INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN

PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL

UNIDAD DURANGO

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL MEDIANTE ANÁLISIS BIOGEOGRÁFICOS DEL GÉNERO *Euphorbia* L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTA

MARÍA DEL PILAR PULIDO PUENTES

DIRECTORES:

DR. JESÚS GUADALUPE GONZÁLEZ GALLEGOS

DRA. MARTHA GONZÁLEZ ELIZONDO

Victoria de Durango, Dgo., Junio de 2017

SIP-14-BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **Durango, Dgo.** siendo las **10:20** horas del día **05** del mes de **junio** del **2017** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del: **CIIDIR-IPN Unidad Durango** para examinar la tesis titulada:

Identificación de áreas prioritarias para la conservación de la flora de la Sierra Madre Occidental mediante análisis biogeográficos del género *Euphorbia* L.

Presentada por el alumno:

PULIDO	**PUENTES**	**MARÍA DEL PILAR**
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)

Con registro:

B	1	5	1	0	0	1

aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron ***APROBAR LA TESIS***, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

DR. JESÚS GUADALUPE GONZÁLEZ GALLEGOS

DRA. MARTHA GONZÁLEZ ELIZONDO

DRA. MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO

M. EN C. IRMA LORENA LÓPEZ ENRÍQUEZ

DR. JORGE ALBERTO TENA FLORES

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL C.I.I.D.I.R UNIDAD DURANGO I.P.N.

DR. JOSÉ ANTONIO ÁVILA REYES

SIP-13-BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS
Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

México, D.F. a 14 de junio del 2016

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de **CIIDIR-IPN Durango** en su sesión **ordinaria** No. ___ celebrada el día **03** del mes de **junio** conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

PULIDO	PUENTES	MARÍA DEL PILAR
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre (s)

Con registro: B 1 5 1 0 0 1

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
Identificación de áreas prioritarias para la conservación de la flora de la Sierra Madre Occidental mediante análisis biogeográficos del género *Euphorbia* L.

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:
Dr. Jesús Guadalupe González Gallegos y Dra. Martha González Elizondo

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:
El CIIDIR-IPN Unidad Durango

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis

Dra. Martha González Elizondo

Dr. Jesús Guadalupe González Gallegos

Aspirante

Biol. María del Pilar Pulido Puentes

Presidente del Colegio

Dr. José Antonio Ávila Reyes

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL C.I.I.D.I.R UNIDAD DURANGO I.P.N.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Durango, Dgo., el día **05** del mes de **junio** del año **2017**, la que suscribe **María del Pilar Pulido Puentes** alumna del Programa de **Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental**, con número de registro **B151001**, adscrita al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. CIIDIR-IPN Unidad Durango**, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Jesús Guadalupe González Gallegos** y de la **Dra. Martha González Elizondo** y cede los derechos del trabajo titulado **"Identificación de áreas prioritarias para la conservación de la flora de la Sierra Madre Occidental mediante análisis biogeográficos del género *Euphorbia* L."**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones pilar.pulido.b@gmail.com, xanergo@hotmail.com y martha_gonzel@yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

MARÍA DEL PILAR PULIDO PUENTES

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional, bajo la dirección del Dr. Jesús Guadalupe González Gallegos y la Dra. Martha González-Elizondo.

A cada una de las personas que han formado parte de mi viaje

ÍNDICE

Glosario i

Lista de acrónimos ii

Índice de Figuras iii

Índice de Cuadros v

RESUMEN vi

ABSTRACT vii

INTRODUCCIÓN 1

I. ANTECEDENTES 3

1.1. Delimitación y caracterización de la Sierra Madre Occidental 3

1.1.1. Importancia de la Sierra Madre Occidental 3

1.2. Biodiversidad, biogeografía y conservación biológica 4

1.3. Análisis de riqueza de especies 9

1.4. Análisis de subrogados en estudios de biodiversidad 9

1.5. Sistemática, distribución e importancia del género *Euphorbia* 11

1.5.1. Taxonomía y filogenia 12

1.5.2. Descripción 13

1.5.3. Riqueza 14

1.5.4. Distribución 17

1.5.5. Importancia 18

1.6. La bioinformática y la importancia de las colecciones y bases de datos biológicos 22

1.7. Utilización de sistemas de información geográfica en análisis de biodiversidad 23

1.8. Análisis panbiogeográficos 24

II. JUSTIFICACIÓN 26

III. OBJETIVOS 27

3.1. Objetivo general 27

3.2. Objetivos específicos 27

IV. MATERIALES Y MÉTODOS 28

4.1. Área de estudio, Sierra Madre Occidental 28

4.1.1 Ubicación y delimitación 28

4.1.2. Fisiografía 29

4.1.3. Geología 29

4.1.4. Hidrografía 30

4.2. Desarrollo del estudio 30

4.2.1. Listado y matriz de datos de las especies de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental 30

4.2.2. Análisis de riqueza 32

4.2.3. Análisis de distribución potencial 33

4.2.4. Análisis panbiogeográfico 35

4.2.5. Identificación de áreas prioritarias para la conservación 36

V. RESULTADOS 37

5.1. Matriz de datos 37

5.2. Lista florística de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental 37

5.3. Áreas de riqueza y endemismo de *Euphorbia* presentes en la Sierra Madre Occidental 39

5.4. Distribución potencial de las especies del género *Euphorbia* encontradas en el polígono que comprende a la Sierra Madre Occidental 52

5.5. Análisis panbiogeográfico de las especies del género *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental 54

5.6. Identificación de áreas deficientes en exploración de la flora vascular de la Sierra Madre Occidental 57

5.7. Identificación de áreas prioritarias para conservación 58

VI. DISCUSIÓN 61

VII. CONCLUSIÓN 66

VIII. RECOMENDACIONES 67

IX. LITERATURA CITADA 68

Agradecimientos 89

X. ANEXOS 90

Glosario

Nodo: áreas donde se unen trazos generalizados diferentes y representan sitios con alta riqueza taxonómica y de relaciones geográficas y filogenéticas.

Panbiogeografía: método biogeográfico que emplea los datos de las distribuciones biológicas para descubrir y explicar patrones generales de distribución.

Lista de acrónimos

ANP: Área Natural Protegida.

ANP´s: Áreas Naturales Protegidas.

APFyF: Áreas de protección de flora y fauna.

APRN: Área de Protección de los Recursos Naturales.

BDB: bases de datos biológicos.

CCIEAFyFS: Convención sobre El Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

CICY: Centro de Investigación Científica de Yucatán.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

OSGeo: Open Source Geospatial Foundation.

PN: Parques Nacionales.

RB: Reservas de la Biosfera.

ReBioMex: Red de Biodiversidad del Occidente de México.

REMIB: Red Mexicana de Información Sobre Biodiversidad.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SIG´s: Sistemas de Información Geográfica.

SMO: Sierra Madre Occidental.

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Sierra Madre Occidental (polígono tomado de González-Elizondo et al., 2012) en México. 28

Figura 2. Registros del género *Euphorbia* (puntos negros) en la Sierra Madre Occidental (polígono marcado en gris). 38

Figura 3. Tendencia de la descripción de especies de *Euphorbia* de la Sierra Madre Occidental por décadas. 40

Figura 4. Riqueza y número de registros de *Euphorbia* por estados dentro de la Sierra Madre Occidental. 41

Figura 5. Curva de acumulación de especies por estado basada en la matriz de presencia-ausencia: Aguascalientes (1), Chihuahua (2), Durango (3), Jalisco (4), Nayarit (5), Sinaloa (6), Sonora (7) y Zacatecas (8). 42

Figura 6. Riqueza de especies de *Euphorbia* por municipios en la Sierra Madre Occidental. 44

Figura 7. Curva de acumulación de especies por municipio basada en la matriz de presencia-ausencia. 45

Figura 8. Registros y riqueza de *Euphorbia* por rangos latitudinales de medio grado en la Sierra Madre Occidental. 48

Figura 9. Registros y riqueza de *Euphorbia* por rangos longitudinales de medio grado en la Sierra Madre Occidental. 49

Figura 10. Riqueza de *Euphorbia* por rangos altitudinales de 100 m dentro de la Sierra Madre Occidental. 50

Figura 11. Riqueza de especies de *Euphorbia* por cuadros de área definida (45.7 × 45.7 km) dentro de la Sierra Madre Occidental. 51

Figura 12. Riqueza de especies de *Euphorbia* por cuadros de área definida (45.7 × 45.7 km) enriquecida con puntos a partir de modelos de distribución potencial dentro de la Sierra Madre Occidental. 53

Figura 13. Trazos generalizados y nodos de la distribución de las especies de *Euphorbia* dentro de la Sierra Madre Occidental. 56

Figura 14. Diferencia de riqueza real y potencial por cuadrícula. 58

Figura 15. Áreas prioritarias de conservación acorde al género *Euphorbia*. 59

Figura 16. Áreas prioritarias de conservación definidas con el género *Euphorbia*. .. 60

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Áreas de conservación presentes en la Sierra Madre Occidental..... 8

Cuadro 2. Riqueza del género *Euphorbia* por estados dentro de la Sierra Madre Occidental. 15

Cuadro 3. Riqueza de especies del género *Euphorbia* por regiones dentro de la Sierra Madre Occidental. 16

Cuadro 4. Riqueza por países del género *Euphorbia*. 17

Cuadro 5. Principales especies de *Euphorbia* con uso medicinal. 20

Cuadro 6. Principales especies de *Euphorbia* con uso ornamental..... 21

Cuadro 7. Herbarios consultados durante el desarrollo del proyecto. 31

Cuadro 8. Códigos de variables ambientales de WorldClim. 34

Cuadro 9. Rango de número de registros de las especies de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental. 38

Cuadro 10. Registros del género *Euphorbia* por periodos de diez años: número de especies contenidas en cada periodo y especies acumuladas. 40

Cuadro 11. Registros y riqueza de *Euphorbia* por tipo de vegetación dentro de la Sierra Madre Occidental. 46

Cuadro 12. Número de trazos generalizados de especies de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental y composición de especies de cada uno. 55

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue identificar áreas prioritarias para la conservación de la flora en la Sierra Madre Occidental (SMO) México mediante el análisis biogeográfico del género *Euphorbia*. Los datos de esta investigación se recolectaron de diferentes fuentes (consulta de bases de datos, revisión de literatura especializada y examinación de especímenes de herbario) y se analizaron por diferentes unidades (políticas, naturales, espaciales y temporales) para obtener las áreas con mayor riqueza, endemismo y deficientes de información. Los resultados indican que la SMO presenta una riqueza de 102 especies de *Euphorbia,* 33 son endémicas a México, 5 endémicas a la SMO y *Euphorbia nayarensis* es endémica a la provincia biogeográfica y a un solo municipio. El subgénero *Chamaesyce* es el que presentó mayor cantidad de registros y riqueza. Los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas concentran la mayor cantidad de especies. Los municipios con mayor riqueza son Calvillo, Durango y Mezquital. La mayoría de las especies se distribuyen en los bosques de coníferas y bosque tropical caducifolio entre los 1 000 y 2 600 m. Por latitud, la riqueza se encuentra entre 21-25.5°, longitudinalmente entre los -102 a -109.5°. En análisis por cuadrícula tres celdas presentaron una riqueza >25. Se obtuvo un total de 20 trazos generalizados y 4 nodos. 15 áreas con deficiencia de exploración. Se identificaron 4 áreas prioritarias, estas coinciden con ANP´s establecidas. Sin embargo, este estudio sugiere que algunas de estas áreas deberían expandirse para poder garantizar la inclusión de los polígonos aquí clasificados como de mayor prioridad.

Palabras clave: distribución geográfica, *Euphorbia*, Panbiogeografía.

ABSTRACT

The main objective of this study was to identify priority areas for biological conservation of the flora of the Sierra Madre Occidental (SMO), Mexico, by means of biogeographic analyses of the genus *Euphorbia*. The data of this research were collected from different sources (query of data bases, review of specialized literature and examination herbarium specimens) and were analyzed through different units (political, natural, spatial and temporal) to identify the areas with highest richness, endemism and deficient in exploration. The results indicate that SMO presents a richness of 102 *Euphorbia* species, 33 are endemic to Mexico, 5 endemics to SMO and *Euphorbia nayarensis* is endemic to the biogeographic province itself and to a single municipality. The subgenus *Chamaesyce* is the one which concentrates more species and records. The states of Chihuahua, Durango and Zacatecas concentrated the highest number of species. Calvillo, Durango and Mezquital are the municipalities with more species and records. The majority of species are distributed in the conifer forest and tropical deciduous forests between 1 000 y 2 600 m. By latitude, the richness is found between 21 and 25.5, and by longitude between -102 and -109.5°. Three cells had >25 species in the richness analysis by grid. 20 generalized tracks and 4 nodes were recovered through the panbiogeographic analysis. 15 areas with exploration deficiency were found. 4 priority areas were identified, which partially concide with the ANP's already decreted. However, this study suggests some of these areas should be expanded in order to warrant the inclusion of the polygons here classified as high priorities.

Key words: geographical distribution, *Euphorbia*, Panbiogeography.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad ha sido conceptualizada de distintas maneras, esto debido a los diferentes campos y niveles en los que se estudia. Por ejemplo, puede entenderse como la diversidad alélica y heterocigosidad, como el número de taxones o especies, la variación en parámetros poblacionales o de comunidades, ecosistemas y paisajes (Noss, 1990; Melic, 1993; Rozzi et al., 2001; Villareal et al., 2006). La biodiversidad abarca toda la escala de organización de los seres vivos (Badii et al., 2007). México es uno de los cinco países megadiversos del mundo, su territorio alberga fauna y flora de dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) (Wallace, 1876; Holt et al., 2013), y un componente endémico significativo (Felger & Wilson, 1995; Warshall, 1995). Debido a esto, la complejidad del patrimonio biológico en el país es abrumadora, por lo que el estudio en pro de su conservación y manejo sostenido exige una inversión en recursos humanos y económicos excesiva. Sin embargo, se puede recurrir al uso de análisis biogeográficos de subrogados para descubrir patrones espaciales de la biodiversidad de un lugar con una inversión más moderada y manejable (Koleff et al., 2008; Reyers et al., 2000; Sarkar et al., 2005; Loyola et al., 2007; Ramos-Vizcaíno et al., 2007). A la vez, para incrementar la factibilidad de esta clase de estudios, pueden centrarse de manera sistemática en las diferentes regiones biogeográficas que componen al país. Se han logrado pasos importantes en esta materia referentes al Eje Volcánico Transmexicano (Luna-Vega et al., 2007; Suárez-Mota & Téllez-Valdés, 2014), la Sierra Madre Oriental (Luna-Vega et al., 2004) y la Sierra Madre de Sur (Luna-Vega et al., 2016). Sin embargo, el conocimiento de la biota de la Sierra Madre Occidental es aún incompleto y fragmentado.

La Sierra Madre Occidental (SMO) es parte de la Zona de Transición Mexicana, punto de encuentro entre el Neártico y el Neotrópico (Morrone, 2005), lo que propicia una diversidad elevada de fauna, flora y ecosistemas (Felger & Wilson, 1995; Torres-Morales et al., 2010; Venegas-Barrera & Manjarrez 2011; González-Elizondo et al., 2012; Navarro-Sigüenza et al., 2014; Kobelkowsky-Vidrio et al., 2014). Funciona como corredor biológico importante (Bye, 1995). Los ríos que nacen de ella, proveen agua a

poblaciones locales y de los alrededores. Además de que recargan los acuíferos de las diferentes provincias que la rodean (Velázquez-Aguirre & Ordaz-Ayala, 1992; Descroix et al., 2004). Es fuente de ingreso debido a la explotación forestal que se realiza en los diferentes estados que la comprenden (Ruelas-Monjardín & Dávalos-Sotelo, 1999). Es una de las ecorregiones de montaña con mayor cobertura en México (18.1%) (Cantú Ayala et al., 2013), pero debido a su orografía escarpada, el acceso a la misma es difícil por lo que el conocimiento de su biodiversidad es deficiente. Aunado a esto, las áreas de conservación que alberga son pocas en comparación con otras regiones (Cantú-Ayala et al., 2013).

El género *Euphorbia* L. puede ser un buen candidato a emplearse como subrogado para diagnosticar la distribución de la diversidad de angiospermas dentro de la SMO. Las características favorables para el análisis de este género son: a) presenta 245-274 especies en México (Villaseñor, 2004, 2016), b) sus especies se distribuyen en casi todo tipo de ecosistemas en el país, con climas que van desde templado hasta semidesértico, y elevaciones desde el nivel del mar hasta ~2000 msnm (Steinmann, 1997), c) es diverso en formas de crecimiento (hierbas, arbustos, árboles) (Steinmann, 1997; De la Cerda, 2011), d) es un grupo monofilético de acuerdo a su circunscripción taxonómica actual (Steinmann & Porter, 2002; Wurdack et al., 2005) d) incluye especies por lo regular conspicuas y en consecuencia recolectadas.

Por tanto, aquí se propone hacer un análisis biogeográfico del género *Euphorbia* como subrogado de la diversidad de angiospermas de la SMO para dar respuesta a las siguientes preguntas: 1) ¿cuántas y cuáles son las especies del género presentes?, 2) ¿qué zonas cuentan con la mayor riqueza de especies?, 3) ¿dónde se concentra la mayor cantidad de especies endémicas?, 4) ¿cuántas y cuáles áreas de conservación se identifican y si estas concuerdan con las ya establecidas?

I. ANTECEDENTES

1.1. Delimitación y caracterización de la Sierra Madre Occidental

La Sierra Madre Occidental (SMO) es el complejo montañoso más largo y continuo en México, forma una cadena de casi 1 160 km de longitud y en varios sitios tiene una anchura de más de 200 km (Rzedowski, 2006; González-Elizondo et al., 2012). Está entre las latitudes extremas de 30°35'-21°00' N y las longitudes extremas de 109°10'-102°25' O (González-Elizondo et al., 2012). Su cubierta ignimbrítica es de aproximadamente 300 000 km^2 (Ferrari et al*.,* 2005; McDowell et al., 2007). La SMO en general es una gran meseta excavada por un entramado de barrancas donde algunas alcanzan hasta 1 800 m de profundidad y cuenta con la formación de depresiones tectónicas muy amplias (Ferrari et al*.,* 2006). La SMO se divide en tres regiones con base en las características de su vegetación: Madrense, Madrense-Xerófila y Tropical (González-Elizondo et al., 2012). La región alberga 17 tipos de vegetación (bosque bajo abierto, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, bosque mixto de coníferas, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque xerófilo espinoso, chaparral, chaparral secundario, claros en bosque templado, matorral xerófilo, matorral perennifolio, matorral subtropical, pastizal y pastizal halófilo), en los que predominan los bosques de *Pinus,* seguidos de los bosques de *Quercus* (Rzedowski, 2006; González-Elizondo et al., 2012).

1.1.1. Importancia de la Sierra Madre Occidental

La importancia que tiene esta cadena montañosa, además de ser la más grande de México y estar dentro de las más grandes del mundo, consiste en su función como barrera biogeográfica y como corredor biológico para muchas especies de flora y fauna (Bye, 1995). Concentra una gran diversidad de aves, insectos, mamíferos, peces y reptiles (Mariño-Pérez et al., 2007; Koleff et al., 2008; Morrone & Márquez, 2008; Paredes-García et al., 2011; Navarro-Sigüenza et al., 2014), grupos en los cuales existen diferentes especies en alguna de las categorías de riesgo (P=peligro de extinción, A=amenazadas y/o Pr=sujetas a protección especial) dentro de la NOM-059

(2010) y la IUCN (2017), ejemplo de ello es la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), la guacamaya verde (*Ara militaris*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), por mencionar algunos, y resguarda flora que es representativa de esta ecorregión, entre ellas *Pinus cooperi, P. durangensis*, *P. engelmanii*, *P. leiophylla*, *P. strobiformis, Picea chihuahuana*, y diversas especies de encino (*Quercus* sp.) (González-Elizondo et al., 2012). La SMO es un área con una complejidad muy especial, pues en ella convergen especies que son de diferentes regiones, la Neártica y la Neotropical (Morrone, 2005; Halffter et al., 2008).

