancia con los periodos interglaciares (Richmond y Fullerton, 1986). Mientras que el patrón O-E pudiera estar asociado a la formación de la falla de San Andrés durante el Mioceno medio (15 Ma), las inundaciones que sufrió el área desde el Plioceno ($4.5 \text{ Ma} \pm 0.5$) hasta el Pleistoceno temprano (2.5 Ma) (Riddle y Hafner, 2006) y la orientación de las cordilleras; por estas razones se esperaría encontrar este mismo patrón en otros grupos.

Por otro lado, los resultados aquí obtenidos sugieren que la unidad de análisis empleada, las cuencas, es un recurso de gran valía para realizar este tipo de trabajos, además de que éstos muestran similitudes con otros trabajos. Ejemplo de esto, son las AE La Giganta y El Cabo, las cuales coinciden con las definidas en el trabajo de Rojas-Soto (2003), quienes obtienen un esquema de

AE sucesivamente anidadas en donde las AE se van agregando de sur a norte y de este a oeste, es importante mencionar que este patrón no corresponde a nuestros resultados, ya que las AE aquí delimitadas muestran una clara distinción entre norte y sur generada por la presencia del Vizcaíno; además de que el anidamiento de Rojas-Soto (2003) resulta ser poco robusto debido al bajo número de taxones empleados. Por su parte Morrone (2005) y Espinosa-Organista *et al.* (2008), coinciden en que el Cabo es un área importante en la distribución de los taxones endémicos.

Conclusiones

- La flora endémica de la PBC son elementos bióticos que ayudan a la reconstrucción de los patrones biogeográficos.
- Las cuencas son una unidad geográfica de análisis adecuada, debido a su carácter natural que corresponde a la historia geológica y biótica de la PBC y a que definen el patrón de drenaje, el cual limita los patrones de distribución de la flora de la PBC; la suma de lo anterior minimiza el grado de subjetividad que implica el uso de OGUs.
- La flora endémica de la PBC analizada muestra un patrón norte-sur, posiblemente asociado con el grado de aislamiento, el tamaño del área y las características ambientales históricas.
- La flora endémica de la PBC tiene un patrón oeste-este posiblemente asociado a la formación de la falla de San Andrés, las inundaciones que sufrió el área desde el Plioceno hasta el Pleistoceno temprano y la orientación de las cordilleras.
- El AE Cabo muestra similitudes con otras áreas encontradas en otros grupos taxonómicos, lo que sugiere que ésta es un área que debido a su grado de aislamiento ha funcionado como refugio para las especies.
- Aunque el PAE resulto ser un método adecuado para el reconocimiento de áreas de endemismo, se debe hacer mención que posiblemente el empleo de otras herramientas como el modelado de las áreas de distribución de las especies analizadas, permitan la identificación de otra AE que por problemas resolutivos del PAE o por sesgos en los muestreos el PAE no fue capaz de resolver.

Perspectivas

- Es conveniente ampliar este análisis con otros taxones vegetales endémicos a la PBC, como por ejemplo los sugeridos por Organista *et al.* (2008).
- La inclusión de otros taxones como mamíferos, reptiles, aves considerando los tiempos de diversificación de las especies que se incluyan, para así poder obtener una relación histórica con procesos geológicos/climáticos.
- Integrar al PAE aquí realizado Panbiogeografía y Biogeografía Cladista para entender la historia biogeográfica del área de estudio.

Referencias

Arakaki, M., Pascal-Antoine, C., Lendel, A., Eggli, Urs., Ogburn, M., Spriggs, Elizabeth, Moore, M., Edwards, J. 2011. Contemporaneous and recent radiations of the world's major succulent plant lineages. *PNAS*. 108:8379-8384.

Aguayo, J., E. Trápaga, R. 1996. Tectónica actual de México. En: Geodinámica de México y minerales del mar. Fondo de Cultura Económica. México.

Brown, J. H. y M. V. Lomolino. 1998. *Biogeography*, 2ª. ed., Sinauer Associates, Inc. Pub. Sunderland.

Case, T., J., Cody, M., Ezcurra, E. 2002. A New Island Biogeography of the Sea of Cortes. United States of America. Oxford University press. 690

Cox, C. Y P. Moore.1993. *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. London, UK.

Crisci, J. V. 2001. The voice of historical biogeography. *Journal of Biogeography*. 28: 157-168.

Croizat, L. 1964. Space, Time, Form. The Biological Synthesi. Caracas.

Delgado, A. L. 2000. Evolución tectónica y magmatismo Neógeno de la margen oriental de Baja California Central. Tesis doctoral. 167 p.

Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz, and N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography*. 29:129-151.

Escalante, E. T. 2003. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM.

Escalante, T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80:551-560.

Escalante, T. 2011. De cómo el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) tampoco explica la selección natural. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1057-1059.

Espinosa-Organista, D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías conceptos, métodos y aplicaciones. *Las prensas de Ciencias*, UNAM, México. 31-37.

Espinosa, D., S. Ocegueda. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 33-65.

Flores-Villela, O., Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. INIREV. Conservación Internacional, México.

Graham, J.R. Biogeographic homology. *Rivista di Biologia*. 81:577-587.

Goloboff, P.A., Farris, J.S. and Nixon, K.C. 2008. TNT, a free program for phylogenetic analysis. *Cladistics*. 24: 774-786.

González-Abraham, C., Garcillán, P., Ezcurra, E. 2010. Ecorregiones de la península de Baja California: una síntesis. Boletín de la Sociedad Botánica de

México. 87: 69-82.

Guisan A, Zimmermann NE. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135: 147–186.

Guzmán, Ulises., S. Arias.,P, Dávila. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Hafner, D.J., B. R. Riddle. 1997. Biogeography of Baja California Peninsular Desert mammals. En: Life among the muses: papers in honor of James S. Findley. Albuquerque, Nuevo México. 39-68.

Halffter, G. 1987. Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology*. 32: 95-114.

Harold, A.S., Mooi, R.D. 1994. Areas de Endemism: Definition and Recognition Criterio. *Systematic Biology*. 42 (2): 261-266.

Henrickson, J. 1972. Taxonomic revision of the Fouquieriaceae. *Aliso* 7 (4): 439-537.

Hochstätter, F. 2000. Yucca: in the Southwest and Midwest of the USA and Canada. Germany.

Illoldi, R., P., Linaje, M., Sánchez-Cordero, V., 2002. Distribución de los mamíferos terrestres en la Región del Golfo de California, México. *Serie Zoología*. 73(2):213-224.

Illoldi, R., Escalante, T. 2008. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía* 3. 7-12.

Kluge, A. G. y J. S. Farris. 1969. Quantitative phyletics and the evolution of anurans. *Syst. Zool.* 18: 1-32.

Méndez, L. I., Ortiz, E., Villaseñor, L., 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Serie Botánica.* 75(1): 87-104.

Méndez, L. I., Villaseñor, J.L., Lira, R., Morrone J., Dávila, P. y Ortiz, E. 2005. Towar the identification of a score zone in the Tehuacan-Cuitlacán Biosphere reserve, Mexico, based on Parsimony Analysis of Endemicity of flowering plants species. *Interciencia.* 30 (5) 267-274.

Morrone, J. J. 1994. On the identification of areas of endemism. *Syst. Biol.* 43: 438-441.

Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1995. Historical biogeography: introduction to methods. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics.* 26:373-40.

Morrone, J. J. 2001a. Biogeografía, evolución, homología. Algunas reflexiones en torno a la biología evolutiva. *Boletín de la Sociedad Entomológica Argentina.* 17 (2) 5-10.

Morrone, J. J. 2001b. Homology, biogeography and areas of endemism. *Diversity and Distributions.* 7:297-300.

Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 76 (2) 207-252.

Morrone, J.J. 2007. Hacia una biogeografía evolutiva. *Revista Chilena de Historia Natural.* 80:509-520.

Nixon, K. C. 1999. WinClada ver. 1.0000 Published by the author, Ithaca, NY,

USA.