Al ser predominantes los bosques de pino y encino en la SMO (Rzedowski, 2006; González-Elizondo et al., 2012), la extracción de madera se convirtió en una de las actividades económicas más importantes de la región (Chapela, 2012). La producción forestal tomó auge con la fundación de la compañía ferrocarrilera del noroeste de México en 1911, en la cual se estableció una nueva vía que comunicó a Chihuahua y Ciudad Juárez a través de la SMO, con esto se realizaba una conexión entre el ferrocarril del noroeste con el central y además se unía a la frontera (Lloyd, 1987). Adicional a la madera, la sierra provee otro tipo de servicios como: captación de agua, recursos no maderables que permiten la regeneración de la fertilidad del suelo, suelo para la agricultura, plantas medicinales, alimento proveniente de la caza y forraje para el ganado (Bye, 1995; Descroix et al., 2004; Neurath & Pacheco-Bribiesca, 2011; Chapela, 2012). Todos estos recursos son utilizados directamente por las diferentes culturas que ahí habitan (tarahumaras, tepehuanes, guajiríos, huicholes, coras, mexicaneros, nahuas, mayos y yaquis), culturas que han permanecido ahí a través del tiempo y que conservan lenguajes y tradiciones (Ochoa-García, 2001; Descroix et al., 2004; Pintado-Cortina, 2004; Saucedo-Sánchez de Tagle, 2004; Alvarado-Solís, 2007; Ignacio-Felipe, 2007; Moctezuma-Zamarrón & López-Aceves, 2007; Oseguera, 2008).

1.2. Biodiversidad, biogeografía y conservación biológica

La biodiversidad brinda agua y aire limpios, alimentos, compuestos medicinales, energía, materiales de construcción y belleza escénica (Redford, 1993; Koleff et al., 2009). Por tanto, nuestro éxito como humanidad depende de ella (Wilson, 1988; Daily,

1997; Plascencia et al., 2011). He ahí la importancia de conocerla, ya que, si no se cuenta con inventarios precisos, los esfuerzos de conservación y uso sostenible se ven obstaculizados. Se tiene que conocer si las áreas destinadas a conservación, realmente representan la diversidad de la región, para diseñar estrategias que sean más funcionales (Koleff et al., 2009; Villaseñor et al*.,* 2005; Villarreal et al., 2006). Una manera de estudiar la diversidad es mediante la biogeografía, la cual se encarga del estudio de la distribución espacial de las especies en un tiempo determinado (Morrone, 2004; Halffter et al., 2008), y ayuda a identificar áreas geográficas a través de cuya conservación se garantice la permanencia de las especies ahí presentes (Llorente-Bousquets et al., 2001).

Los primeros conocimientos documentados de la distribución de la biodiversidad provienen de mitos y leyendas de diferentes culturas (Llorente-Bousquets et al*.,* 2001). De los primeros trabajos sobre biogeografía, se mencionan (Llorente-Bousquets et al., 2001): *Oratio de Telluris Habitabilis Incremento* (Linnaeus, 1744) e *Histoire Naturelle* (Buffon, 1799).

La conservación es el esfuerzo realizado para lograr la permanencia de la diversidad biológica aun cuando esta es explotada de diferentes maneras, se supone que ninguna especie o comunidad debe de perderse al punto de su total extinción (Castaño-Villa, 2005). Sin embargo, la realidad es que todos los días se pierde parte de ella pues no se cuenta con los recursos suficientes para salvarla toda (Castaño-Villa, 2005). De modo que, la manera de garantizar su permanencia es mediante la protección de espacios limitados geográficamente que cuenten con las condiciones bióticas naturales que garanticen su subsistencia (Llorente-Bousquets *&* Morrone, 2001).

Para lograr la conservación de la biodiversidad existen áreas destinadas a la protección de la misma, pues su objetivo es conservar y mantener muestras representativas de hábitats o ecosistemas (Castaño-Villa, 2005; Koleff et al., 2009). Estas áreas deben satisfacer diferentes criterios, que antes solían fundamentarse sobre todo en el valor estético y se dejaba de lado al valor primario de los recursos (Castaño-Villa, 2005). Ahora, poco a poco, la extensión o el decreto de nuevas áreas dedicadas a la conservación tiene como fin la conservación de la naturaleza y la

preservación de la vida silvestre (Mendel & Kirkpatrick, 2002). Por lo que la selección de las áreas a proteger se basa de manera que tenga la presencia de una o más especies amenazadas, o bien de regiones con una alta diversidad de especies (Castaño-Villa, 2005). También se toman criterios adicionales como la magnitud de las amenazas a que se enfrenta un área y diferentes aspectos que faciliten la selección y minimicen el gasto de gran cantidad de recursos financieros, técnicos y físicos (Spector, 2002).

Los criterios tomados por Spector (2002) para definir áreas naturales de protección son:

A) **Escalas de protección** (magnitud en que actúa la amenaza sobre la biodiversidad cotejada contra los límites financieros, técnicos y de recursos físicos que están disponibles para su conservación):

Global. Se refiere a develar patrones de biodiversidad a nivel mundial (hotspots) o delinear ecorregiones con elementos importantes de biodiversidad para que los esfuerzos de conservación puedan ser concentrados allí.

Local. Estrategia en que se declaran Áreas Protegidas Estrictas mediante la designación de categorías de manejo (Castaño-villa 2005).

Mesoescala. La búsqueda y protección de regiones con intersecciones de diferentes regiones biogeográficas (Castaño-Villa, 2005), que a largo plazo trae beneficios para la conservación de procesos evolutivos como son la especiación y coevolución (Spector, 2002).

B) **Representación y complementariedad** (grado de representación de la biodiversidad de la región de interés; Margules & Pressey, 2000):

Especies indicadoras. Organismos cuyas características, tales como presencia o ausencia, densidad poblacional, dispersión, éxito reproductivo, son usadas como un índice de atributos difíciles, inconvenientes, o costosos de medir (Landres et al., 1988). Además, estas entidades indicadoras son una herramienta potencial para definir la calidad del hábitat (Castaño-Villa, 2005).

Especies bandera. El enfoque se basa en el concepto de las especies sombrilla, de las que se piensa que sus requerimientos engloban a las necesidades de otras especies. Se utiliza la especie con mayores requerimientos. Una razón para seleccionar especies con tales características es porque se espera que éstas representen mejor la biodiversidad para la conservación, ya que generalmente poseen rangos amplios de hábitat y coinciden con especies focales.

En México, la LGEEPA (2014), reconoce seis categorías de áreas protegidas: 1) Reservas de la Biosfera, 2) Parques Nacionales, 3) Áreas de Protección de Recursos Naturales, 4) Áreas de Protección de Flora y Fauna, 5) Monumentos Naturales y 6) Santuarios. Todas estas áreas son de carácter federal y se encuentran a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Para el año 2016 estaban decretadas 177 Áreas Naturales Protegidas (ANP´s) de carácter federal con una cobertura de 25 628 239.39 hectáreas (12.1% del territorio nacional) (SEMARNAT-CONANP, 2016). La SMO incluye las siguientes categorías de Área Natural Protegida (ANP): 1) Áreas de protección de flora y fauna (APFyF): Campo Verde, Cerro Mohinora, Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Tutuaca y Papigochic; 2) Área de Protección de los Recursos Naturales (APRN): Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón y Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043; 3) Parques Nacionales (PN): Cascada de Bassaseachic, Cumbres de Majalca y Sierra de Órganos; y 4) Reservas de la Biosfera (RB): Janos y La Michilía (Cuadro 1). En conjunto la SMO reúne 12 áreas con alguna categoría como ANP (Bezaury-Creel 2013; Rodarte-García, 2014; SEMARNAT, 2015).

Cuadro 1. Áreas de conservación presentes en la Sierra Madre Occidental.

Categoría	Nombre	Ubicación	Superficie ha
Áreas de protección de flora y fauna	Campo Verde	Chihuahua (Casas Grandes, Madera), 7 Sonora (Nácori Chico)	108 067.47
	Cerro Mohinora	Guadalupe y Calvo	9 126. 35
	Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	Sonora (Álamos), Sinaloa (Choix), Chihuahua (Chínipas)	92 889.69
	Tutuaca	Chihuahua (Guerrero, Temósachic, Madera, Matachí, Moris, Ocampo)	436 985.66
	Papigochic	Chihuahua (Bocoyna, Guerrero, Temósachic, Ocampo)	222 763.85
Área de Protección de los Recursos Naturales	Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón	Aguascalientes(Calvillo, Jesús María, Rincón de Romos, Pabellón de Arteaga y San José de Gracia), Zacatecas(Cuauhtémoc, Guadalupe, Genaro Codina, Ojo caliente y Villanueva)	97 699.68
	Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043	Durango (Mezquital, Súchil), Jalisco (Bolaños, Chimaltitán, Hostotipaquillo, Mezquitic, San Martín de Bolaños, Tequila, Villa Guerrero), Nayarit (La Yesca), Zacatecas (Chalchihuites, Jiménez del Teúl, Monte Escobedo, Valparaíso, Jerez, Susticacán)	2 329 026.75
Parques Nacionales	Cascada de Bassaseachic	Chihuahua (Ocampo)	5 802.85
	Sierra de Órganos	Zacatecas (Sombrerete)	1 124.65
	Cumbres de Majalca	Chihuahua (Chihuahua)	4 701.27
Reservas de la Biosfera	Janos	Chihuahua (Janos)	526 482.42
	La Michilía	Durango (Mezquital, Súchil)	35 000.00

1.3. Análisis de riqueza de especies

El compendio de estudios de riqueza de especies en México es amplio y antiguo, con diferentes enfoques y escalas (Conzatti & Smith, 1895; Rzedowski, 1991; Villaseñor, 2003; Vargas-Amado et al., 2013; Munguía-Lino et al., 2015 por mencionar algunos). Para la SMO los estudios de riqueza han sido muy pocos comparados con la importancia que esta representa, entre ellos se encuentran: 1) Ruacho-González et al. (2013) realizaron un estudio sobre la diversidad vegetal de las cimas de los cerros más altos (Cerro Gordo, Huehuento y Las Antenas) de la Sierra Madre Occidental y de las variables ambientales que determinan su composición, 2) De León-Mata et al. (2013) realizaron un muestreo de especies vegetales sobre un transecto desde la ciudad de Durango hasta El Salto para evaluar los cambios en diversidad y composición en un gradiente altitudinal, 3) Delgado-Zamora (2014) analizó la riqueza y patrones de distribución de Malvaceae en la zona, 4) Heynes-Silerio (2014) identificó la composición y estructura de humedales en tres zonas de la SMO, 5) Ramírez-Prieto (2014) obtuvo un catálogo de las plantas vasculares de la cima de la Sierra de Candela.

Estos trabajos contribuyen al conocimiento de la diversidad vegetal de la SMO, aunque no la abarcan en su totalidad. Es por ello que es necesario implementar análisis de subrogados que permitan tener una aproximación más clara de la diversidad en la totalidad de la SMO. Para ello se pueden utilizar diferentes técnicas como las geoestadísticas, las cuales permiten el análisis de la distribución espacial de los valores de riqueza conocidos e inferir patrones estimados (Cruz-Cárdenas et al., 2013). Por lo que es necesario que los registros de especies a incorporar a los análisis cuenten con coordenadas geográficas. Las principales herramientas para la realización de estos estudios son los índices estadísticos y la utilización de los SIG´s (Moreira-Muñoz, 1996; Villarreal et al., 2006).

1.4. Análisis de subrogados en estudios de biodiversidad

La biodiversidad presenta una amplia complejidad, por lo que el esfuerzo para estudiarla y la realización de planes de conservación se hace muy difícil. Debido a esto, se recurre al análisis de subrogados, los cuales representan de manera estándar

la biodiversidad de una región (Reyers et al., 2000). Por lo que en ellos se examina la relación que tienen un parámetro indicador y un parámetro objetivo (lo que esperamos para conservar), es decir que el parámetro indicador representa al parámetro objetivo (Sarkar et al., 2005). Los subrogados deben de ser cuantificables y deben poder estimarse. Algunos de los elementos que se han empleado como subrogados son: la pendiente, altitud, el aspecto y tipos de suelo (Sarkar et al., 2005). También se pueden emplear componentes bióticos como subrogados, por ejemplo, taxones (familias, géneros, especies) o gremios de especies de plantas y animales (Wiens et al., 2008).

Sarkar et al. (2005) utilizaron cuatro parámetros climáticos (temperatura media anual, temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación anual) y los evaluaron como subrogados ambientales del comportamiento de la flora y fauna de Québec y Queensland. Aplicaron cuatro métodos diferentes y cuantificaron el efecto de la escala de análisis. Encontraron que una escala gruesa da mejores resultados y que es mejor emplear un grupo completo de variables como sustituto que solo algunas al azar, ya que así se convierten en un mecanismo útil para la planificación de la conservación.

Suárez-Mota et al. (2015) utilizaron la familia Asteraceae para evaluar la eficiencia de las áreas protegidas ya establecidas en la región del Bajío en México, aplicaron algoritmos para seleccionar sitios adicionales utilizando el programa MaxEnt y un análisis de complementariedad de áreas. Identificaron zonas irremplazables, por ser sitios donde se distribuyen especies exclusivas a su territorio, y encontraron que las áreas obtenidas tenían poca coincidencia geográfica con las áreas protegidas del Bajío. Por tanto, tomaron en consideración el trabajo como una manera útil para evaluar y eventualmente redefinir las áreas prioritarias de conservación en el Bajío y regiones adyacentes.

En Brasil, Loyola et al. (2007) evaluaron la eficacia de subconjuntos de vertebrados para la representación de la diversidad de todo el conjunto de vertebrados. Utilizaron una base de datos de 3 663 especies de vertebrados, y la analizaron en diferentes particiones: todas las especies, mamíferos, aves, reptiles, anfibios, especies endémicas, y especies endémicas dentro de cada clase. Sus resultados demuestran que los patrones de riqueza de especies tienen una correlación elevada entre

mamíferos, aves, anfibios y reptiles, y que un subconjunto de especies endémicas es un buen subrogado para priorizar áreas.

Vollering et al. (2016) estudiaron los patrones de riqueza de las orquídeas en Nueva Guinea, utilizaron registros de herbario de 532 especies y 16 variables ambientales para modelar la distribución de las especies mediante el algoritmo MaxEnt. Los resultados de distribución fueron apilados para crear un mapa de la riqueza de especies de orquídeas y fueron utilizados para regionalizar el área a través de un análisis de conglomerados. Obtuvieron una división de ocho regiones, con una mayor cantidad de especies en la región oeste y concluyeron que esta riqueza se debe a que existe una relación con la elevación. A más elevación, mayor es la riqueza. Concluyeron que lo anterior es probable esté relacionado a la humedad y temperatura, mientras que en las partes bajas la riqueza era menor. Por tanto, en su estudio las orquídeas no proporcionaron una resolución suficiente para caracterizar y regionalizar áreas de baja elevación.

1.5. Sistemática, distribución e importancia del género *Euphorbia*

La sistemática provee información de la identificación, clasificación y nomenclatura de los organismos (Contreras-Ramos & Goyenechea, 2007; Morrone, 2013). Para ello se sirve de disciplinas tales como la taxonomía, clasificación y filogenia (Morrone, 2013). La última de ellas ha cobrado gran importancia porque ahora se busca que las clasificaciones reflejen las relaciones evolutivas entre los taxa; por tanto, en gran medida la sistemática contemporánea organiza a la biodiversidad en una jerarquía en función de la ancestría en común de sus diferentes componentes (Williams & Ebach, 2008). La sistemática surge hace miles de años, cuando el hombre comienza a comunicarse aún sin el lenguaje escrito, con la transmisión de los sistemas de clasificación de cientos de organismos de manera oral (Raven, 2004). La manera en que aborda a la diversidad a través de su historia evolutiva, depende del enfoque que se tome (fenético, evolutivo o filogenético) (Melic & Ribera, 1996) y de los tipos de relaciones: cladísticas, fenéticas, cronológicas y geográficas de los taxones (Morrone, 2013).

1.5.1. Taxonomía y filogenia

El origen del nombre *Euphorbia* data casi del año 1600, cuando fueron descubiertas las primeras especies suculentas por el rey Juba II de Mauritania y las llamó Euphorbus, en honor a su médico (Gledhill, 2008). Formalmente el género *Euphorbia* fue descrito por Linnaeus (1753) con base en *E. antiquorum* L. (Mapaya, 2003; Yakoub, 2006). Dentro de las primeras clasificaciones para el género, se encuentra la de Boissier (1866) que incluye características morfológicas distintivas y además una descripción de las especies. A lo largo del tiempo se han realizado otras aportaciones, pero ninguna monografía que trate a todas las especies (Pax, 1904; Berger, 1907; Webster et al., 1982; Webster, 1994, 1975, 1987). En México, Conzatti (1946) realizó una revisión en que incluye descripciones de las euforbiáceas en el país. De los trabajos más recientes se encuentran el de McVaugh (1995), quien realizó una contribución mediante la revisión parcial de las especies de *Chamaesyce* y *Euphorbia* del occidente de México, y aportó descripciones morfológicas de las especies, incluidos algunos taxa nuevos. Steinmann (1997), en la revisión de las Euphorbiaceae para Sonora, puntualiza información sobre los tipos de vegetación y niveles altitudinales de distribución para las especies del estado. De la Cerda (2011), en el estudio para Aguascalientes contribuye con distribución de las especies y descripciones morfológicas de las especies ahí presentes. También hay una serie de análisis filogenéticos con datos moleculares que han incluido especies mexicanas y han ayudado a redefinir la clasificación del género (Steinmann & Porter, 2002; Mapaya, 2003; Steinmann, 2003; Wurdack et al., 2005; Bruyns et al., 2006; Steinmann et al., 2007; Barres et al., 2011; Bruyns et al., 2011; Frajman & Schonswetter, 2011; Yang et al., 2012; Dorsey 2013; Dorsey et al., 2013; Pearson et al., 2013; Riina et al, 2013; Evans et al., 2014).

La filogenia de un grupo se expresa en árboles filogenéticos que muestran la historia evolutiva del mismo (Peña, 2011). Los métodos más utilizados en filogenia son Inferencia Bayesiana, Máxima Parsimonia (MP) y Máxima Verosimilitud (Maximum Likelihood, ML), todos ellos buscan elucidar las relaciones evolutivas entre las especies con base en el análisis de caracteres homólogos (Peña, 2011). Máxima

Parsimonia elige la hipótesis que implica la menor cantidad de cambios evolutivos dentro de la historia de un grupo, así descarta el mayor número posible de argumentos ad hoc (Farris, 1970). En contraste, Máxima Verosimilitud e Inferencia Bayesiana (IB) se consideran como métodos probabilísticos ya que ambos se sirven de análisis estadísticos con base en modelos evolutivos de las secuencias de ADN (Peña, 2011).

Los análisis filogenéticos del género *Euphorbia* indican que es monofilético cuando su circunscripción se expande para englobar también a los géneros *Chamaesyce* Gray*, Cubanthus* Millsp*., Elaeophorbia* Stapf*, Endadenium* L.C. Leach*, Monadenium* Pax*, Pedilanthus* Neck. ex Poit., *Poinsettia* Graham y *Synadenium* Boiss., los cuales en ocasiones se reconocían como entidades separadas. Además, señalan que el género se divide en cuatro clados que ahora se reconocen como subgéneros (Steinmann & Porter, 2002; Mapaya, 2003; Barres et al*.,* 2011; Horn et al*.,* 2012; Yang et al., 2012; Dorsey et al*.,* 2013; Peirson et al., 2013; Riina et al., 2013): *E.* subg. *Athymalus* Neck. ex Rchb., *E. subg. Chamaesyce*, *E. subg. Esula* Pers. y *E. subg. Euphorbia*. Las especies de *Euphorbia* en su circunscripción actual se mantienen cohesivas por la característica distintiva de sus inflorescencias especializadas en ciatios, además del látex blanquecino que segregan al ser cortadas (Steinmann & Porter, 2002; Horn et al., 2012; Dorsey, 2013). El ciatio está formado por un involucro en forma de copa que encierra a múltiples flores masculinas y una flor femenina central, el involucro en la parte apical presenta una o varias glándulas que a la vez pueden poseer estructuras anexas como apéndices petaloides, cuernos o fimbrias (Moreno, 1984; Font-Quer, 2000).

1.5.2. Descripción

Euphorbia L., *Species Plantarum* 1: 450. 1753 [Lectotipo *Euphorbia antiquorum* L.; designado por Millspaugh (1909)].

Agaloma Raf., *Flora Telluriana* 4: 116-117. 1836[1838].
Alectoroctonum Schltdl., *Linnaea* 19: 252. 1847[1846].
Chamaesyce Gray, *A Natural Arrangement of British Plants* 2: 260. 1821.

Esula (Pers.) Haw., *Synopsis Plantarum Succulentarum*. 153. 1812.
Pedilanthus Neck. ex Poit., *Annales du Muséum National d'Histoire Naturelle* 19: 388-394., pl. 19. 1812.
Poinsettia Graham, *Edinburgh New Philosophical Journal* 20: 412-413. 1836.
Tithymalus Gaertn., *Fructibus et Seminibus Plantarum* 2: 115, pl. 107, f. 2. 1790.

Referencias: Calderón de Rzedwoski & Rzedowski, 2005; De la Cerda, 2011, Kubitzki, 2013.

Hierbas anuales o perennes, arbustos, o árboles, por lo regular poseen látex de color blanco, algunas especies suculentas. Tallo erecto o decumbente, rojizo con frecuencia. Hojas sobre todo opuestas, aunque también se presentan alternas y verticiladas, enteras o dentadas, persistentes o deciduas, sésiles o pecioladas; estípulas pequeñas o inconspicuas, en ocasiones glandulares o como espinas. Inflorescencia en ciatios axilares o terminales, solitaria o aglomerada en cimas. Involucro del ciatio con glándulas en su mayoría ornamentadas con apéndices petaloides, fimbriados o corniculados, de color blanco, amarillo, verde, rosa o rojo. Fruto en cápsula tricoca trilocular, dehiscencia de los cocos por 2 valvas, cada lóculo con un óvulo, eje central persistente. Semillas con o sin carúncula, con frecuencia la superficie ornamentada.

1.5.3. Riqueza

Euphorbia es el género más diverso de la familia Euphorbiaceae, cuenta con más de 2 000 especies (Steinmann & Porter, 2002; Kubitzki, 2013) distribuidas en casi todos los ecosistemas (Bruyns et al*.,* 2006; De la Cerda, 2011). De los cuatro subgéneros en que se divide, el más diverso es *Euphorbia* con más de 650 especies, seguido de *Chamaesyce* con alrededor de 600, después de estos está *Esula* que contiene cerca de 480 y por último *Athymalus*, el cual posee casi 150 (Yang et al., 2012; Dorsey et al., 2013; Peirson et al., 2013; Riina et al., 2013 Evans et al., 2014). En México se cuenta con revisiones parciales de la diversidad del género, ya sea por estados (Cuadro 2) o diferentes áreas (Cuadro 3). Otros trabajos incluyen resultados

a nivel nacional y por diferentes países (Cuadro 4), entre estos se encuentran: Martínez-Gordillo et al. (2002) que indica un valor de 257 especies, Steinmann (2002) señala 256 y Villaseñor (2004) 274, mismo autor que en 2016 reporta 245. La inconsistencia en las cifras sugiere que es necesario más esfuerzo para aclarar su riqueza.

Cuadro 2. Riqueza del género *Euphorbia* por estados dentro de la Sierra Madre Occidental.

Estados	Autor	Año	No. de spp.
Aguascalientes	De la Cerda,	2011	37
Baja California	Huft	1984	39
Chiapas	Breedlove	1986	46
Coahuila	Villarreal-Quintanilla	2001	60
Colima	Villaseñor et al.	2016	45
Durango	González-Elizondo et al.	1991	46
Guanajuato	Zamudio & Villanueva	2011	45
Jalisco	Ramírez-Delgadillo et al.	2010	82
Michoacán	Rodríguez-Jiménez & Espinosa-Garduño	1996	58
Nuevo León	González-Álvarez & Hernández-Aveldaño	2009	39
Oaxaca	Jiménez-Ramírez & Martínez-Gordillo	2004	72
Querétaro	Argüelles et al.	1991	34
Quintana Roo	Sousa & Cabrera	1983	19
Sinaloa	Vega-Aviña	2000	30
Sonora	Steinmann	1997	71
Tabasco	Pérez et al.	2005	22
Veracruz	Sosa & Gómez-Pompa	1994	71
Yucatán	Herbario CICY	2010	32

Cuadro 3. Riqueza de especies del género *Euphorbia* por regiones dentro de la Sierra Madre Occidental.

Regiones	**Autor**	**Año**	**No. de spp.**
Nueva Galicia	McVaugh	1961	50
Desierto Chihuahuense	Henrickson & Johnston	1997	74
Desierto Chihuahuense y zonas adyacentes	Johnston	1975	67
Calakmul, Campeche	Martínez et al.	2001	20
El Vizcaíno, Baja California Sur	León-de la Luz et al.	1995	9
Chamela, Jalisco	Lott	1985	11
Sierra De San Juan, Nayarit	Téllez-Valdés et al.	1995	12
Península de Baja California	San Diego Natural History Museum	2016	59
Barrancas del Cobre, Chihuahua	Lebgue-Keleng	2001	8
Depresión Central de Chiapas	Espinosa-Jiménez et al.	2014	8

Cuadro 4. Riqueza por países del género *Euphorbia*.

Países	Autor (es)	Año	No. de spp.
México	Steinmann	2002	256
México	Martínez-Gordillo et al.	2002	257
México	Villaseñor	2004	274
Irán	Noori et al.	2009	~100
Guatemala	Standley & Steyemark	1949	48
Nicaragua	Stevens et al.	2009	33
China	Bingtao et al.	2008	77
Panamá	Webster & Burch	1967	36
Colombia	Murillo	2004	43

1.5.4. Distribución

La distribución del género es cosmopolita, a pesar de que las especies tienen mayor afinidad a zonas tropicales, cuenta con representantes en regiones semiáridas y zonas templadas (Martínez-Gordillo et al., 2002; Steinmann, 2002; De la Cerda, 2011; Dorsey et al*.,* 2013). Las *Euphorbia* suculentas se restringen casi por completo a África, con una diversidad interesante en Madagascar (Sánchez, 2007). México es considerado centro de diversidad para los géneros de la familia Euphorbiaceae (Steinmann, 2002), entre ellos *Euphorbia*, pues tres de los subgéneros en que se divide están presentes en el país, a excepción de *Athymalus*. Pese a que tienen afinidad por las zonas tropicales, muchas especies se distribuyen hasta grandes altitudes. Tal es el caso de *Euphorbia* cf. *furcillata*

Kunth encontrada por Ruacho et al. (2013) en una cima a 3,262 m, mientras que otras se encuentras casi al nivel del mar.

1.5.5. Importancia

Gran cantidad de especies de *Euphorbia* son utilizadas como medicinales (Cuadro 5) y ornamentales (Cuadro 6), incluso comercializadas en África, Australia, Brasil, China, India, Indonesia, Madagascar, Malasia, México, Turquía y Uganda (Mwine, 2011; Huang et al*.,* 2012). En México las especies que más se utilizan en el sector comercial son *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. (candelilla) y *Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch (nochebuena). De la primera de ellas se extrae cera que es utilizada en la industria cosmética y alimentaria; por ejemplo, para elaborar diferentes productos como labiales, rímel, pinturas, goma de mascar, cera para recubrimiento de frutos, entre otros (Saucedo-Pompa et al*.,* 2007; SEMARNAT, 2008; Saucedo-Pompa et al*.,* 2009; Cabello et al*.,* 2013). Por su parte, la nochebuena se emplea como planta de ornato – incluso desde tiempos prehispánicos (Trejo-Hernández et al., 2015) – y es muy atractiva, por lo que se han realizado estudios con diferentes reguladores de crecimiento (Etefon, por ejemplo) para obtener plantas de menor tamaño que ocupen menos espacio durante la producción y transporte, pero sin perjudicar su atractivo visual (Pérez-López et al*.,* 2005). Estos estudios sobre *E. pulcherrim*a, son realizados debido a la gran demanda y ganancia económica que en México genera la comercialización de estas plantas, ya que son consideradas símbolo floral de las fiestas navideñas. Otras especies de importancia comercial en diferentes países son las de aspecto suculento, algunas de ellas son: *E. ingens* E. Mey. ex Boiss., *E. neriifolia* L., *E. obesa* Hook. f., *E. pulvinata* Marloth, *E. susannae* Marloth, por mencionar algunas (Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2007). Las especies de *Euphorbia* se han reportado como tóxicas, por ejemplo, el látex de *E. pulcherrima* puede causar irritación si entra en contacto con la piel o los ojos y si se ingiere puede provocar daños graves a los órganos internos (Rahman, 2013). Sin embargo, algunos compuestos químicos de *Euphorbia* contienen también principios activos responsables de sus propiedades medicinales, lo que acarrea ganancias económicas (James & Friday, 2010; Cuadro 5). A esto se debe que muchas de estas especies se

utilicen de manera tradicional para la cura de diferentes malestares, sobre todo en comunidades indígenas (Deka et al., 2008; Ozbilgin & Saltan-Citoglu, 2012). En Durango, González-Elizondo et al. (2004) indican que 14 especies de *Euphorbia* tiene utilización medicinal y estas mismas están presentes en la SMO. Para los diferentes padecimientos se emplean fragmentos diferentes de la planta (el jugo de la raíz, el látex del tallo, las semillas y las hojas), o bien, la planta entera (Ozbilgin & Saltan-Citoglu, 2012).

Cuadro 5. Principales especies de *Euphorbia* con uso medicinal.

Componentes	Especies	Región de origen	Usos
Acetato de etilo	*E. antiquorum* L.		Antitumoral
Etanoles	*E. characias* L.	África	Antifúngica
Terpenos	*E. cotinifolia* L.	África	Contra las llagas y como purgante
Acetato de etilo	*E. fischeriana* Steud.		Antitumoral
Terpenos	*E. helioscopia* L.	Europa	Anticancerígena
Taninos, alcaloides y flavonoides	*E. hirta* L.	México	Parásitos, úlceras, conjuntivitis, como sedante y antibacterial
Alcaloides, flavonoides, saponinas y taninos	*E. heterophylla* L.	África	antitumoral / anticancerígena
Flavonoides	*E. macroclada* Boiss.	Líbano	Antioxidante, antihemorroidal, verrugas, heridas, analgésico e infección micótica
Mebutato de ingenol	*E. peplus* L.	Europa y Asia	Inmunoestimulante
Terpenos	*E. pubescens* Vahl.	Europa, introducida en México	Antibacterial
Acetona	*E. rigida* M. Bieb.	África	Antihelmíntico y antihemorroidal
Terpenos y alcaloides	*E. thymifolia* L.	México a Sudamérica y en las Antillas, también en el Viejo Mundo	Antiviral, oftálmica, ardor, llagas, disentería, asma bronquial, antihelmíntico y laxante
Terpenos	*E. tirucalli* L.	África y Asia	Purgante; gonorrea, tos ferina, asma, cólico, tumores y cálculos en vejiga, verrugas
Acetato de etilo	*E. royleana* Boiss.	Himalaya, India y Bután	Antiinflamatorio y antiartrítico

Fuente: (Lanhers et al., 1990; Yakoub, 2006; Ogbulie et al., 2007; Youssouf et al., 2007; James & Friday, 2010; Mwine, 2011; Huang et al., 2012; Ozbilgin & Saltan-Citoglu, 2012; Rahman, 2013).

Cuadro 6. Principales especies de *Euphorbia* con uso ornamental.

Especies	Región de origen
E. antisyphilitica Zucc.	México
E. fruticosa Forssk.	Yemen
E. fulgens Karw. ex Klotzsch	México
E. gorgonis A. Berger	Sudáfrica
E. leucocephala Lotsy	Megaméxico 2
E. lophogona Lam.	Madagascar
E. meloformis Aiton.	Sudáfrica
E. neriifolia L.	India y Malasia
E. pteroneura A. Berger	Megaméxico 2
E. pulcherrima Willd. ex Klotzsch	Megaméxico 2
E. royleana Boiss.	Himalaya, India y Bután
E. stenoclada Baill.	Madagascar
E. tirucalli L.	África y Asia
E. tortirama R.A. Dyer	Sudáfrica
E. viguieri Denis	Madagascar
E. milii Des Moul.	Madagascar

Fuente: (Steinmann, 2002; Sánchez, 2007).

En los ecosistemas, *Euphorbia* provee alimento a insectos (moscas, abejas y avispas) e incluso a una especie de lagartija (*Podareis lilfordi*), los cuales contribuyen a la polinización (Traveset, 1999). Otros insectos que se asocian a las especies de *Euphorbia*, son algunas hormigas que se alimentan y polinizan a algunas especies (*Euphorbia nicaeensis* All.*, E. characias, E. cyparissias* L. y *E. geniculata* Ortega) (Blancafort & Gómez, 2005; De Vega & Gómez, 2014). Una especie que cumple una función muy importante en los ecosistemas desérticos, es *E. antisyphilitica,* esta planta ayuda a la retención de humedad y de las partículas del suelo, ya que se desarrolla en macollos de gran extensión, así protege al suelo de la radiación del sol y del viento, reduce la erosión en sitios con pendiente muy pronunciada (CCIEAFyFS, 2009).

Algunas cuantas especies han sido consideradas invasoras, entre ellas *E. esula* es una maleza invasora en América del Norte (Rahman, 2013), y *E. polygalifolia* Boiss. & Reut. de pastizales de montaña (Mora-Martínez, 2008). En México, las especies que han sido introducidas, pero no consideradas como malezas invasoras son: *Euphorbia hirsuta* L., *E. lathyris* L., *E. peplus* y *E. terracina* L., las cuales se presentan sobre todo en lugares perturbados y restringidos por lo que no son amenaza para la vegetación nativa (Steinmann, 2002). En la agricultura una especie utilizada, sobre todo en áreas tropicales es *E. lactea* Haw. con la cual forman una barrera natural que controla la entrada de animales grandes (Brechelt, 2004).

1.6. La bioinformática y la importancia de las colecciones y bases de datos biológicos

La base para conocer la biodiversidad, es mediante la realización de inventarios, estos se obtienen mediante la recolección dirigida de especímenes en campo y posteriormente son identificados y preparados para su resguardo en colecciones que tienen un periodo de preservación largo según su cuidado (Ramírez-Pulido et al., 1989; Plascencia et al., 2011). Estas son distribuidas y adecuadas acorde a sus requerimientos en herbarios, jardines botánicos, museos y zoológicos (Plascencia et al., 2011), según el propósito de uso, ya sea científico, docente o cultural (Ramírez-Pulido et al., 1989). Este material forma las colecciones más completas de la biodiversidad, pues son prueba física de referencia, por lo que son de gran importancia para la investigación de las diferentes formas de vida pasada y presente. Además de poder ser analizado por generaciones futuras (Ramírez-Pulido et al., 1989; Plascencia et al., 2011). Debido a que los especímenes que son depositados en ellas, representan un registro permanente y pueden ser consultados y analizados las veces que sea necesario, se minimizan costos y se maximiza la eficiencia de los trabajos de campo (Plascencia et al., 2011). Todo el conocimiento obtenido de las colecciones forma parte de las actividades y programas de conservación nacional, por tanto, sin un conocimiento claro de la riqueza biológica del territorio no se podrá identificar lo que se pierde a causa de las alteraciones generadas por el hombre (Koleff et al., 2009; Plascencia et al., 2011).

Para que la información de las colecciones pueda brindar un servicio integral, los encargados de las mismas al igual que los investigadores que las consultan, recopilan la información de cada espécimen y la almacenan para su estudio en bases de datos biológicos (BDB). Estas bases son importantes, ya que sirven para organizar y manipular cantidades grandes y heterogéneas de información de los registros de la biodiversidad existente en diferentes tiempos y espacios (Escalante, et al., 2000). En el momento en el que las computadoras se comienzan a utilizar para la realización de análisis, representar patrones de distribución y almacenar dicha información, surge la bioinformática (Xiong, 2006; Raza, 2012) que en su comienzo fue impulsada sobre todo por la genética que requería el análisis de secuencias de ADN (genómica comparativa, expresión génica, mutación, etc.) y su mapeo (Xiong, 2006; Raza, 2012). Con esta herramienta las BDB disminuyen la complejidad de los datos y permiten el análisis de tendencias o patrones de distribución que son empleados en el desarrollo de estrategias de conservación y manejo sustentable de los recursos (Escalante et al., 2000).

1.7. Utilización de sistemas de información geográfica en análisis de biodiversidad

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG's) son herramientas útiles que permiten realizar análisis espaciales de atributos biológicos sobre el territorio (Moreira-Muñoz, 1996; Escalante et al., 2000). Resultan prácticos a la hora de presentar los resultados, pues la información se arroja en forma cartográfica que es útil para quienes realizan la toma de decisiones (Moreira-Muñoz, 1996).

Para poder hacer uso de los SIG's en casos de conservación biológica, es necesaria la construcción y utilización de bases de datos con aspectos geométricos, topológicos y descriptivos del ambiente y de puntos de presencia de las especies (Moreira-Muñoz, 1996).

La estimación de riqueza, es un ejemplo claro en la utilización de los SIG. Cabe mencionar que para que los resultados obtenidos sean confiables, es necesario que la información taxonómica-geográfica de la base de datos sea de calidad. Cada uno de

los datos, debe estar geo-referenciado. Esto significa que debe tener una ubicación en el espacio mediante un sistema de coordenadas que permite conocer su relación con respecto a otros elementos (Moreira-Muñoz, 1996). Con ello, la base de datos puede ser integrada al SIG, lo que permite almacenar gran cantidad de atributos que representan diversas variables (relieve, suelo, vegetación, precipitación, pendiente, uso del suelo) que provienen de diferentes fuentes (cartas, fotos aéreas, imágenes de satélite). Estas bases generan mapas que pueden estar integrados con una, dos o todas las variables según sea el análisis. El estudio realizado por Herrera-Arrieta y Cortés-Ortiz (2009) para las gramíneas de Durango ejemplifica el uso de los SIG´s en la representación cartográfica de los tipos de vegetación del estado y la representación de las especies nativas, endémicas y exóticas para el mismo.

1.8. Análisis panbiogeográficos

La panbiogeografía es una manera de comprender procesos y patrones evolutivos (Craw et al., 1999). Esta representa a través de trazos individuales la distribución de la diversidad, los cuales se forman a partir de la conexión de los puntos de distribución de un taxón (Morrone & Crisci, 1990). Así, la distribución se representa de manera más objetiva (Morrone & Crisci, 1990; Martínez-Gordillo & Morrone, 2005). Cada trazo une a las localidades disyuntas en la secuencia de menor distancia, y por tanto representan patrones de dispersión que realizan las especies (Craw, Grehan & Heads, 1999; Grehan, 2003). Al superponerse diversos trazos individuales, se obtienen trazos generalizados, los cuales indican la distribución más amplia que el grupo de taxones tenía en el pasado y que fue fragmentada por diferentes sucesos (Craw, Grehan & Heads, 1999). A su vez, estos trazos generalizados se superponen y reflejan conjuntos complejos de distintos grupos bióticos llamados nodos (Morrone & Crisci, 1990).

El análisis panbiogeográfico tiene el supuesto de que las especies se originan a partir de centros y de ahí se dispersan al azar, atravesando barreras y colonizando nuevas áreas (Morrone, 2004). La panbiogeografía indica que existen dos maneras en que se da la distribución de los organismos. La primera es mediante el estado de movilidad que tiene como limitante a los factores climáticos o geográficos, y la segunda

se da una vez terminada la primera, pues se llega al límite espacial por lo que surge la especiación de nuevos taxa promovida por las barreras que impiden que la población crezca (Morrone, 1990). Al localizar los trazos que unen a diferentes localidades disyuntas, se encuentran los patrones de dispersión que realizan las especies (procesos históricos, barreras geográficas, refugios, etc.). Tales patrones no solo aportan conocimiento ecológico, sino ayudan en la planificación de la conservación de especies (Toledo, 1994), ya que evidencian áreas con importancia florística y faunística (Talonia & Escalante, 2013). Por ello se han aplicado a diferentes grupos: géneros de Euphorbiaceae en el mundo (Martínez-Gordillo & Morrone, 2005), especies mexicanas de hemípteros del género *Pselliopus* (Mariño-Pérez et al., 2007), y Asteraceae endémicas en la Sierra Madre Oriental (Zamora et al., 2007), entre otros.

II. JUSTIFICACIÓN

La Sierra Madre Occidental es un complejo montañoso que presenta ecosistemas muy heterogéneos y sirve de resguardo para la biodiversidad de flora y fauna, es escenario de infinidad de procesos ecológicos y evolutivos, abastece de agua a grandes urbes del noroeste de México, constituye el principal reservorio forestal del país y da sustento a varias comunidades humanas. Sin embargo, a pesar de su importancia, la información existente aún es deficiente. Por tanto, este estudio brindará conocimiento básico para reconocer las áreas más relevantes dentro de la región por la riqueza y endemismo de su flora vascular, aquellas que son críticas para ser inventariadas y las prioritarias para ser conservadas. En última instancia, aportará herramientas cruciales para una mejor planificación en el estudio y aprovechamiento de la flora de la SMO. Para ello se recurrió a un análisis biogeográfico por subrogados, en el que se abordaron los patrones de distribución del género *Euphorbia* como substituto de la diversidad vegetal total. Este taxón es prometedor como un buen subrogado debido a su riqueza, variedad de formas biológicas y a que sus especies se encuentran distribuidas en casi todos los ecosistemas.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Identificar áreas prioritarias para la conservación de la flora de la Sierra Madre Occidental mediante análisis biogeográficos del género *Euphorbia* L.

3.2. Objetivos específicos

3.2.1. Realizar una lista de las especies del género *Euphorbia* L. presentes en la SMO.

3.2.2. Reconocer las áreas de riqueza y endemismo para las especies del género *Euphorbia* L. presentes en la SMO.

3.2.3. Realizar análisis de distribución potencial de las especies del género *Euphorbia* L. encontradas en el polígono que comprende a la SMO.