Pellmyr, O., and J. Leebens-Mack. 1999. Forty million years of mutualism: evidence for Eocene origin of the yucca-yucca moth association. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, USA 96:9178-9183.

Platnick, N.I. 1991. On areas of endemism. *Syst. Bot.* 4.

Rapoport, H. E. 1975. Areografía: estrategias geográficas de las especies, Fondo de Cultura Económica, México.

Richmond, G., M. Fullerton, D., S. 1986. Summation of quaternary glaciations in the United States of America. *Quaternary Science Reviews*.

Riddle, B. R., Hafner, D. 2006. Biogeografía Histórica de los desiertos cálidos de Norteamérica. *Genética y mamíferos mexicanos: presente y futuro*. New Mexico Museum of natural history and science. 32:57-65

Rojas-Soto, O., Alcántara-Ayala y A. G. Navarro-Sigüenza. 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.

Rosen, B. R. Smith, A. B. 1988. Tectonics from fossils? Analysis of reef-coral and sea-urchin distributions from late Cretaceous to Recent, using a new method. *Godwana and Tethys Geological Society Special*. 37: 275-306

Rusell A., Goettsch C., 1992. La importancia de la diversidad biológica de México.

Rzedowski, J. 1966. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. *Acta científica Potosina*. 5(1-2):5-291.

Rzedowski, J. 1992a. "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México". *Acta Botánica Mexicana*. 14: 3-21.

Rzedowski, J. 1992b. El endemismo en la Flora Fanerogámica Mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Zoológica mexicana*, vol especial. *La diversidad Biológica de Iberoamérica*.337-359.

Rzedowski, J. 2006. 1ra. Vegetación de México: relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 5: 75-103.

Sarukhán, J., et al. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Savage J. M. 1982. The enigma of the Central American herpetofauna: dispersals or vicariance. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69:464-547.

Schonenberger, J. A. 2005. Grenhagen. Early floral development and androecium organization in Fouquieriaceae (Ericales). *Plant Systematics and Evolution*. 254: 233-249.

Villaseñor J.L. 2003.Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*. 28: 160-167.

Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press.1040p.

Referencias electrónicas

Gobierno de la República, SEMARNAT. CONAGUA. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/ocpbc/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=91c0d192-f46d-4e35-8ce6-60d9dba287a1|Conócenos|1|0|0|0|0>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011, 28 noviembre). Recuperado de: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/bcs/rh.cfm?c=444&e=03>

Portal de Baja California. Gobierno del Estado. (2011, 23 octubre). Recuperado de: http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/historia/baja_california.jsp

World Wildlife Fund (2012, 21 marzo), Programa México. Recuperado de: <http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions/item1847.html>

Anexos

Anexo 1. Tablas de especies endémicas a la PBC.

Especies endémicas a la PBC que se emplearon

Especies de plantas
<i>Cochemia halei</i>
<i>Cochemia pondii</i>
<i>Cochemia poselgeri</i>
<i>Cochemia setispina</i>
<i>Cochemiea poselgeri</i>
<i>Cylindropuntia acanthocarpa</i>
<i>Cylindropuntia alcahes</i>
<i>Cylindropuntia bigelovii</i>
<i>Cylindropuntia californica</i>
<i>Cylindropuntia calmalliana</i>
<i>Cylindropuntia cholla</i>
<i>Cylindropuntia lindsayi</i>
<i>Cylindropuntia molesta</i>
<i>Cylindropuntia munzii</i>
<i>Cylindropuntia prolifera</i>
<i>Cylindropuntia ramosissima</i>
<i>Cylindropuntia sanfelipensis</i>
<i>Cylindropuntia santamaria</i>
<i>Cylindropuntia tesajo</i>
<i>Echinocereus barthelowanus</i>
<i>Echinocereus brandegeei</i>
<i>Echinocereus emoryi</i>
<i>Echinocereus engelmannii</i>
<i>Echinocereus ferreirianus</i>
<i>Echinocereus grandis</i>
<i>Echinocereus lindsayi</i>
<i>Echinocereus maritimus</i>
<i>Echinocereus pacificus</i>
<i>Echinocereus pensilis</i>
<i>Ferocactus acanthodes tortulospinus</i>