3.2.4. Realizar un análisis panbiogeográfico de las especies del género *Euphorbia* L. en la SMO.

3.2.5. Identificar las áreas deficientes en exploración y aquellas prioritarias para la conservación de la flora vascular de la SMO.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio, Sierra Madre Occidental

4.1.1 Ubicación y delimitación

La Sierra Madre Occidental (SMO) es el complejo montañoso más largo y continuo en México. Forma una cadena de casi 1 160 km de longitud y en varios sitios tiene una anchura de más de 200 km (Rzedowski, 2006; González-Elizondo et al., 2012). Se extiende desde Aguascalientes, norte de Jalisco, Nayarit y el sur de Zacatecas hasta Chihuahua y Sonora casi en la frontera con Estados Unidos, está entre las latitudes extremas de 30°35'-21°00' N y las longitudes extremas de 109°10'-102°25' O, con una superficie de 251,648 km^2 aproximadamente (González-Elizondo et al., 2012, Figura 1). En sus límites colinda con la Provincia Sonorense al norte y parte del Altiplano Mexicano, al oriente con el Altiplano Mexicano (parte norte y sur), al sur con el Eje Neovolcánico y al occidente con la Costa del Pacífico.

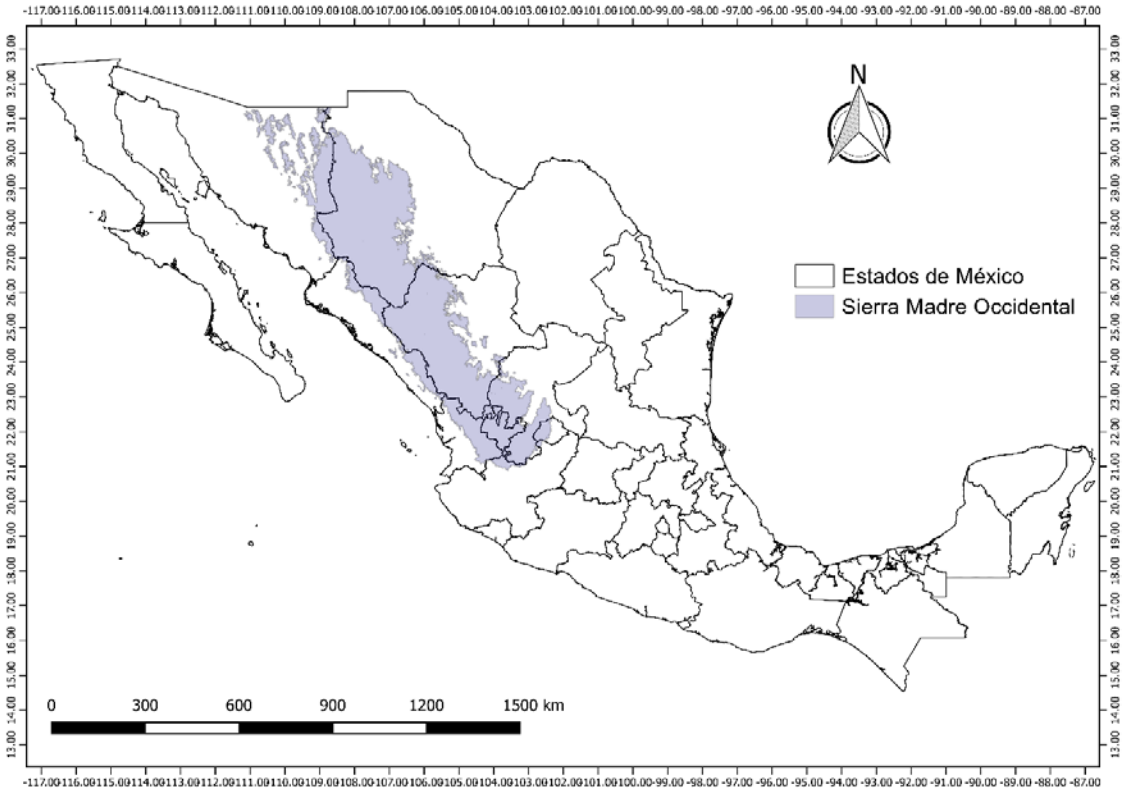

Figura 1. Ubicación de la Sierra Madre Occidental (polígono tomado de González-Elizondo et al., 2012) en México.

4.1.2. Fisiografía

La SMO es una de las provincias morfotectónicas ígnea-silícicas más grandes del mundo y la más grande del Cenozoico, su cubierta ignimbrítica es de aproximadamente 300 000 km^2 (McDowell et al., 2007; Ferrari et al., 2005; González-Elizondo et al., 2012). Es probable que fuera más amplia, pero la extensión intracontinental de tipo Basin and Range y la apertura del Golfo de California han ocultado una parte de su superficie (Ferrari et al., 2005). Dentro de la forma que presenta (meseta) se tiene la formación de barrancas de profundidad considerable, algunas que alcanzan los 1 800 m de profundidad, estas fueron excavadas por los ríos que fluyen hasta el Pacífico. Además de la formación de depresiones tectónicas muy amplias (Ferrai et al*.,* 2006; González-Elizondo et al., 2012).

En la SMO se tienen cimas de diferentes altitudes, entre las más elevadas se encuentran el Cerro Gordo (3,340 m, El Mezquital), Cerro Barajas (3,310 m, Guanaceví), Cerro Huehuento (3,270 m, San Dimas), cerro Las Antenas en la Sierra El Epazote (3,224 m, Canatlán) (González-Elizondo et al., 2007) y el cerro Mohinora (3307 m), al suroeste de Chihuahua (González-Elizondo et al., 2012).

4.1.3. Geología

La SMO está compuesta principalmente de rocas asociadas a distintos sucesos magmáticos (Ferrari, 2005): 1) plutónicas y volcánicas del Cretácico Superior-Paleoceno; 2) volcánicas andesíticas y, en menor cantidad, dacítico-riolíticas del Eoceno; 3) ignimbritas silícicas emplazadas en dos pulsos principales en el Oligoceno temprano y el Mioceno temprano; 4) coladas basáltico-andesíticas extravasadas después de cada pulso ignimbrítico; 5) coladas de basaltos e ignimbritas alcalinos dispuestos generalmente en la periferia de la SMO en diferentes episodios del Mioceno tardío, Plioceno y Cuaternario (Ferrari, 2005).

4.1.4. Hidrografía

Es fuente principal de distintos ríos que descargan al Pacífico y a la Mesa Central. Estos son los ríos Acaponeta, Baluarte, Culiacán, Fuerte, Humaya, Mayo, Presidio, San Pedro-Mezquital, Yaqui, Conchos y el Nazas, respectivamente (Velázquez-Aguirre & Ordaz-Ayala, 1992; González-Elizondo et al., 2012).

4.2. Desarrollo del estudio

4.2.1. Listado y matriz de datos de las especies de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental

La realización del trabajo inicio con la generación de un listado de las especies del género *Euphorbia* que están registradas para los municipios que comprenden la Sierra Madre Occidental (SMO) mediante consulta de literatura especializada (sinopsis, listados florísticos) y bases de datos en línea (Red de Biodiversidad del Occidente de México: ReBioMex ver. 1.4.1 BETA (Vázquez-García et al., 2010), Red Mexicana de Información Sobre Biodiversidad: REMIB, 2015 y Trópicos, 2015). Una vez generado el listado, se revisaron especímenes de herbario en colecciones con una buena representación de la SMO (cuadro 7) para familiarizarse con la morfología de las especies y depurar la lista original. Además de la revisión de especies encontradas en la lista, se revisaron aquellas que podrían encontrarse dentro del área de estudio para verificar o descartar su presencia.

Cuadro 7. Herbarios consultados durante el desarrollo del proyecto.

Herbario	Ubicación
CHAP	Universidad Autónoma de Chapingo
CIIDIR	CIIDIR-Durango, Instituto Politécnico Nacional
ENCB	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional
GUADA	Universidad Autónoma de Guadalajara
HUAA	Universidad Autónoma Aguascalientes
IBUG	Universidad de Guadalajara
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía de Aguascalientes
MEXU	Universidad Nacional Autónoma de México
UAS	Universidad Autónoma de Sinaloa
USON	Universidad de Sonora
ZEA	Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad Universidad Autónoma de Zacatecas (herbario no indexado)

En cada herbario se verificaron las determinaciones, los especímenes correspondientes a la SMO fueron fotografiados y capturados en la base de datos.

La base de datos final contiene la siguiente información: identificador (ID), herbario/s en que está depositado un ejemplar o su duplicado, nombre del género, epíteto específico, autoridad nomenclatural, tipo de categoría infraespecífica, epíteto infraespecífico, autoridad del infraespecífico, nombre común, y notas sobre usos, estado, municipio, latitud, longitud, altitud, fecha de colecta, colector/es, número de colecta, tipo de vegetación en que fue colectado el ejemplar, notas de morfología y abundancia, especies vegetales asociadas, determinador, fecha de determinación, latitud final, longitud final, altitud final, quién realiza la estimación de coordenadas geográficas, fecha de la estimación y notas sobre la misma. Los campos de latitud, longitud y altitud final son ocupados con la información geográfica verificada o

estimada en el caso de aquellos ejemplares que carecían de ella. Las estimaciones de coordenadas se realizaron según la metodología de Wieczorek (2001). La verificación espacial se realizó al proyectar en un mapa cada uno de los puntos de registro, asegurando que se ubicaran dentro del polígono del área de estudio y que correspondieran también al estado y municipio en que se colectaron, para ello se aplicaron las capas correspondientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Si la ubicación del punto del ejemplar no coincidía con la descripción de la localidad en que fue colectado, se corrigió el error o bien se estimaron nuevas coordenadas geográficas.

Las capas shape de estados (INEGI, 2015) y municipios (CONABIO, 2016) utilizadas son en escala 1:250 000. Para el manejo de los mapas se utilizaron los programas DivaGis 7.3.0, (Esri, 1995-2013) y QGis 2.18.4 (2017) (Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), 2016). Los datos capturados se depuraron de forma constante para evitar la presencia de registros repetidos y evitar problemas al incorporarlos en programas de sistemas de información geográfica (SIG's).

4.2.2. Análisis de riqueza

Para el análisis de distribución, se utilizaron las unidades siguientes: temporales (lapsos de 10 años), para realizar un recuento histórico de cómo ha sido la distribución de las especies del género a través del tiempo, políticas (estados y municipios), incluidos a causa de que las decisiones acerca de la conservación de la biodiversidad comúnmente se hacen en consideración de los límites políticos más que los límites naturales que presentan las especies (Dávila-Aranda et al., 2004), naturales (tipos de vegetación y cuencas hidrológicas, escala 1:250 000), biogeográficas (regiones biogeográficas), esto debido a que México es una zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical (Halffter et al., 2008), espaciales (por rangos de latitud, longitud y altitud), y por cuadrícula dependiente de la amplitud de la distribución de los taxones (Willis et al., 2003). En el aspecto espacial, la latitud y la longitud se manejaron en intervalos de medio grado y para el de altitud cada 100 m. Para el caso de riqueza por cuadricula, se utilizaron los datos con coordenadas precisas. Estos se cargaron al

programa DivaGis para extraer los valores de distancia máxima y mínima de los puntos, posteriormente se promediaron y se dividieron entre el total de especies, de esta manera se obtuvo la extensión del área. Una vez obtenido este dato, se tomó la coordenada del punto límite de cada uno de los extremos. Para la realización de la cuadrícula, se incorporaron los valores máximos y mínimos obtenidos de los puntos para X y Y, y para establecer la distancia de la celda se anotó el valor de área obtenido de los promedios entre el número de especies.

Se aplicaron curvas de acumulación de especies sobre las unidades de estados y municipios, mediante los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE en el programa EstimateS, v. 9.1.0 (Colwell, 2013), para verificar que tan bien representada esta la riqueza del género en la SMO. Para disminuir y cotejar el efecto del sesgo de muestreo en el análisis de cuadrícula de área definida se aplicó también sobre una matriz de presencia/ausencia generada a partir de áreas de distribución potencial calculadas a través del algoritmo MaxEnt (Phillips et al., 2004, 2006) para cada especie y de los datos originales en la matriz. Se empleó la misma cuadrícula y tamaño de celda empleados en el análisis de riqueza por cuadrícula sobre los puntos de presencias reales. Los modelos obtenidos se convirtieron en matrices de presencia/ausencia con la reclasificación de los valores de hábitat idóneo menores a 0.5 en 0 y los mayores en 1. Se extrajeron las coordenadas de puntos de presencia estimada de los modelos de distribución potencial por especie y se agregaron a una matriz con los registros y coordenadas precisas de presencias reales. El cálculo de los modelos de distribución se explica en la siguiente sección.

También se realizó un análisis de la distribución de especies endémicas (categorizadas como endemitas a México, a la SMO y a un solo estado dentro del polígono) por unidades políticas.

4.2.3. Análisis de distribución potencial

Se utilizó el modelo MaxEnt (Maximum Entropy; Phillips et al., 2006) para obtener la distribución potencial de las especies con al menos 10 puntos de presencia con coordenadas precisas, para completar tal cantidad en algunas especies se agregaron

registros de áreas adyacentes al polígono de la SMO. Para correr el cálculo los modelos se emplearon las 19 variables ambientales de WorldClim (Merow et al., 2013, Cuadro 8) y se usaron los parámetros preestablecidos.

Cuadro 8. Códigos de variables ambientales de WorldClim.

Código	Variable
BIO1	Temperatura media annual
BIO2	Rango diurno medio (temperatura media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima))
BIO3	Isoterma (BIO2/BIO7) (* 100)
BIO4	Temperatura estacional (desviación estándar *100)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango de temperatura anual (temperatura máxima del mes más cálido - temperatura mínima del mes más frío)
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO12	Precipitación annual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco

Continuación Cuadro 8.

Código	Variable
BIO15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío

4.2.4. Análisis panbiogeográfico

El análisis panbiogeográfico se realizó con los puntos de presencia de las especies con al menos cinco registros y coordenadas precisas. En algunos casos se emplearon presencias fuera del área de estudio para completar los cinco registros. Estos puntos fueron unidos de acuerdo a su distancia mínima, posteriormente se extrajeron los trazos generalizados. Los análisis de trazos individuales y generalizados se realizaron con el programa MartiTracks (Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel, 2011), los parámetros fueron los preestablecidos. Se estableció como criterio para la identificación de nodo que estos estuvieran conformados por el 80% de los trazos generalizados conformados por al menos 3 especies, y que coincidieran dentro de un diámetro de 45.7 km (Morrone & Crisci, 1990; Crisci et al., 2000). Dado su significado biológico, los nodos fueron considerados para la definición de áreas prioritarias para la conservación en la SMO.

4.2.5. Identificación de áreas prioritarias para la conservación

Las áreas prioritarias para la conservación se definieron partir del cotejo de los resultados obtenidos del análisis de riqueza y panbiogeográfico. Se buscó que el esquema propuesto reflejara satisfactoriamente el comportamiento de los datos. El análisis de priorización se desarrolló por unidades políticas, espaciales, naturales, biogeográficas y por cuadros de área definida. El mapeo de las áreas, se realizó tomando en cuenta la distancia obtenida por el análisis de cuadricula de área definida y los límites tanto de las ANP´s Escala: 1250000 (CONANP, 2016) como del polígono de la SMO.

Se cotejó la fidelidad de los resultados en función al sesgo de muestreo encontrado. Posteriormente el esquema de áreas prioritarias se contrastó con el sistema de ANP’s operante en la región para evaluar su efectividad y vacíos en protección, y una vez integrados todos los resultados, se generó la propuesta depurada de las áreas que se proponen como prioritarias para la conservación de la flora de la SMO.

V. RESULTADOS

5.1. Matriz de datos

La matriz de datos compilada reúne un total de 1 460 registros de *Euphorbia* dentro del polígono que comprende la Sierra Madre Occidental, los cuales corresponden a la revisión de 2 027 ejemplares de herbario una vez considerados los duplicados. El 10.16% de las determinaciones fueron corregidas y el resto confirmadas. Los registros datan del año 1885 al 2016. 908 registros contaban con coordenadas precisas en sus etiquetas, para 552 registros se estimaron y para 39 se corrigieron las coordenadas con base en la información de la localidad, para 203 registros no fue posible obtener coordenadas debido a la imprecisión de la información de localidad, sin embargo, se emplearon para el análisis a nivel estatal. En total se lograron 1 257 registros con coordenadas de calidad suficiente para análisis espaciales finos. De los herbarios consultados, los que presentaron más de 100 registros son: CIIDIR (309), HUAA (254), MEXU (208), HUAZ (166) e IBUG (110).

5.2. Lista florística de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental

El número total de especies de *Euphorbia* registradas para la SMO es 102 (Figura 2), dos de ellas no pudieron identificarse a nivel de especie, la lista se presenta en el Anexo 1. El subgénero con mayor representación en el área es *Chamaesyce* (87 especies), seguido por *Esula* (8) y *Euphorbia* (5). El hábito de crecimiento con más especies en el área es el de las hierbas (70 spp.), luego arbustos (17) y árboles (3). Del total de especies, 23 contienen un solo registro, en contraste, *Euphorbia macropu*s contiene un total de 112. El resto de las especies varían de 2 a 90 registros (Cuadro 9).

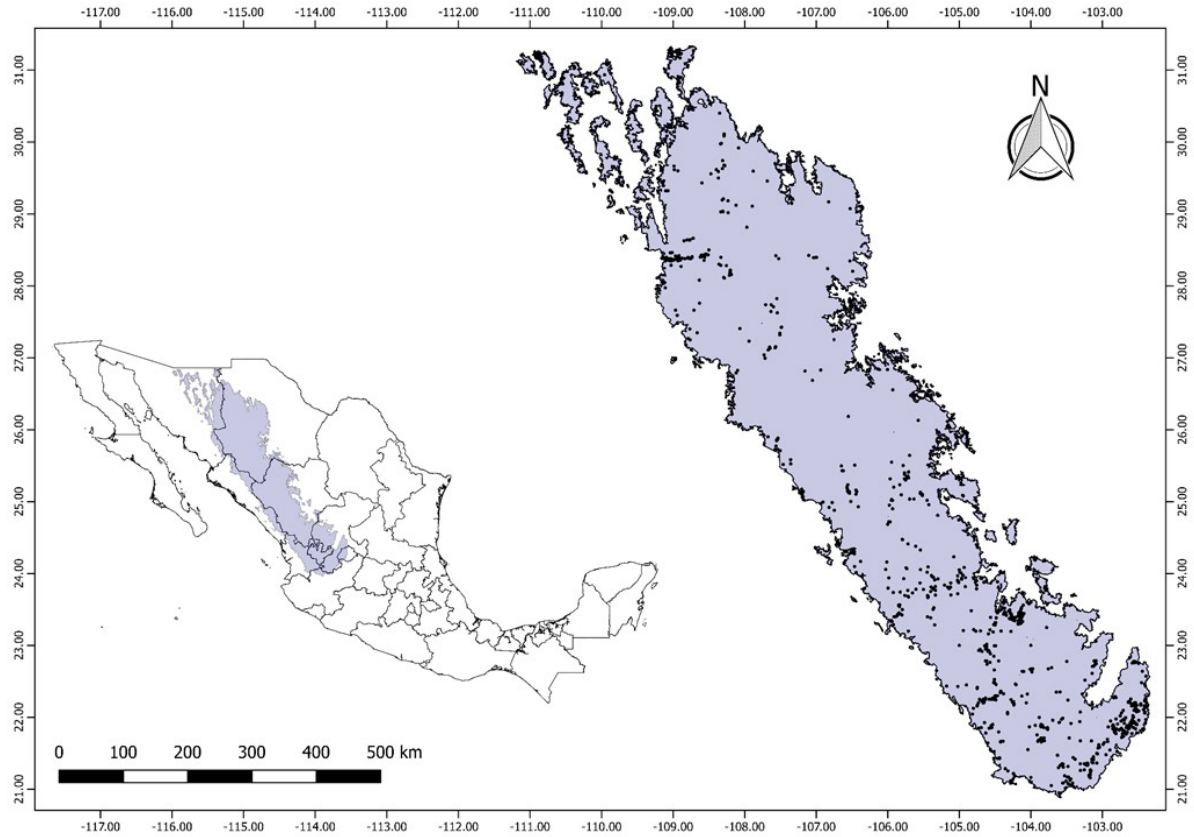

Figura 2. Registros del género *Euphorbia* (puntos negros) en la Sierra Madre Occidental (polígono marcado en gris).

Cuadro 9. Rango de número de registros de las especies de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental.

Rango de número de Registros	Cantidad de especies
1 a 10	64
11 a 20	18
21 a 30	7
30 a 40	2
41 a 50	3
51 a 60	4
61 a 70	0
71 a 80	0
81 90	3
>90	1

5.3. Áreas de riqueza y endemismo de *Euphorbia* presentes en la Sierra Madre Occidental

Riqueza temporal de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental

Los registros de la matriz de datos se dividen en 14 periodos de 10 años de acuerdo a la fecha de recolección. La mayoría de observaciones (84.6%) se concentran en las últimas 4 décadas y el periodo más productivo fue el de 1996-2005 con 474 registros, y en término de cantidad de especies recolectadas destaca el periodo de 1986-2005 (Cuadro 10). Los meses agosto, septiembre y octubre son aquellos en que se registra una mayor intensidad de colecta (>200 ejemplares), mientras el mes de febrero es el de menor número de registros (16).

La mayoría de las especies de *Euphorbia* de la SMO fueron descritas antes de 2000. Sin embargo, en las últimas 3 décadas se han descrito aún 12 especies (Cuadro 10), las más recientes en darse a conocer son *Euphorbia alatocaulis, E. chiribensis, E. nayarensis, E. pionosperma* y *E. spellenbergiana* (Figura 3). No se observa un patrón en la descripción de especies nuevas de *Euphorbia* que caen dentro del área de estudio, sino se perciben periodos esporádicos con descripción intercalados con otros sin novedades de este tipo. La década más productiva en estos términos es la de 1854-1863 con 33 especies descritas (Figura 3).

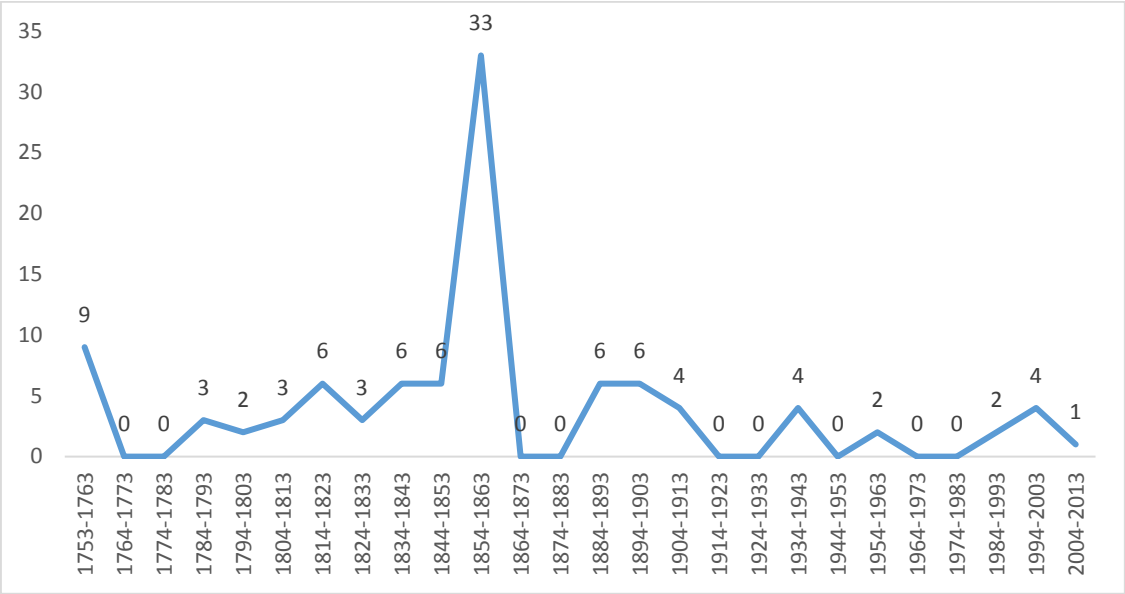

Figura 3. Tendencia de la descripción de especies de *Euphorbia* de la Sierra Madre Occidental por décadas.

Cuadro 10. Registros del género *Euphorbia* por periodos de diez años: número de especies contenidas en cada periodo y especies acumuladas.

Periodos	Años	Observaciones	especies
sin dato de año	0	32	25
1	1885-1895	3	3
2	1895-1905	15	14
3	1905-1915	11	8
4	1916-1925	4	4
5	1926-1935	5	5
6	1936-1945	10	9
7	1946-1955	9	4
8	1956-1965	37	21
9	1966-1975	54	27
10	1976-1985	225	49
11	1986-1995	352	69
12	1996-2005	474	63
13	2006-2015	185	51
14	>2016	45	18

Riqueza y endemismo de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental por estados

De los ocho estados que forman parte de la SMO, el que presenta una mayor cantidad de observaciones es Durango (391), seguido de Aguascalientes (273) y Zacatecas (236). Lo anterior es semejante al patrón de riqueza por entidades, ya que Durango posee mayor cantidad de especies (69 spp.), luego Zacatecas (45), Chihuahua (39), Aguascalientes (33), Jalisco (32), Sonora (31), y Sinaloa y Nayarit (27 cada uno) (Figura 4). Al disminuir el sesgo de diferencia por tamaño de superficie en cada estado (dividiendo la riqueza entre Logaritmo Natural (LN) de superficie; Squeo et al., 1998), el patrón de riqueza se mantiene para Durango (6.1300738) y Zacatecas (4.41246371), mientras que los demás estados cambian su posición: Aguascalientes (4.19552171), Jalisco (3.41207378), Chihuahua (3.37225675), Sonora (3.01350897), Nayarit (2.83160038) y Sinaloa (2.80901275).

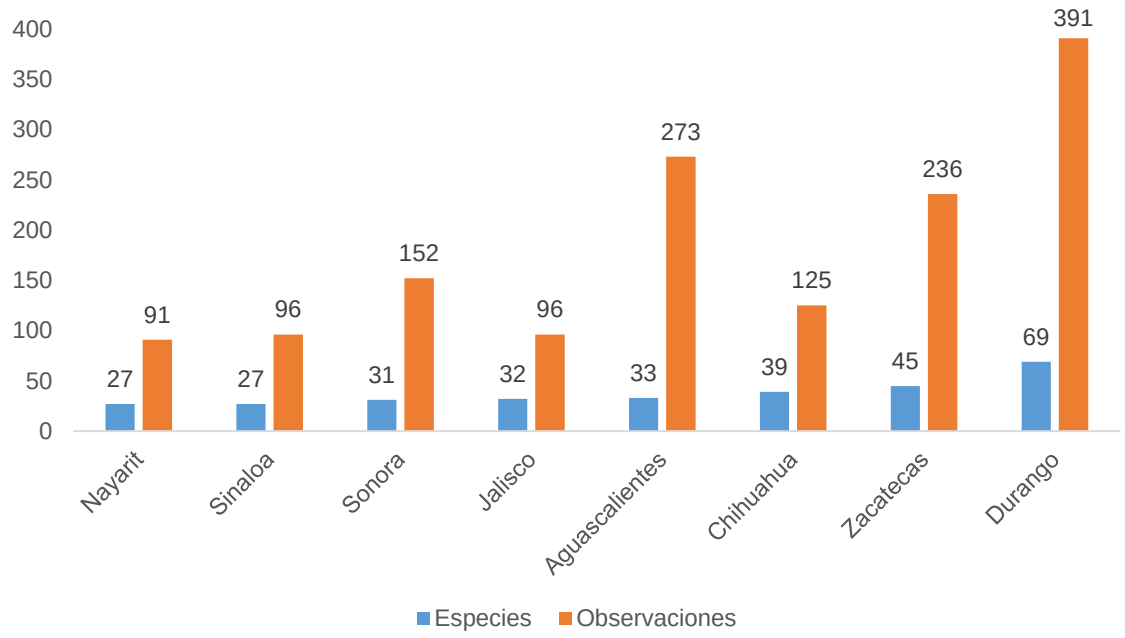

Figura 4. Riqueza y número de registros de *Euphorbia* por estados dentro de la Sierra Madre Occidental.

Para el caso de endemismo, de las 102 especies, 33 son endémicas a México, 5 son endémicas a la SMO y 2 son endémicas a solo un estado, de las especies restantes 33 se distribuyen en un solo estado dentro del polígono. El estado con más

especies endémicas a México es Durango (19), seguido de Zacatecas (12) y Jalisco (11). De igual manera estos presentan especies que solo se distribuyen dentro de la sierra, Durango (2) y Jalisco y Zacatecas una especie. Las especies endémicas a la SMO son: *Euphorbia alatocaulis, E. chiribensis, E. crepuscula, E. nayarensis* y *E. pionosperma*.

La curva de acumulación de especies realizada en la unidad estatal, no logró estabilizarse con el número de especies encontradas en los registros (Figura 5). Según el estimador de Chao 1 el inventario alcanzó 84.57% de las especies estimadas para el área, mientras que en ACE llego al 85.49%.

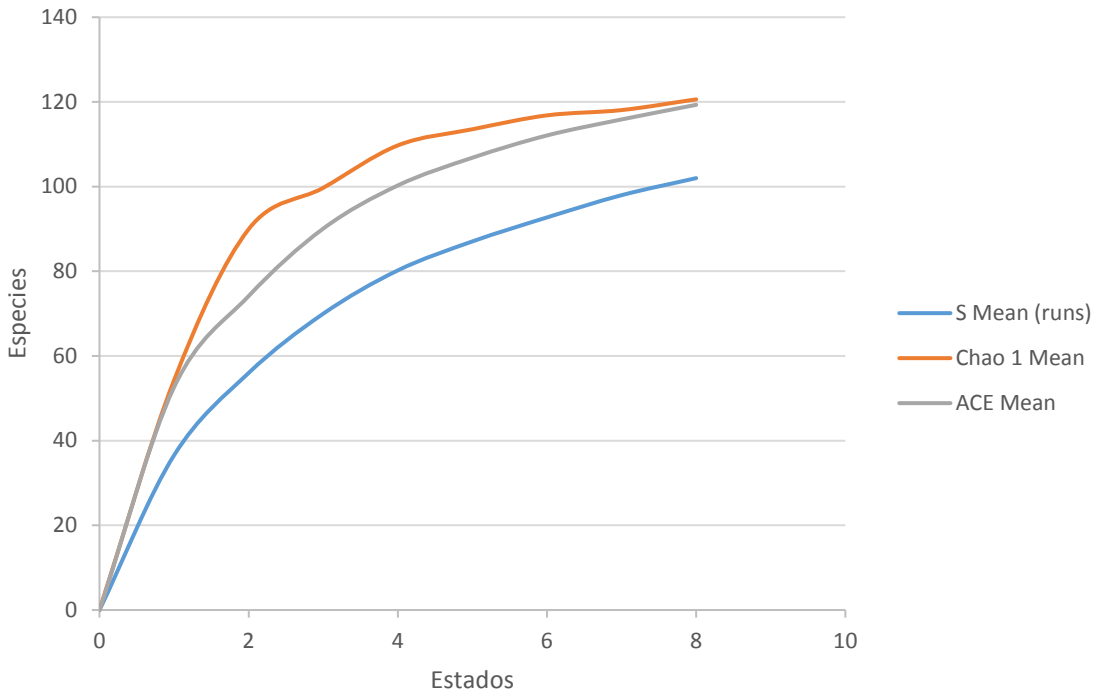

Figura 5. Curva de acumulación de especies por estado basada en la matriz de presencia-ausencia: Aguascalientes (1), Chihuahua (2), Durango (3), Jalisco (4), Nayarit (5), Sinaloa (6), Sonora (7) y Zacatecas (8).

Riqueza y endemismo de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental por municipios

Sólo 120 municipios de los 207 que quedan dentro de la SMO presentaron al menos un registro del género *Euphorbia,* para este análisis se utilizaron 1 433 registros, quedando un total de 100 especies, debido a que se eliminaron los que tenían coordenadas con precisión solo a nivel estatal. Los municipios que tiene un mayor número de registros son Calvillo (165), Mezquital (90), San José de Gracia (74), Yécora (71), Juchipila (67), Durango y Del Nayar (66 cada uno) y Súchil (61), el resto de los municipios tiene un valor menor a 60. Los municipios con mayor riqueza (al menos 15 especies) son: Calvillo (32), Durango (24), Mezquital (23), Del Nayar (20), Juchipila, Tepehuanes y Yécora (19 cada uno), San José de Gracia (17), Santiago Papasquiaro y Súchil con 16 (cada uno), y Moyahua de Estrada y San Martín de Bolaños (15 cada uno) (Figura 6). Al disminuir el sesgo de diferencia por tamaño de superficie en cada municipio (dividiendo la riqueza entre LN de superficie), el patrón de riqueza se mantiene para Calvillo (4.62569202817743), seguido de Juchipila (3.21981220196421), Durango (2.67922767730662) y Mezquital (2.53239116418397), los demás municipios conservan valores menores a 2.5.

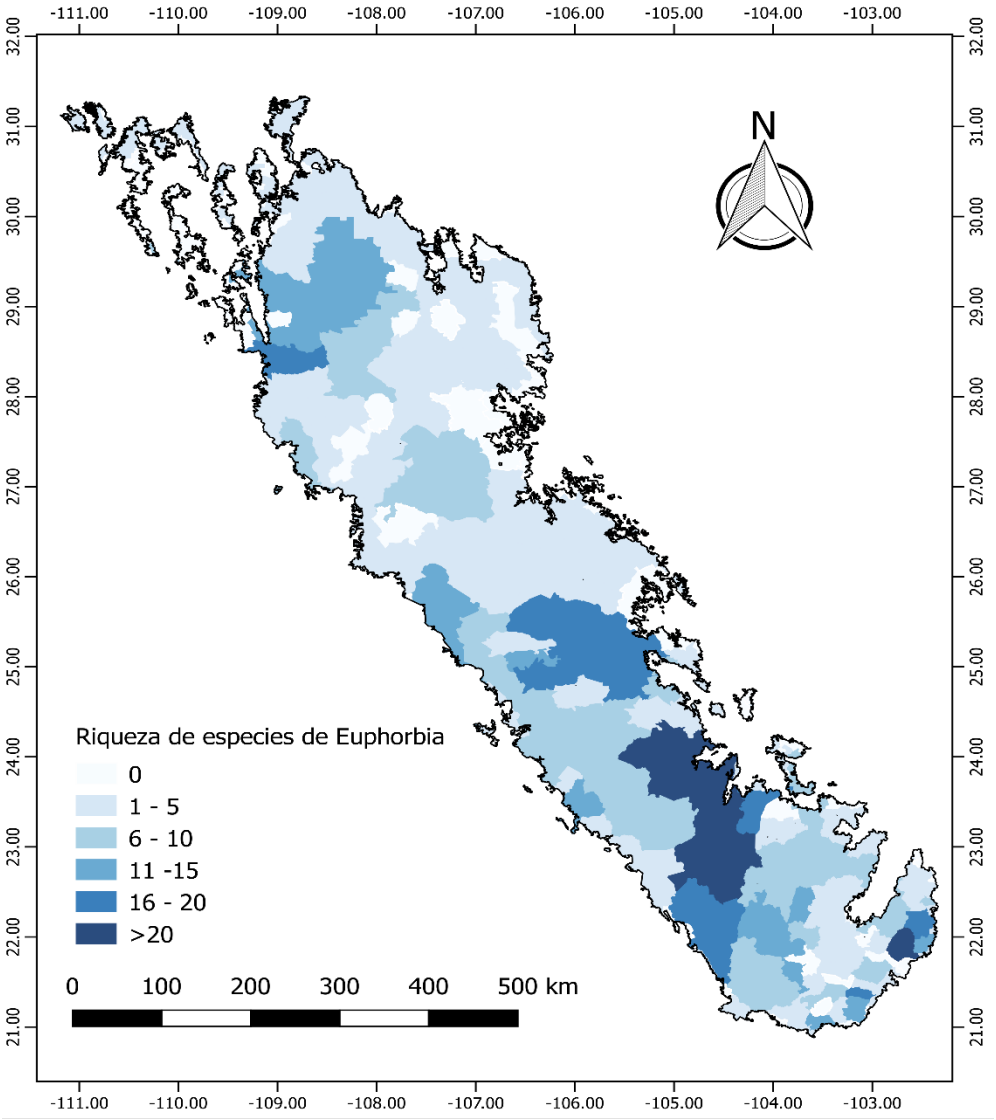

Figura 6. Riqueza de especies de *Euphorbia* por municipios en la Sierra Madre Occidental.

A nivel municipal, *Euphorbia nayarensis* es endémica al Municipio Del Nayar en el estado de Nayarit. Otras 23 especies más se distribuyen solo en un municipio dentro del polígono de Sierra Madre Occidental, pero no son endémicas a ellos. Del total, solo 74 municipios presentan al menos una especie que es endémica de México, los que tienen mayor cantidad son: Calvillo (9), Súchil (7) y San José de Gracia y Mezquital (6 cada uno). Súchil además posee una de las especies que son endémicas a la SMO,

las restantes se encuentran en los municipios de Yécora, San Dimas, Madera, Huejuquilla el Alto, Concordia, Valparaíso, Batopilas, Temósachic y Quiriego.

La curva de especies realizada para los municipios, al igual que la de estados, no logró estabilización, e incluso disminuyó su valor, esto debido a la eliminación de registros que no contenían datos de localidad precisa. El índice ACE indica 81.52% y Chao 1 señala 75.76% de representación de las especies estimadas para el área de estudio.

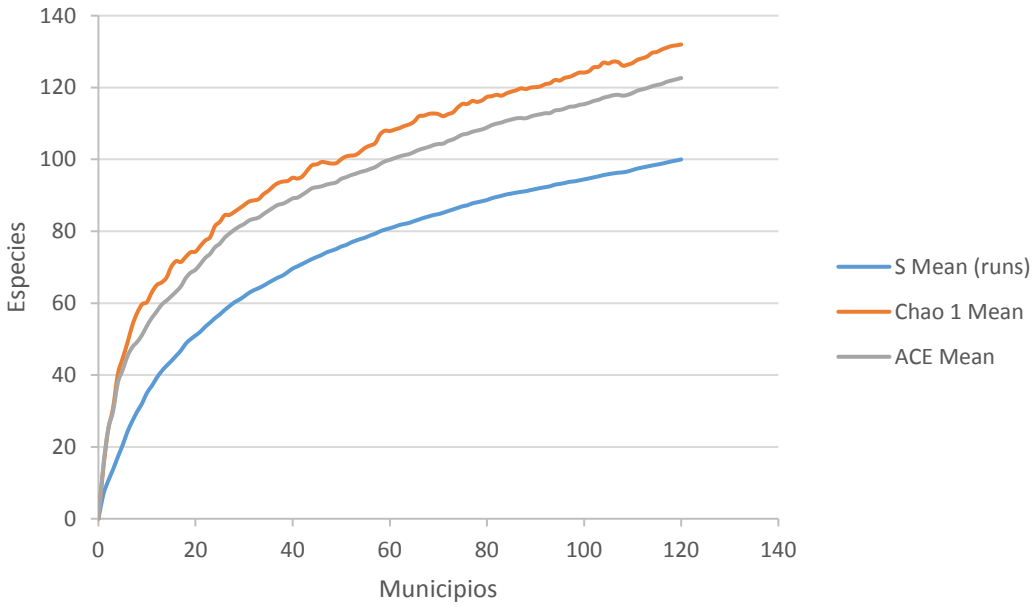

Figura 7. Curva de acumulación de especies por municipio basada en la matriz de presencia-ausencia.

Riqueza de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental por tipos de vegetación

En el análisis se utilizaron 1 257 registros con coordenadas precisas, y se excluyeron 233 que no contienen datos de vegetación. El total de registros con clasificación de tipo de vegetación fue 1 109, debido a que los registros que contenían más de un tipo de vegetación fueron duplicados. Los tipos de vegetación se

homogeneizaron acorde a la clasificación de Rzedowski (2006). En total quedaron 16 tipos (Cuadro 11). Los resultados obtenidos en cuanto a registros y riqueza de especies son similares; el bosque de coníferas con 357 registros y el bosque tropical caducifolio con 325 registros presentan la mayor riqueza (55 especies), seguidos del bosque de encino (41), matorral xerófilo y pastizal (29 especies cada uno). Los demás tipos de vegetación contienen menos de 15 especies.

Cuadro 11. Registros y riqueza de *Euphorbia* por tipo de vegetación dentro de la Sierra Madre Occidental.