<i>Ferocactus chrysacanthus</i>
<i>Ferocactus cylindraceus</i>
<i>Ferocactus diguetii</i>
<i>Ferocactus fordii</i>
<i>Ferocactus gatesii</i>
<i>Ferocactus gracilis</i>
<i>Ferocactus johnstonianus</i>
<i>Ferocactus peninsulae</i>
<i>Ferocactus rectispinus</i>
<i>Ferocactus townsendianus</i>
<i>Ferocactus viridescens</i>
<i>Fouquieria columnaris</i>
<i>Fouquieria burgei</i>
<i>Fouquieria digettii</i>
<i>Mammillaria albicans</i>
<i>Mammillaria armillata</i>
<i>Mammillaria blossfeldiana</i>
<i>Mammillaria brandegeei</i>
<i>Mammillaria capensis</i>
<i>Mammillaria cerralboa</i>
<i>Mammillaria dioica</i>
<i>Mammillaria evermanniana</i>
<i>Mammillaria goodridgii</i>
<i>Mammillaria hutchisoniana</i>
<i>Mammillaria insularis</i>
<i>Mammillaria phitauiana</i>
<i>Mammillaria verhaertiana</i>
<i>Myrtillocactus cochal</i>
<i>Opuntia basilaris</i>
<i>Opuntia bravoana</i>
<i>Opuntia littoralis</i>
<i>Opuntia oricola</i>
<i>Opuntia pycnantha</i>
<i>Opuntia tapona</i>
<i>Pachycereus gatesii</i>
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>
<i>Pachycereus pringlei</i>
<i>Pachycormus discolor</i>

<i>Peniocereus johnstonii</i>
<i>Stenocereus eruca</i>
<i>Stenocereus gummosus</i>
<i>Stenocereus thurberi</i>
<i>Bursera cerasifolia</i>
<i>Bursera filicifolia</i>
<i>Yucca schidigera</i>
<i>Yucca whipplei eremica</i>
<i>Yucca valida</i>
<i>Yucca</i>

Anexo 2. Tabla de las especies endémicas con su codificador

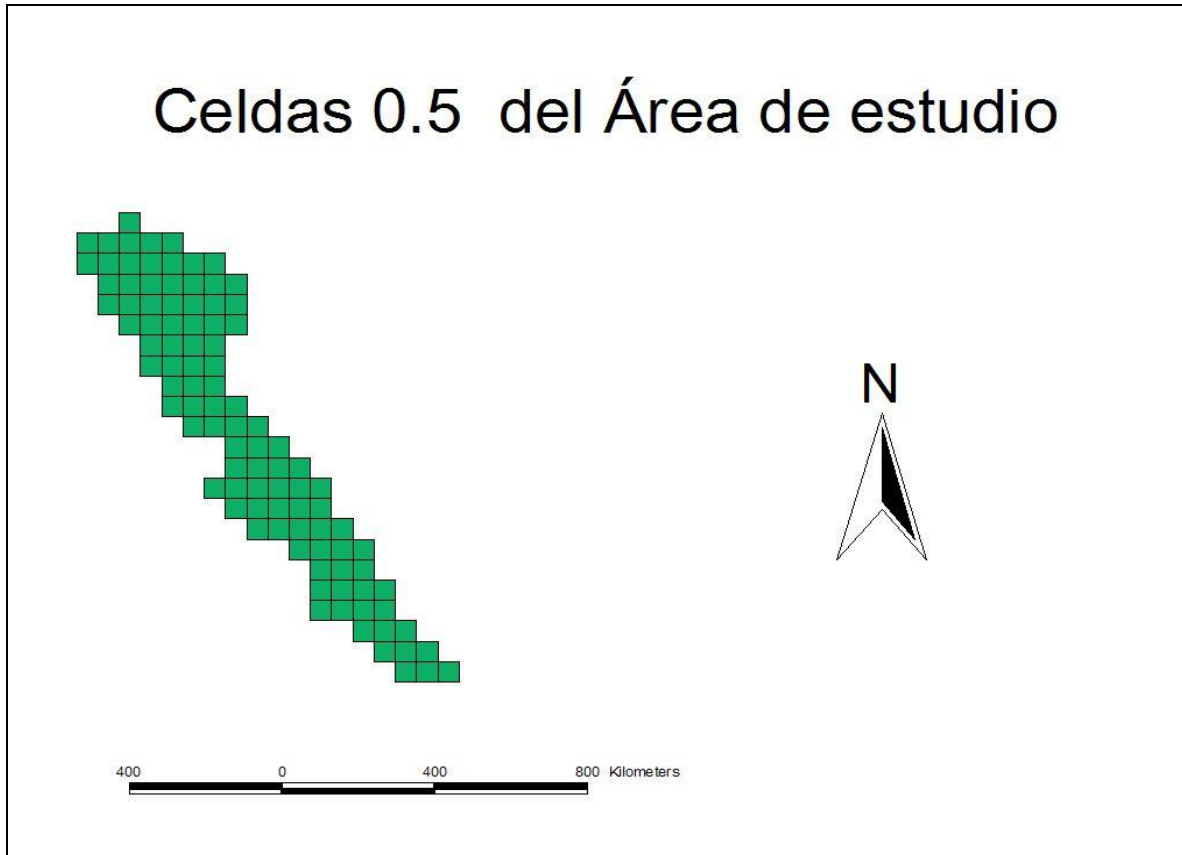
Listado de especies empleados en la matriz del PAE con su codificador