Tipos de Vegetación	**Registros**	**Riqueza**
Sin tipo designado	233	59
Bosque de coníferas	357	55
Bosque tropical caducifolio	325	55
Bosque de encino	168	41
Matorral xerófilo	57	29
Pastizal	90	29
Bosque de galería	15	13
Área de cultivo	17	12
Área perturbada	19	12
Bosque espinoso	23	12
Bosque mesófilo de montaña	9	9
Vegetación secundaria	10	8
Bosque tropical subcaducifolio	7	6
Vegetación subacuática	7	6
Bosque tropical perennifolio	2	2
Vegetación acuática	2	2
Vegetación subalpina	1	1

Riqueza de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental por cuencas hidrográficas

Para este análisis se utilizaron solo los registros con coordenadas precisas (1 257) y un total de 99 especies. De las 38 cuencas que forman parte de la SMO, 32 cuentan con al menos un registro del género. La que presenta una mayor cantidad de observaciones es Río Juchipila (292), seguida de Río San Pedro (Región Presidio San Pedro) (156), Río Yaqui (126) y Río Huaynamota (118). Las cuencas restantes, contienen un número de registros menor a 100. La riqueza por cuenca se registra de la siguiente manera (consideradas solo aquellas con más de 15 especies): Río Juchipila (44), Río San Pedro (Región Presidio San Pedro 42), Río Huaynamota (35), Río Yaqui y Río Bolaños (28 cada uno), Río Culiacán (26), Río Verde Grande (24), Presa Lázaro Cárdenas (22), Río Presidio (18), Río Mayo (17), Río Santiago Guadalajara y Río Fuerte (16 cada una).

Riqueza de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental por regiones biogeográficas

En el caso de la división vertical, la región que presentó mayor cantidad de registros fue Madrense Sur (287), Madrense Central (98), Madrense Norte (83) y por último Archipiélago Madrense (44). Patrón que se repite con el de riqueza de especies: Madrense Sur (47 especies), seguida de Madrense Norte y Madrense Centro (26 cada una) y por último Archipiélago Madrense con 18.

La región que presenta mayor número de registros en la división horizontal de la SMO por afinidad ecológica es la región Tropical-T (461), luego Madrense Xerófila-MX (382), Madrense (235), Madrense Tropical-MT (167) y 12 especies más que no se encuentran en ninguna de las regiones. En el caso de la riqueza, el patrón continúa similar al número de registros, en primer lugar, Tropical-T (64), Madrense Xerófila-MX (58), Madrense-M3 (47), Madrense Tropical-MT (43).

Riqueza espacial (latitud, longitud, altitud) de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental

Los rangos de latitud determinados por medio grado son 23. Aquellos que presentan una cantidad mayor a 100 registros son 21-21. 5º (222), 21.5-22º (154), 22-22. 5º (152), 23-23. 5º (116) y 23.5-24º (115). En este caso, la mayor cantidad de registros es similar a los resultados de riqueza (Figura 8), los rangos que presentan una cantidad de especies mayor a 15 son los rangos de tres al once (21-25.5°) con una riqueza entre 18 y 40 especies, luego el 17 (28-28. 5º) con 23, y 19 (29-29. 5º) con 19 (Figura 8).

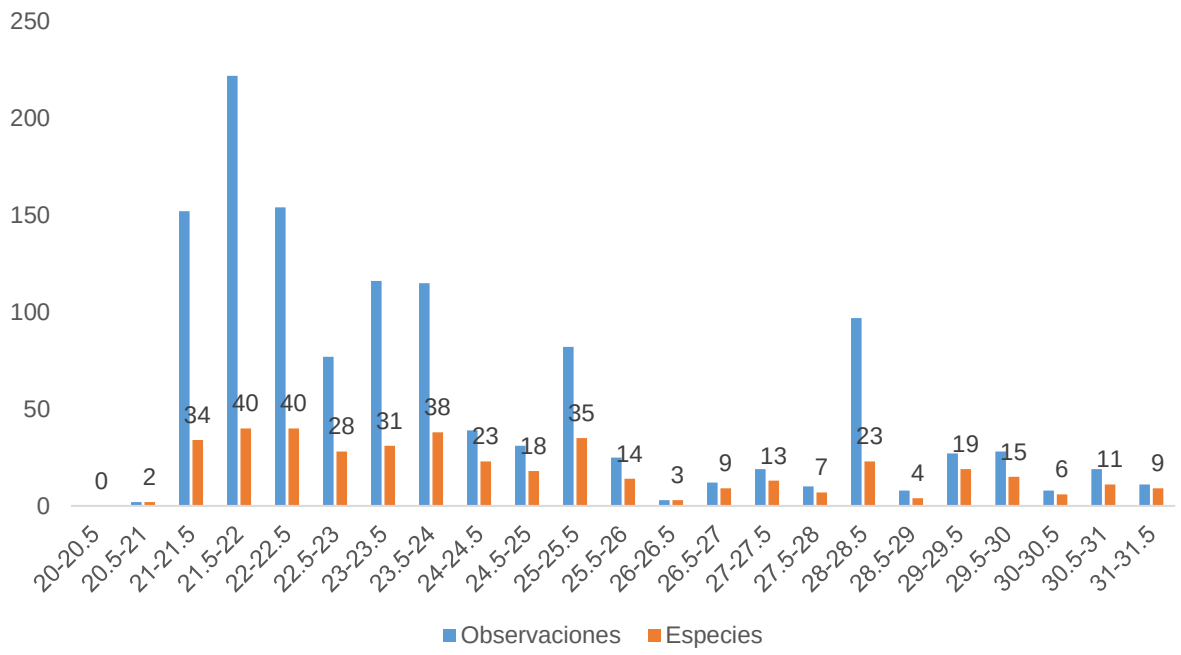

Figura 8. Registros y riqueza de *Euphorbia* por rangos latitudinales de medio grado en la Sierra Madre Occidental.

En el caso de longitud, los rangos obtenidos son 19, los que presentan registros mayores a 100 son el 102.5 -103º (239), 104-104.5º (167), 103-103.5º (157) y 104.5-105º (126) (Figura 9). En cuanto a riqueza, 14 de los 19 rangos presentan más de 15

especies. Estos comprenden a los rangos del 109-109.5º al 102-102.5º, excluido el 106-106.5º, con valores de 16 a 45 especies (Figura 9).

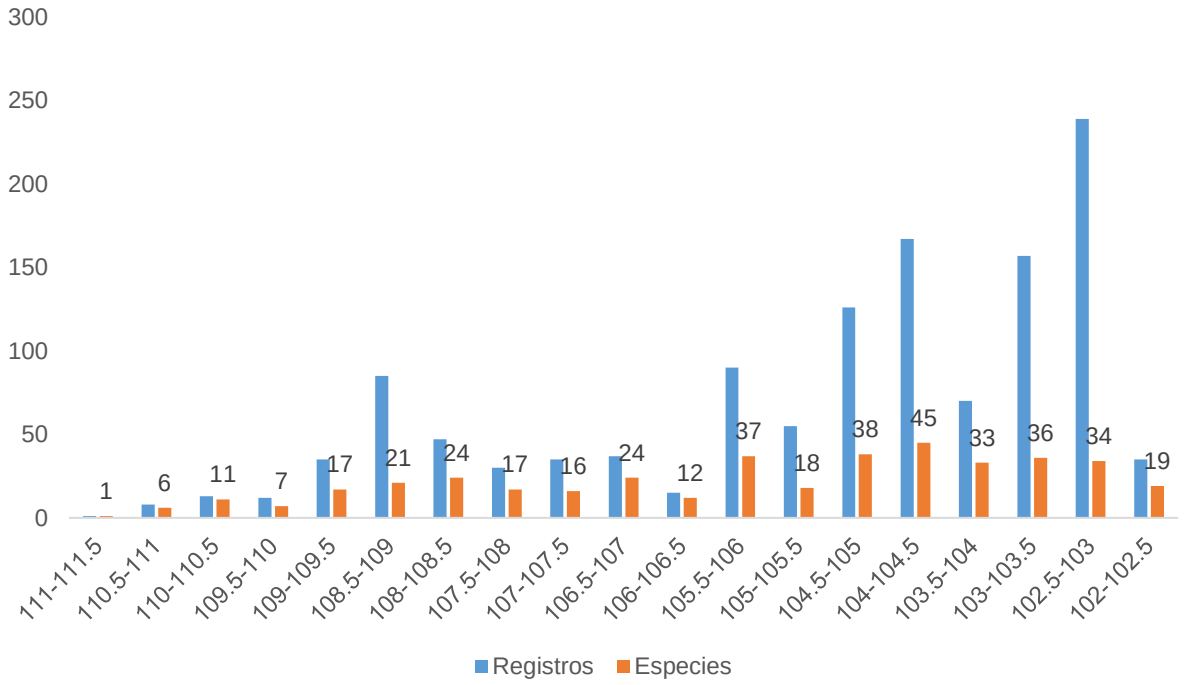

Figura 9. Registros y riqueza de *Euphorbia* por rangos longitudinales de medio grado en la Sierra Madre Occidental.

Para el análisis por altitud se utilizó el total de registros presentes en la SMO, de donde se obtuvieron 34 rangos altitudinales. La riqueza y el número de registros presentan un patrón de a mayor número de registros-mayor riqueza y se concentra entre las altitudes 1 000 a 2 600 m (Figura 10). Con un conteo de registros que van de 28 a 134 como máximo y una riqueza de 15 a 46 especies. La altitud de 1 900-2 000 m contiene la mayor riqueza y 2 100-2 200 el mayor número de registros (Figura 10).

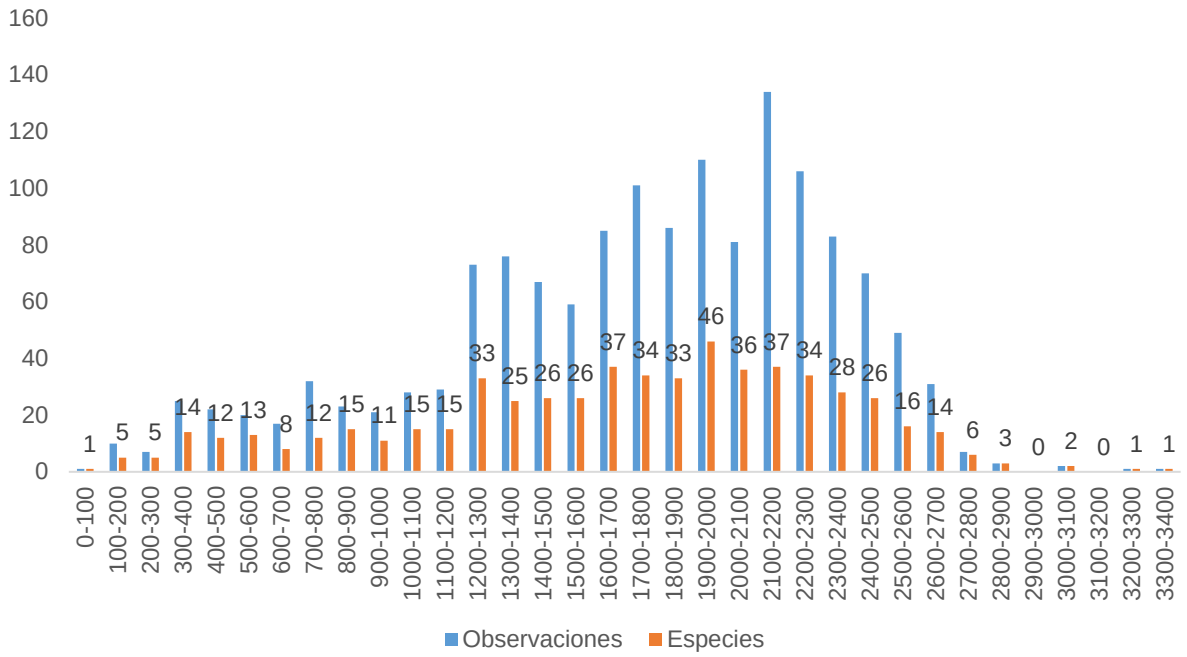

Figura 10. Riqueza de *Euphorbia* por rangos altitudinales de 100 m dentro de la Sierra Madre Occidental.

Riqueza de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental por cuadrícula de área definida

Para este caso solo se utilizaron los registros con coordenadas precisas (1 257 registros). El polígono de la SMO se dividió en celdas de 45.7 × 45.7 km, como resultado de aplicar la metodología de Willis et al. (2003). Las coordenadas extremas empleadas para la cuadrícula fueron: -114.18º, -99º, 17º, 34.02º. En total se identificaron 8 celdas con una riqueza >15 especies (Figura 11). Estas celdas localizadas en la parte sur de la SMO. Las uno, dos, cuatro y ocho se localizan en los estados de Aguascalientes y Zacatecas, la celda número 7 en Jalisco y una pequeña porción de Nayarit, 3 y 6 en Durango y la 5 con porciones en Chihuahua y Sonora (Figura 11). Del total de cuadrículas, 63 no presentaron registros de distribución de ninguna especie y las tres que presentaron mayor riqueza son: cuadrícula 1 (29 spp.) que incluye los municipios de Calvillo, Huanusco, Jalpa, El plateado de Joaquín Amaro, Nochistlán de Mejía, Tabasco, Teocaltiche, Tlantenango de Sánchez Román, Villa

Hidalgo y Villanueva, 2 (28) en municipios de Aguascalientes, Calvillo, Jesús María, Pabellón de Arteaga, San José de Gracia y Villa Hidalgo, y la celda número 4 (25) que abarca los municipios de Apozol, Benito Juárez, Juchipila, Mezquital del Oro, Moyahua de Estrada, Santa María de la Paz, Tepechitlán, Teúl de González Ortega y Trinidad García de la Cadena.

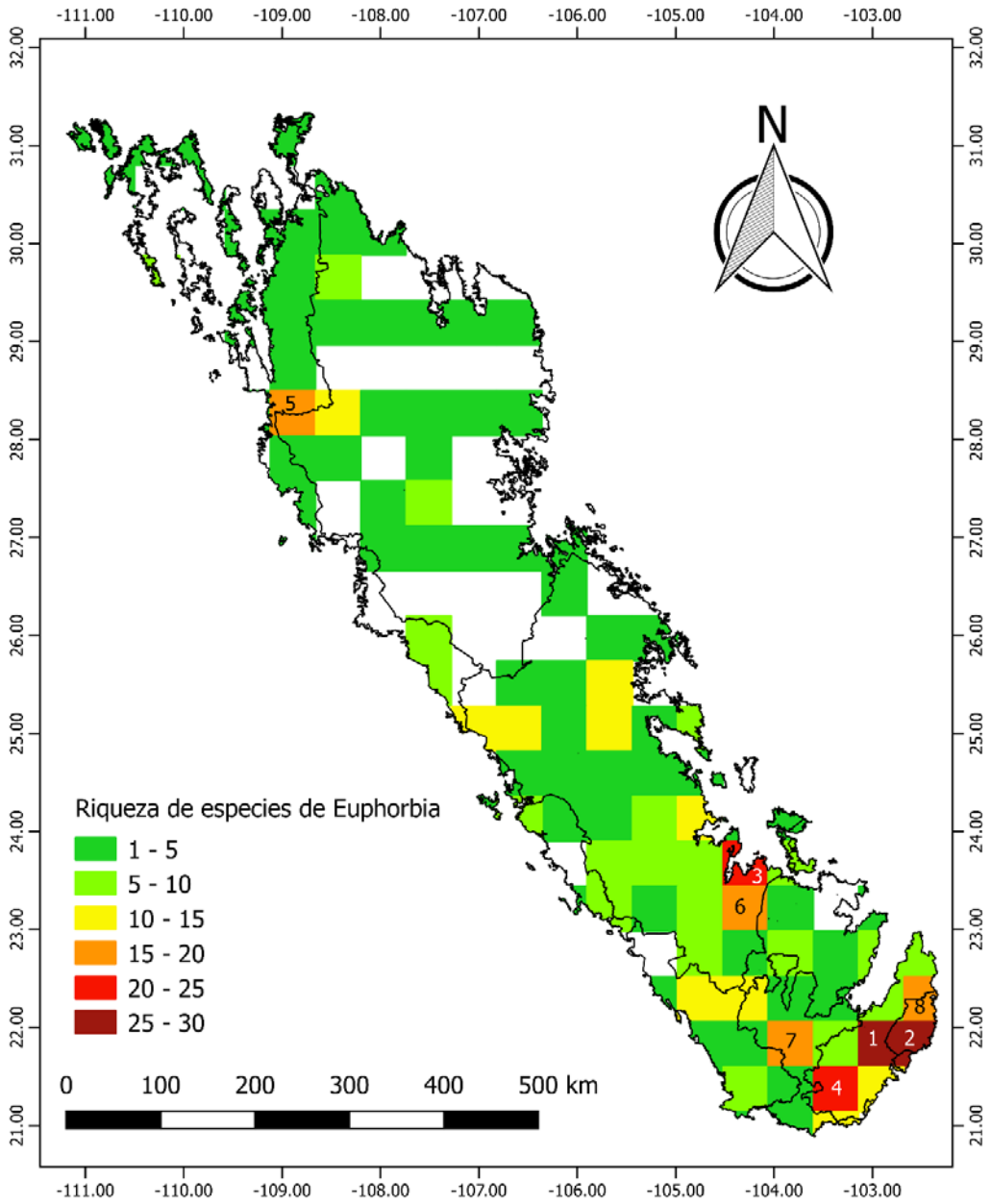

Figura 11. Riqueza de especies de *Euphorbia* por cuadros de área definida (45.7 × 45.7 km) dentro de la Sierra Madre Occidental.

5.4. Distribución potencial de las especies del género *Euphorbia* encontradas en el polígono que comprende a la Sierra Madre Occidental

Durante el proceso de estimación de distribución potencial se emplearon 53 especies del total de 102, ya que esa cifra era la que poseía al menos 10 registros (los modelos de distribución potencial se acompañan en archivos digitales anexos). De la suma de los puntos extraídos de la matriz de presencia/ausencia de los modelos de distribución potencial y los registros con coordenadas precisas originales se conjuntaron 6 723 registros finales con coordenadas.

Las celdas con más de 20 especies de *Euphorbia* son 107 y se concentran en el oeste de Chihuahua y este de Sonora, y al sur de la SMO en los estados de Jalisco, Nayarit y Zacatecas (Figura 12). 17 celdas no presentan registros de distribución de especies y las que cuentan con mayor riqueza son las celdas 1 (50 spp.) que abarca los municipios de Apozol, Benito Juárez, Juchipila, Mezquital del Oro, Moyahua de Estrada, Santa María de la Paz, Tepechitlán, Teúl de González Ortega y Trinidad García de la Cadena, las tres celdas con el número 2 (48): 2a en los municipios de Álamos, Chínipas, Guazapares y Urique; celdas 2b en municipios de Del Nayar, Huejuquilla el Alto, Mezquital, Mezquitic, Monte Escobedo, Valparaíso y Villa Guerrero y 3 (47) Bolaños, Chimaltitán, La Yesca, Mezquitic, San Martín de Bolaños y Villa Guerrero.

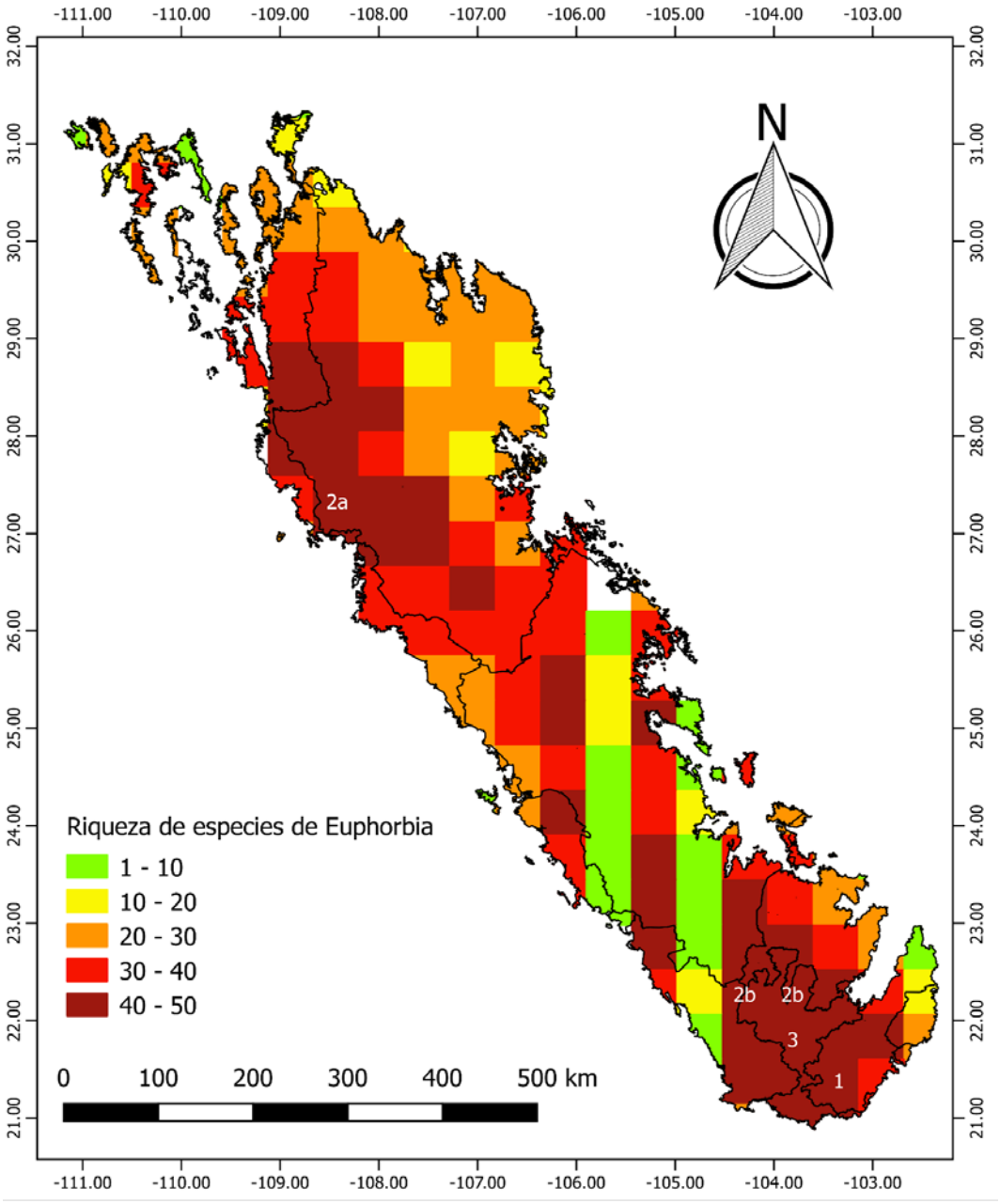

Figura 12. Riqueza de especies de *Euphorbia* por cuadros de área definida (45.7 × 45.7 km) enriquecida con puntos a partir de modelos de distribución potencial dentro de la Sierra Madre Occidental.

5.5. Análisis panbiogeográfico de las especies del género *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental

El total de registros obtenidos para este análisis fue de 2 030 y un total de 67 especies. El total de trazos generalizados es de 20, los tres que presentaron más especies son los trazos 5 (17 spp.), 8 (12) y 19 (8) (Cuadro 12). Los nodos se definieron a partir de la coincidencia de al menos 5 trazos generalizados (80% de aquellos conformados por al menos 3 especies). Los 6 trazos empleados para la identificación de nodos fueron: 1, 5, 6, 7, 8 y 19.

Los nodos identificados fueron cuatro, todos están constituidos por los trazos 1, 5, 6, 7 y 19. Destacó que el trazo generalizado 8 no coincide con ninguno de estos nodos pese a que contiene 12 especies (Figura 13). En total, 48 especies se conjuntan dentro de los nodos identificados, esto equivale al 47.06% de la riqueza total que se tiene en este trabajo.

La ubicación de los nodos está en los estados de Chihuahua y Durango. El nodo 1 queda en Chihuahua en los municipios de Moris, Uruachi y límites de Ocampo, el nodo 2 se encuentra entre los estados de Chihuahua (mpios. Balleza, El Tule, Huejotitán, Santa Bárbara y San Francisco del Oro) y Durango (mpio. Ocampo) y los nodos 3 y 4 son muy próximos y se ubican en Durango (mpios. Durango, Mezquital y Pueblo Nuevo).

Cuadro 12. Número de trazos generalizados de especies de *Euphorbia* en la Sierra Madre Occidental y composición de especies de cada uno.

Trazo	Especies	Trazo	Especies
1	*E. abramsiana*, *E. colorata, E. pionosperma*, *E. spathulata*	11	*E. sphaerorhiza*
2	*E. chamaesula*, *E. indivisa*	12	*E. serpillifolia*
3	*E. cinerascens*	13	*E. dentata*
4	*E. brachycera*	14	*E. capitellata*
5	*E. cuphosperma, E. berteroana, E. anychioides, E. heterophylla, E. creberrima, E. guadalajarana, E. jasliscensis, E. mendezii, E. multiseta, E. feddemae, E. potosina, E. pulcherrima, E. schlechtendalii, E. spellenbergiana, E. velleriflora, E. villifera, E. bilobata*	15	*E. florida, E. hirta*
6	*E. graminea, E. alatocaulis, E. cyathophora, E. hexagonoides*	16	*E. furcillata*
7	*E. hyssopifolia, E. pediculifera, E. serrula*	17	*E. exstipulata, E. arizonica*
8	*E. lomelii, E. cymosa, E. hypericifolia, E. delicatula, E. densiflora, E. dioscoreoides, E. francoana, E. ocymoidea, E. strigosa, E. subreniformis, E. thymifolia, E. califórnica*	18	*E. gracillima*
9	*E. albomarginata*	19	*E. prostrata, E. antysiphilitica* *E. macropus, E. misella* *E. davidii, E. ophthalmica* *E. radians, E. alta*
10	*E. nutans, E. succedanea*	20	*E. stictospora*

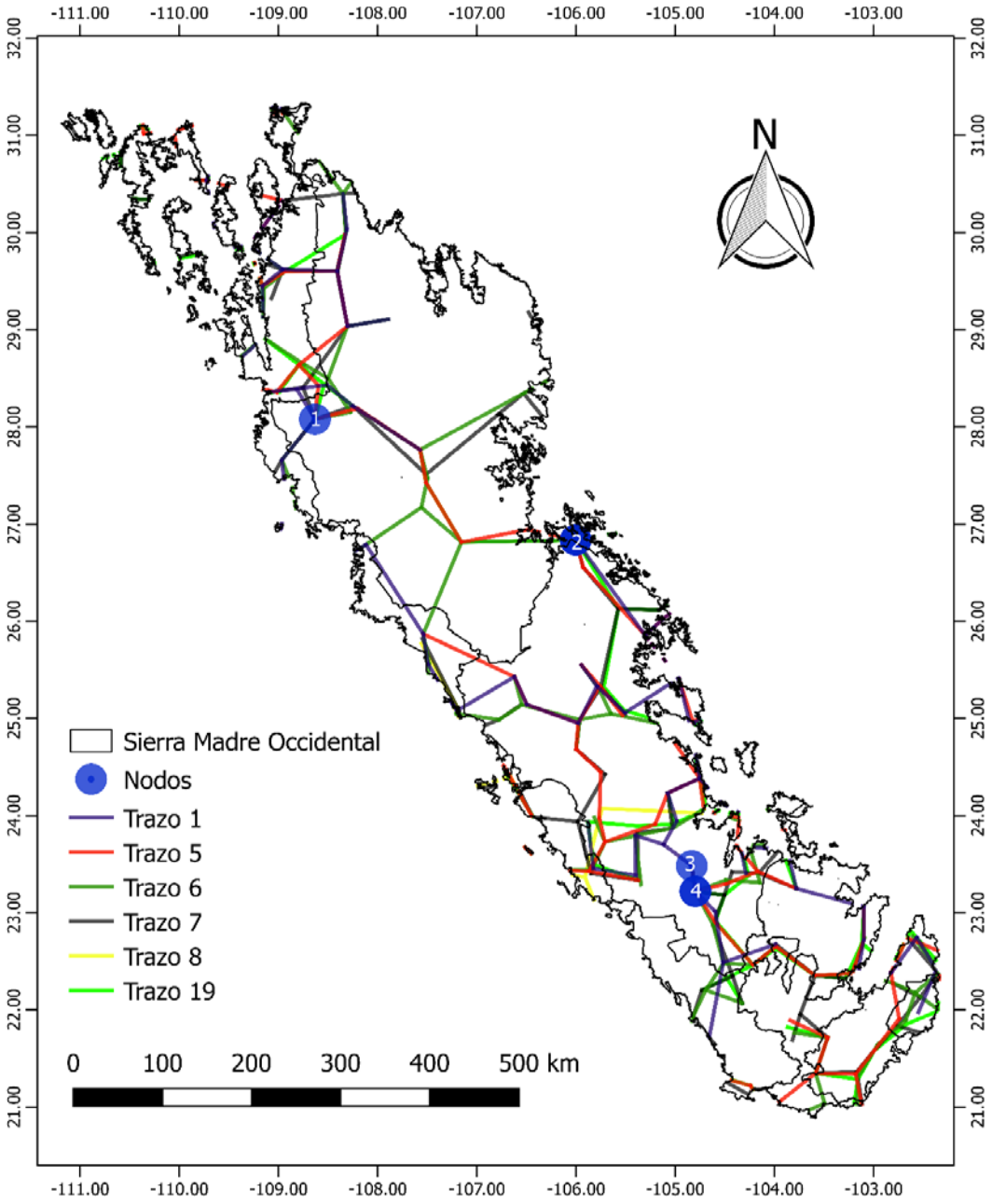

Figura 13. Trazos generalizados y nodos de la distribución de las especies de *Euphorbia* dentro de la Sierra Madre Occidental.

5.6. Identificación de áreas deficientes en exploración de la flora vascular de la Sierra Madre Occidental

En total 87 municipios no contienen registros, los municipios que menos exploración presentan pertenecen a los estados de Sonora (28), Chihuahua (24) y Zacatecas (11), para los estados de Aguascalientes, Durango, Jalisco, Nayarit y Sinaloa el número de municipios faltantes de exploración es menor a 10.

Al realizar la comparación de la riqueza por cuadrícula con la obtenida por distribución potencial, se obtiene un total de 144 celdas que presentan diferencia con valores desde 1 a 48, esto nos indica que gran parte de la SMO tiene áreas con poca exploración en la cual se puede encontrar mayor riqueza de especies (Figura 14). Del total, 15 presentan una diferencia con valor mayor a 40 (Figura 14). Estas áreas se encuentran distribuidas en los estados de Chihuahua (mpios. Chínipas, Guadalupe y Calvo, Guazapares, Madera, Sahuaripa, Temósachic, Urique y Uruachi), Durango (mpios. Canelas, Pueblo Nuevo, Santiago Papasquiaro, Tepehuanes y Topia), Jalisco (mpios. Huejuquilla el Alto, Mezquitic, San Martín de Bolaños y Tequila), Nayarit (mpios. Acaponeta, Del Nayar, Huajicori y La Yesca), Sonora (mpios. Álamos, Quiriego), Sinaloa (Choix y Rosario), y en Zacatecas (mpios. Benito Juárez, Teúl de González Ortega y Valparaíso). La celda que presentó mayor valor fue la 488* (48), esta abarca parte de los municipios de Álamos, Chínipas, Guazapares y Urique.

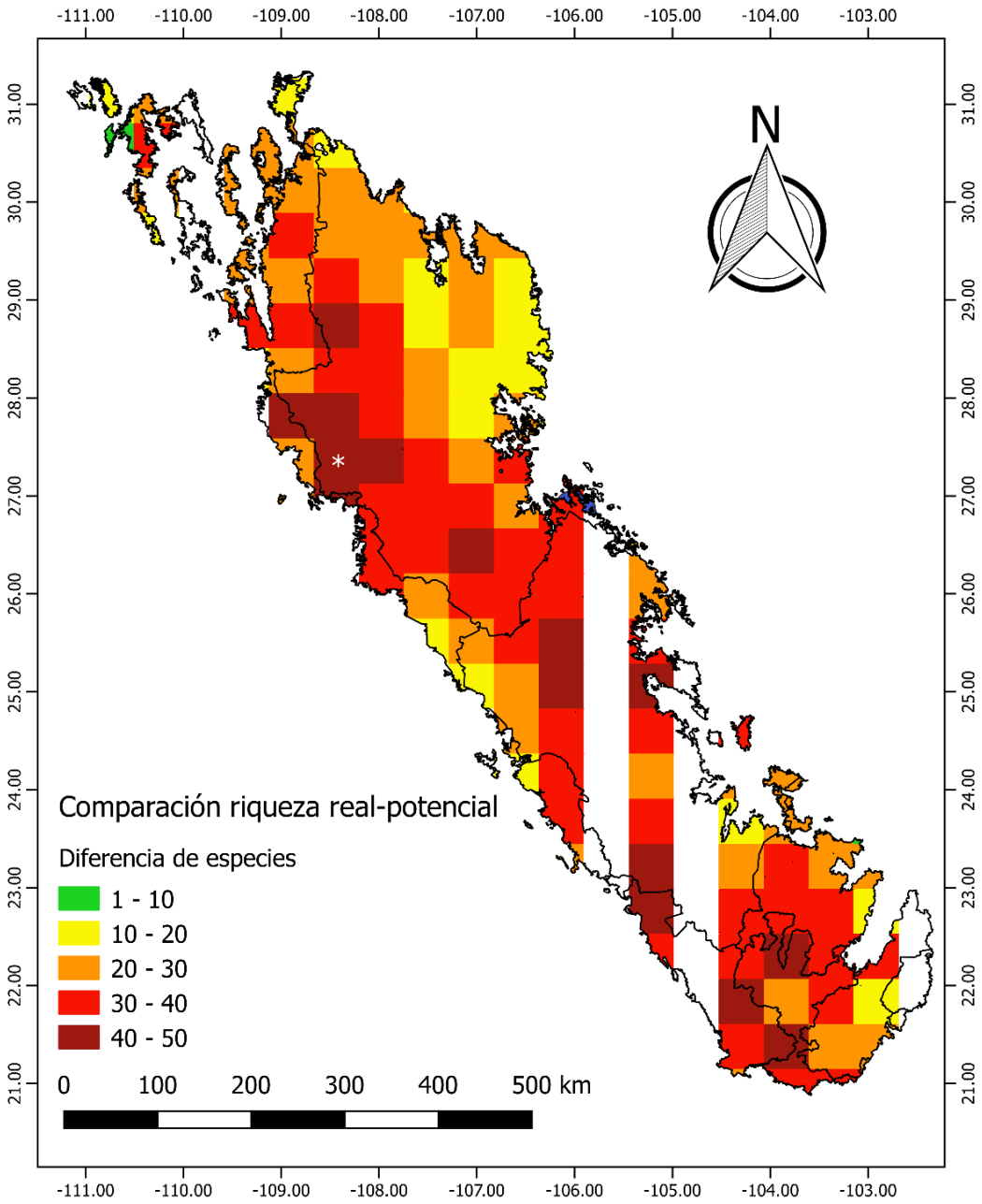

Figura 14. Diferencia de riqueza real y potencial por cuadrícula.

5.7. Identificación de áreas prioritarias para conservación

Al concentrar los resultados de riqueza, endemismo, distribución potencial y análisis panbiogeográfico e incluso áreas deficientes de exploración del género *Euphorbia* por las diferentes unidades, se obtienen cuatro áreas prioritarias (Figura

15). Una de ellas se ubica en Chihuahua en colindancia con Sonora, la segunda entre los límites de Chihuahua y Durango, la tercera en Durango y la cuarta es compartida por los estados de Aguascalientes y Zacatecas.

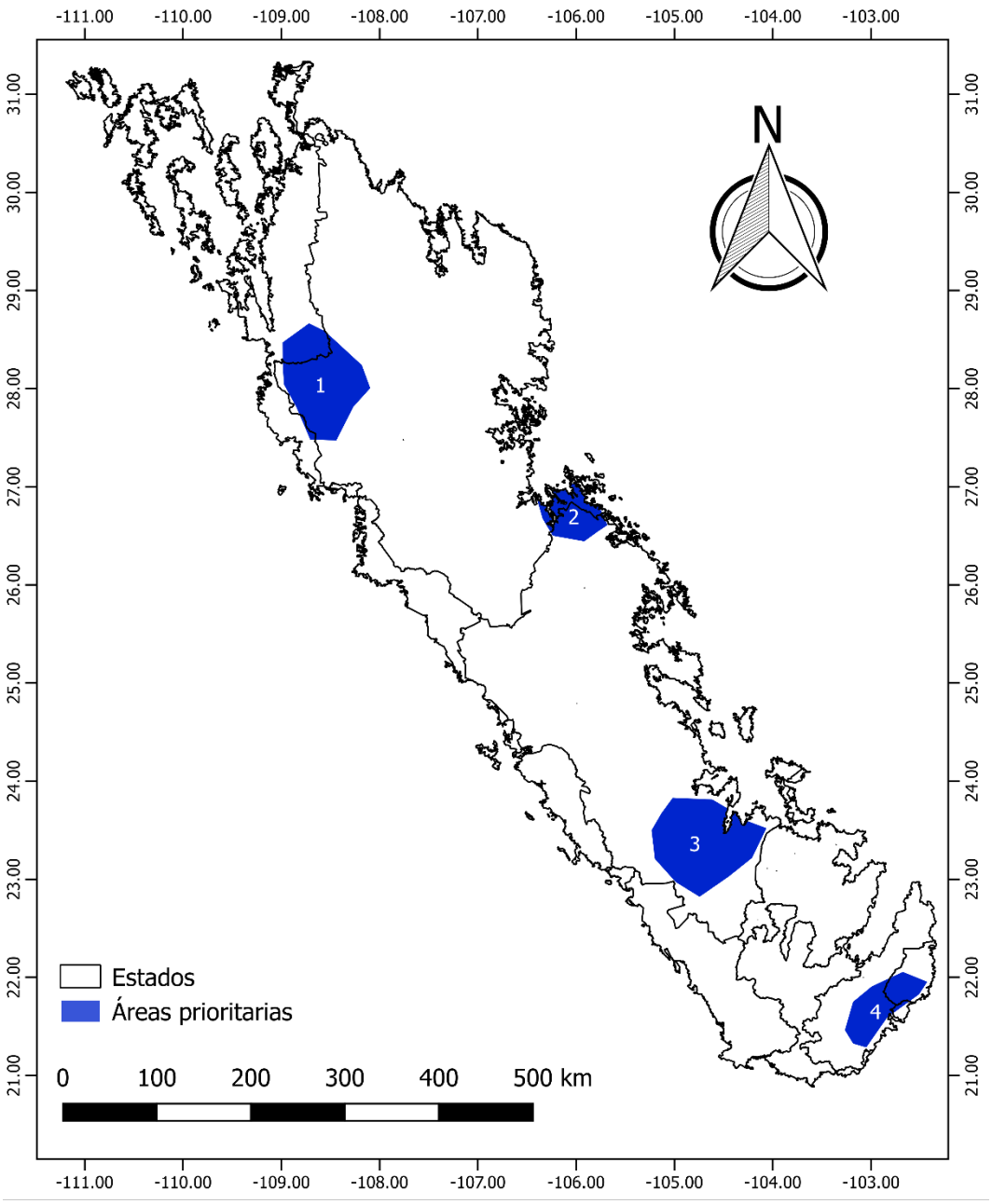

Figura 15. Áreas prioritarias de conservación acorde al género *Euphorbia.*

Al contrastar estas áreas definidas con las ANP´s ya establecidas en el polígono, la superficie de tres se traslapa. Por tanto, el área uno y cuatro quedan reducidas, el área número dos queda intacta. Mientras que el área tres queda fragmentada (Figura 16).

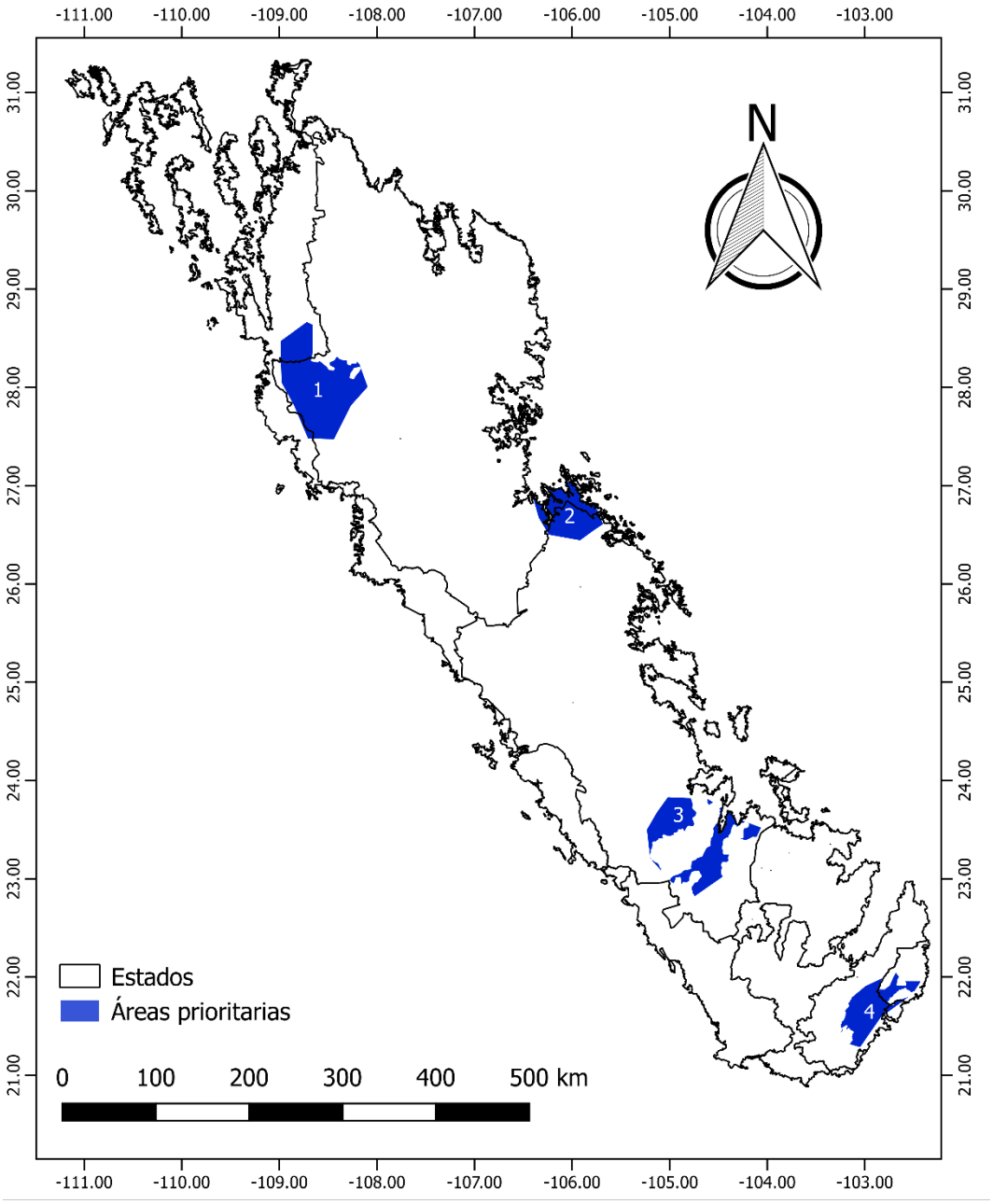

Figura 16. Áreas prioritarias de conservación definidas con el género *Euphorbia*.