Identificador de taxones	Nombre del taxón
1	<i>Yucca schidigera</i>
2	<i>Hesperoyucca whipplei</i>
3	<i>Yucca valida</i>
4	<i>Bursera cerasifolia</i>
5	<i>Bursera epinnata</i>
6	<i>Bursera filicifolia</i>
7	<i>Bursera hindsiana</i>
8	<i>Cochemiea halei</i>
9	<i>Cochemiea pondii</i>
10	<i>Cochemiea poselgeri</i>
11	<i>Cochemiea setispina</i>
12	<i>Cylindropuntia acanthocarpa</i>
13	<i>Cylindropuntia alcahes</i>
14	<i>Cylindropuntia bigelovii</i>
15	<i>Cylindropuntia californica</i>
16	<i>Cylindropuntia calmalliana</i>
17	<i>Cylindropuntia cholla</i>
18	<i>Cylindropuntia lindsayi</i>
19	<i>Cylindropuntia molesta</i>
20	<i>Cylindropuntia munzii</i>
21	<i>Cylindropuntia prolifera</i>
22	<i>Cylindropuntia ramosissima</i>
23	<i>Cylindropuntia sanfelipensis</i>
24	<i>Cylindropuntia tesajo</i>
25	<i>Echinocereus brandegeei</i>
26	<i>Echinocereus engelmannii</i>
27	<i>Echinocereus ferreirianus</i>
28	<i>Echinocereus maritimus</i>
29	<i>Echinocereus pensilis</i>
30	<i>Echinocereus triglochidiatus</i> <i>subsp.pacificus</i>
31	<i>Ferocactus chrysacanthus</i>
32	<i>Ferocactus acanthodes</i>
33	<i>Ferocactus columnaris</i>
34	<i>Ferocactus diguetii</i>
35	<i>Ferocactus fordii</i>

36	<i>Ferocactus gracilis</i>
37	<i>Ferocactus peninsulae</i>
38	<i>Ferocactus rectispinus</i>
39	<i>Ferocactus townsendianus</i>
40	<i>Ferocactus viridescens</i>
41	<i>Lophocereus gatesii</i>
42	<i>Mammillaria albicans</i>
43	<i>Mammillaria armillata</i>
44	<i>Mammillaria blossfeldiana</i>
45	<i>Mammillaria brandegeei</i>
46	<i>Mammillaria capensis</i>
47	<i>Mammillaria cerralboa</i>
48	<i>Mammillaria dioica</i>
49	<i>Mammillaria evermanniana</i>
50	<i>Mammillaria glareosa</i>
51	<i>Mammillaria goodridgii</i>
52	<i>Mammillaria hutchisoniana</i>
53	<i>Mammillaria insularis</i>
54	<i>Mammillaria peninsularis</i>
55	<i>Mammillaria schumanni</i>
56	<i>Mammillaria tatrancistra</i>
57	<i>Mammillaria verhaertiana</i>
58	<i>Myrtillocactus cochal</i>
59	<i>Opuntia bravoana</i>
60	<i>Opuntia littoralis</i>
61	<i>Opuntia oricola</i>
62	<i>Opuntia pycnantha</i>
63	<i>Opuntia tapona</i>
64	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>
65	<i>Pachycereus pringlei</i>
66	<i>Pachycormus discolor</i>
67	<i>Stenocereus eruca</i>
68	<i>Stenocereus gummosus</i>
69	<i>Fouquieria burgei</i>
70	<i>Fouquieria columnaris</i>
71	<i>Fouquieria digettii</i>

De las 77 especies endémicas a las PBC que se incluyeron en la base de datos inicial, sólo se analizaron 71, debido a procesos de depuración de bases.

Anexo 3. Polígono del área de estudio (definido a partir de celdas de 0.5°)



Anexo 4. Tabla de cuencas que definieron al polígono de la PBC

Tabla de las cuencas pertenecientes a la Península de Baja California

Nombre de cuenca	Codificador de cuenca
Cu1	15949
Cu2	15959
Cu3	16000
Cu4	16024
Cu5	16062
Cu6	16095
Cu7	16116
Cu8	16123
Cu9	16139
Cu10	16181
Cu11	16223
Cu12	16252
Cu13	16270
Cu14	16281
Cu15	16324
Cu16	16325
Cu17	16404
Cu18a	16418A
Cu18b	16418B
Cu19	16436
Cu20	16437
Cu21	16449
Cu22	16451
Cu23	16522
Cu24	16761
Cu25	16877
Cu26	16888
Cu27	16957
Cu28	16976
Cu29	17052
Cu30	17094
Cu31	17129
Cu32	17155
Cu33	17179
Cu34	17192
Cu35	17203
Cu36	17395
Cu37	17572
Cu38	17684
Cu39	17968
Cu40	18063

Cu41	18096
------	-------

Anexo 5. Regiones hidrológicas de la PBC

Regiones hidrológicas de Baja California (BC)	Regiones hidrológicas de Baja California Sur (BCS)
<p>BC Noreste (Ensenada)</p> <p>Cuencas: A. Escopeta-C. San Fernando, A. Las Animas-A. Sto. Domingo, R. Tijuana-A. De Maneadero.</p> <p>BC Centro-Oeste (Vizcaíno)</p> <p>Cuencas: San Miguel-A. Del Vigia, A. Sta. Catarina-A. Rosario.</p> <p>BC Noreste (Laguna Salada)</p> <p>Cuencas: A. Agua Dulce-Sta. Clara, L. Salada- A. del Diablo.</p> <p>BC Centro-Este (Sta. Rosalía)</p> <p>Cuencas: A. Sta. Isable y otros, A. Calamajé y otros</p> <p>Río Colorado</p> <p>Cuencas: Bacanora-Mejorada, Río Colorado.</p>	<p>BC Centro-Oeste (Vizcaíno)</p> <p>Cuencas: L. San Ignacio- A. San Raymundo, San Miguel –A. Del Vigia</p> <p>BC Sur-Oeste (Magdalena)</p> <p>Cuencas: A. Caracol-A. Candelaria, A. Venancio- A. Salado, A. Mezquital-A. Comondú</p> <p>BC Centro-Este (Santa Rosalia)</p> <p>Cuencas: A. Patema- A. Mulagé, A. Santa Isabel y otros</p> <p>BC Sur-Este (La Paz)</p> <p>Cuencas: La Paz-Cabo San Lucas, Isla Coronados-Bahía La Paz, A. Frijol- A. San Bruno</p>

Los nombres marcados con negritas son las regiones hidrológicas (SEMARNAT, 20011