VI. DISCUSIÓN

En este trabajo se identificaron distintos parámetros (riqueza, endemismo, y distribución potencial) en distintas unidades. La base de datos contiene limitantes que hacen que los resultados obtenidos sean sesgados a la utilización de la cantidad de registros con la información requerida. Es decir, parte de los registros no contaban con año de colecta, ubicación precisa de recolecta, altitud, tipo de vegetación y forma de crecimiento. Estos registros de escasa información sesgan los resultados y disminuyen la posibilidad de obtener una visión más cercana a la realidad.

La cantidad de registros en este estudio tiene un valor de 0.00580175 por tamaño de superficie, el cual es representativo. Al contrastar con otros estudios puede considerarse bajo o alto según el tamaño de superficie. Ejemplo, si se compara con el estudio de Vega-Aviña (2000) para Sinaloa quien obtiene un valor de 0.12049852 nuestro resultado es bajo. Comparado con otros trabajos a escalas mayores como el obtenido por Esparza-Sandoval (2010) para el género *Opuntia* en México donde el valor es 0.000907668 y el de Munguía-Lino et al. (2015) para tribu Tigridieae (Iridaceae) en Norteamérica quien tiene 0.00013366, nuestro resultado es considerado alto. Lo que indica que el tamaño de la superficie influye en este valor.

La SMO en México, engloba entre el 37-43% del total de especies de *Euphorbia* reportado para México por diferentes autores: 39.84% de las registradas por Steinmann (2002), 39.69% de las enlistadas por Martínez-Gordillo (2002), 37.23% de las reportadas por Villaseñor (2004), y para el mismo autor en 2016 equivale a un 42.04%. A nivel subgénero, el que presenta mayor cantidad de especies es *Chamaesyce,* seguido de *Esula* y *Euphorbia,* que difiere al orden señalado a nivel global (Yang et al., 2012; Dorsey et al., 2013; Riina et al., 2013 Evans et al., 2014).

El 12.8% de las especies de *Euphorbia* en la SMO son endémicas de México, y Durango, Jalisco y Zacatecas son los que conjugan un mayor porcentaje de ellas, entre 10-19% cada uno. De igual manera Martínez-Gordillo et al. (2002), mencionan un 52.91% de endemismo para *Euphorbia* pero solo a nivel nacional.

En la riqueza por estados, se tienen datos reportados para algunos de los que forman parte de la SMO. Si se comparan las cifras de los resultados obtenidos aquí con aquellos que cuentan con registros, se tiene: 33 de 37 (89.19%) en Aguascalientes (De la Cerda, 2011), 69 de 46 (+50%) para Durango (González-Elizondo et al., 1991), 32 de 82 (39%) para Jalisco (Ramírez-Delgadillo et al., 2010), 27 de 30 (90%) en Sinaloa (Vega-Aviña, 2000) y 31 de 71 (43.66%) en Sonora (Steinmann, 1997).

Al comparar la SMO con regiones como Nueva Galicia, Desierto Chihuahuense y zonas adyacentes y la Península de Baja California, esta es la que concentra la mayor riqueza de *Euphorbia* (Johnston, 1975; Henrickson & Johnston, 1997; McVaugh, 1961; San Diego Natural History Museum, 2016).

La riqueza a nivel municipal va acorde con la riqueza estatal, pues la mayoría de los municipios que concentran valores mayores a 15 especies se encuentran dentro del estado de Durango.

La falta de registros en 87 municipios pudiera deberse en parte a que muchos de ellos fueron excluidos de los análisis por la falta de información espacial precisa. Otra razón es que varios de los municipios están representados en la SMO solo por porciones pequeñas, lo que disminuye la probabilidad de que algunas colectas hayan derivado de esos sitios.

Existe una mayor riqueza de *Euphorbia* en el bosque de coníferas y bosque tropical caducifolio. Para Sonora, Steinmann (1997) indica que la mayoría de las especies se encuentran en el bosque tropical caducifolio y bosque de encino. Esto puede deberse a que la mayoría de las Euphorbiaceae tienen afinidad por los ambientes tropicales (Martínez-Gordillo et al., 2002; Steinmann, 2002; De la Cerda, 2011; Dorsey et al., 2013).

Los resultados de riqueza en las cuencas hidrográficas también se vieron afectados por la disminución de registros al excluir aquellos con coordenadas imprecisas, ya que la cantidad de especies disminuyo. Los resultados obtenidos mediante este análisis indican una mayor cantidad de especies en la parte sur y oeste

de la sierra. Además, la cuenca obtenida con mayor número de especies es la que incluye a municipios también reportados con riqueza considerable.

La riqueza en división horizontal obtenida por regiones biogeográficas coincide con lo obtenido por Delgado-Zamora (2014) para la familia Malvaceae, donde la región Tropical concentra la mayor cantidad de especies. En la división vertical, se tiene que la mayor riqueza y mayor cantidad de registros se concentran en la región Madrense Sur. En México, solo en el área de la SMO el género *Euphorbia* presenta una cantidad de especies similar a la riqueza de distintos países como Irán (Noori et al., 2009), y el doble o más que Guatemala (Standley & Steyemark 1949), Nicaragua (Stevens et al., 2009), China (Bingtao et al., 2008), Panamá (Webster y Burch., 1967) y Colombia (Murillo, 2004).

La riqueza aparece muy relacionada a la cantidad de registros por cada intervalo de latitud, la misma se concentra en los estados de la parte sur de la sierra entre los grados 21 y 25. Longitudinalmente, la riqueza de especies presenta una extensión hacia los extremos norte y sur de la sierra. Coincide con los resultados obtenidos para la cuadrícula de 45.7 × 45.7 km, donde se observa una mayor concentración de especies en la parte sur (Figura 11). A su vez, en los grados con mayor riqueza por longitud también existen valores de riqueza por distribución potencial bastante altos.

La altitud óptima para el crecimiento de las especies de *Euphorbia* se encuentra entre los 1 000 y 2 600 m., resultados similares a los obtenidos por Alcántara, Luna & Velázquez (2002) para seis géneros de plantas. Ellos mencionan que la mayoría de las especies de estos, se encuentra en zonas templadas con altitud promedio de 1 853 m (± 600). Estas altitudes son en las que se encuentran los bosques de coníferas y tropicales (González-Elizondo et al., 2012), que a su vez son los que presentan mayor cantidad de especies. En las altitudes menores a 900m la riqueza de especies es muy poca, debido a que también esta altitud ocupa poca superficie en el polígono (González-Elizondo et al., 2012).

Dentro del análisis panbiogegráfico, el nodo 1 se encuentra cercano a el área natural protegida Tutuaca (Chihuahua, mpios. Guerrero, Madera, Moris, Ocampo y

Temósachic; Sonora, mpios. Sahuaripa y Yécora), el nodo número 2 no está incluido dentro de ningún área de protección, el nodo 4 se encuentra dentro del área C.A.D.N.R. 043, mientras que el 3 se encuentra en los límites de la misma. A su vez, solo el nodo uno se traslapa con la superficie de la celda número 5 del análisis por cuadrícula de 45.70 × 45.70 Km, celda que se encuentra entre las que contienen una riqueza mayor a 15 especies.

El mapa de riqueza por cuadrícula de área exhibe que gran parte de la SMO se encuentra con poca cantidad de registros. El análisis de riqueza por cuadrícula que combino los resultados derivados de los cálculos de distribución potencial presentó un aumento para la mayoría de las celdas comparado con los resultados del análisis basado por exclusivo en puntos reales de presencia. En este análisis solo 17 de las 63 que no presentaban distribución quedaron vacías, es necesario mencionar que estas celdas que no presentan registros no son ocupadas en su totalidad por el polígono de la SMO. De las que presentan mayor concentración de riqueza, la celda 1 incluye al municipio de Juchipila, considerado también como dentro de los de mayor riqueza incluso aplicando el logaritmo Squeo, además que abarca los municipios que se encuentran en la celda 4 por análisis de cuadrícula con datos reales.

Es necesario aclarar que aun cuando el número de municipios sin registro alguno de especies puede resultar exagerado, no toda la superficie del mismo pertenece a la sierra por lo que cabe la posibilidad que estos concentren valores de riqueza fuera del polígono. Al realizar la comparación de ambos análisis por cuadrícula, se tiene que existen zonas de la sierra que están suficientemente exploradas. Mientras que hay otras que presentan una diferencia elevada entre la cantidad de especies que se tiene registrados y la que los modelos de distribución potencial predicen pudieran encontrarse.

Las áreas prioritarias de conservación obtenidas en este estudio se traslapan en parte con las ANP´s ya establecidas en el polígono. Sin embrago, al concentrar los resultados de este trabajo se tiene que estas áreas decretadas deberían extender sus límites para abarcar áreas de importancia. Por ejemplo, tendría que integrarse una mayor proporción designada bajo protección del municipio de Yécora, Sonora, el cual

presenta especies endémicas no solo para México sino para la SMO. Además de que en este punto se encuentra uno de los nodos. También se tienen los municipios de Apozol, Balleza, Calvillo, Chínipas, Durango, Huanusco, Jalpa, Juchipila, Mezquital, Moris, Ocampo (Chi), Ocampo (Dgo), Pueblo Nuevo, Súchil y Uruachi que contienen riqueza de especies considerables, obtenida también por el análisis en cuadrícula. Algunos de estos incluyen los nodos resultantes y a su vez, tienen escasa información según el resultado del análisis de áreas deficientes de exploración.

VII. CONCLUSIÓN

En México, la SMO presenta una cantidad considerable de especies del género *Euphorbia,* pues incluye cerca del 50% de las reportadas para el país por distintos autores.

Las áreas con mayor riqueza de especies en la SMO se encuentran en la parte noroeste y sur de la misma.

La mayor riqueza de especies de *Euphorbia* se encuentra en los bosques de coníferas y bosques tropicales caducifolios.

La mayor concentración de especies endémicas se localiza en los estados de Durango, Zacatecas y Jalisco, mientras que a nivel municipal se encuentra en Yécora.

Se identificaron cuatro áreas prioritarias de conservación, de las cuales tres se traslapan con ANP´s ya establecidas.

Al comparar los resultados de riqueza, endemismo, distribución potencial y deficiencia de exploración, los municipios considerados importantes a explorar son: Álamos, Chínipas, Del Nayar, Guazapares, Huajicori, Juchipila, La Yesca, Madera, Mezquital, Mezquitic, Moris, Pueblo Nuevo, Sahuaripa, Santiago Papasquiaro, Temósachic, Tepehuanes, Urique, Uruachi y Valparaíso.

VIII. RECOMENDACIONES

Que los próximos estudios sobre este género en la Sierra Madre Occidental se enfoquen en la colecta en aquellos sitios con vacíos de información para tener análisis más completos.

Que en las áreas ya decretadas como protegidas se realicen evaluaciones para ver si los resultados de otros grupos además de este coinciden en sugerir la ampliación de las mismas. Y de ser así, que se modifiquen sus límites para lograr una mejor conservación de la diversidad.

IX. LITERATURA CITADA

Alcántara, O., Luna, I., & A. Velázquez. 2002. Altitudinal distribution patterns of Mexican cloud forests based upon preferential characteristic genera. *Plant Ecology*, 161: 167-174.

Alvarado-Solís, N. P. 2007. Mexicaneros, pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México, D.F., 46 pp.

Argüelles, E., R. Fernández & S. Zamudio. 1991. Listado florístico preliminar del estado de Querétaro, Instituto de Ecología AC, Centro Regional del Bajío, 155 pp.

Badii, M. H., J. Landeros, R. Foroughbakhch & J. L. Abreu. 2007. Biodiversidad, evolución, extinción y sustentabilidad. *Daena International Journal of Good Conscience* 2: 229-247.

Barres, L., R. Vilatersana, J. Molero, A. Susanna & M. Galbany-Casals. 2011. Molecular phylogeny of *Euphorbia* subg. *Esula* sect. *Aphyllis* (*Euphorbiaceae*) inferred from nrDNA and cpDNA markers with biogeographic insights. *Taxon* 60: 705-720.

Bezaury-Creel, J.E. 2013. Espacios destinados a la conservación y aprovechamiento sustentable. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, eds.). La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado. México, D. F., pp. 76-100.

Bingtao, L., Q. Huaxing, M. Jin-shuang, Z. Hua, M. G. Gilbert, H. J. Esser, S. Dressler, P. Hoffmann, L. J. Gillespie, M. Vorontsova & G. D. McPherson. 2008. Euphorbiaceae. In: Zhengyi W., P. H. Raven & D. Hong. Flora of China. Science Press Beijing, Missouri Botanical Garden, St. Louis, pp. 163-314.

Blancafort, X. & C. Gómez. 2005. Consequences of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Mayr), invasion on pollination of *Euphorbia characias* L. (Euphorbiaceae). *Acta Oecologica* 28: 49-55.

Boissier, E. 1866. Icones euphorbiarum. Victor Masson et Fils, Paris, 24 pp., 120 tab.

Brechelt, A. 2004. El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA), Santo Domingo, 36 pp.

Breedlove, D. E. 1986. Listados florísticos de México. IV Flora de Chiapas, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. D. F., 238 pp.

Bruyns, P.V., R. J. Mapaya & T. Hedderson. 2006. A new subgeneric classification for *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in Southern Africa based on ITS and psbA-trnH sequence data. *Taxon* 55: 397-420.

Buffon, G. L. L. 1799. Histoire naturelle. Edición en línea. Disponible en: http://www.buffon.cnrs.fr/. (Consultado 10 de noviembre de 2016).

Bye, R. 1995. Prominence of the Sierra Madre Occidental in the biological diversity of Mexico. In: DeBano, L. H., P. H. Ffolliott, A. Ortega-Rubio, J. G. Gerald, R. H. Hamre & B. E. Carleton (tech. cords). Biodiversity and management of the Madrean Archipelago: the sky islands of southwestern United States and northwestern Mexico. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, pp. 19-27.

Cabello-Alvarado, C.J., A. Sáenz-Galindo, L. Barajas-Bermúdez, C. Pérez-Berumen, C. Ávila-Orta & J. A. Valdés-Garza. 2013. Cera de candelilla y sus aplicaciones*. Avances en Química* 8: 105-110.

Calderon de Rzedowski, G. & J. Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Edición digital 2010. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, 1406 pp.

Cantú-Ayala, C. M., J. R. Estrada-Arellano, M. M. Salinas-Rodríguez, J. G. Marmolejo-Moncivais & E. A. Estrada-Castillón. 2013. Vacíos y omisiones en conservación de las ecorregiones de montaña en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4: 10-27.

Castaño-Villa, G. J. 2005. Áreas protegidas, criterios para su selección y problemáticas en su conservación. *Museo de Historia Natural* 10: 79-101.

Chapela, F. 2012. Estado de los bosques de México. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C., México, D.F., 217 pp.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2016. Áreas Naturales Protegidas Federales de la República Mexicana. Disponible en: http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info_shape.htm (Consultado el 2 de Junio de 2017).

Comisión Nacional del Agua (CNA). 1998. Cuencas Hidrológicas, Escala 1:250000, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2001, México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2016. Áreas geoestadísticas municipales, 2015. Escala 1:250000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Contreras-Ramos, A. & I. Goyenechea. 2007. La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad. In: Contreras-Ramos A., C. Cuevas-Cardona, I. Goyenechea & U. Iturbe (eds.). La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, pp. 11-21

Convención sobre El Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CCIEAFyFS). 2009. Propuestas para su posible consideración en la CoP15 Propuestas para enmendar los Apéndices, Examen de *Euphorbia* spp. suculentas en el apéndice II, Buenos Aires, Argentina, 21 pp**.**

Conzatti C. 1946. Euphorbiáceas In: flora taxonómica Mexicana, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, D.F., pp. 757-859.

Conzatti, C. & L. Smith. 1895. Flora sinóptica mexicana. L. San-German, Oaxaca, 225 pp.

Craw, R. C., J. R. Grehan, & M. J. Heads. 1999. Panbiogeography: tracking the History of Life (Vol. 11). Oxford University Press, New York, 229 pp.

Crisci, J. V. L. Katinas & P. Posadas. 2000. Introducción a la teoría y práctica de la biogeografía histórica. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires, 169 pp.

Cruz-Cárdenas, G., J. L. Villaseñor, L. López-Mata & E. Ortiz. 2013. Distribución espacial de la riqueza de especies de plantas vasculares en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 1189-1199.

Daily, G. 1997. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Washington.

Dávila-Aranda, P., R. Lira & J. Valdés-Reyna. 2004. Endemic grasses of Mexico: a phytogeographic approach. *Biodiversity and Conservation* 13: 1101-1121.

De la Cerda-Lemus, M. 2011. Familia *Euphorbiaceae* en el estado de Aguascalientes, México. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 267 pp.

De León-Mata, G. D., A. García-Arévalo, S. Andrade-Herrera y A. Ruiz-Marín. 2013. Distribución de la vegetación a través de un transecto sobre la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9: 30-40.

De Vega, C. & J. M. Gómez. 2014. Polinización por hormigas: conceptos, evidencias y futuras direcciones. *Ecosistemas* 23: 48-57.

Deka, P., K. K. Nath & S. K. Borthakaur. 2008. Ethoiatrical uses of *Euphorbia antiquorum* L. and *E. ligularia* Roxb. in Assam. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 7: 466-468.

Delgado-Zamora, D. A. 2014. Diversidad y distribución de malváceas de la sierra madre occidental. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Victoria de Durango, 112 pp.

Descroix, L., J. L. González-Barrios, & J. Estrada-Avalos. 2004. La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Gómez Palacio, 300 pp.

Dorsey, B. L., T. Haevermans, X. Aubriot, J. J. Morawetz, R. Riina, V. W. Steinmann & P. E. Berry. 2013. Phylogenetics, morphological evolution, and classification of *Euphorbia* subgenus *Euphorbia*. *Taxon* 62: 291-315.

Echeverría-Londoño, S. & D. R. Miranda-Esquivel. 2011. MartiTracks: A Geometrical Approach for Identifying Geographical Patterns of Distribution. PLoS ONE 6: e18460. doi:10.1371/journal.pone.0018460

Escalante T., J. J. Morrone & G. Rodríguez-Tapia. 2013. Biogeographic regions of North American mammals based on endemism. *Biological Journal of the Linnean Society* 110: 485-499.

Escalante, T., J. Llorente, D. Espinosa & J. Soberón. 2000. Base de datos y sistemas de información: aplicaciones en biogeografía. *Academia Colombiana de Ciencias* 24: 325-341.

Esparza Sandoval, S. 2010. Distribución Geográfica Del Género *Opuntia* (Cactaceae) en México Tesis De Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 102 pp.

Espinosa-Jiménez, J. A., A. López-Cruz, M. Á. Pérez-Farrera & S. López, 2014. Inventario florístico de La Cañada La Chacona-Juan Crispín y zonas adyacentes, Depresión Central de Chiapas, México. *Botanical Sciences* 92: 205-241.

Evans, M., X. Aubriot, D. Hearn, M. Lanciaux, S. Lavergne, C. Cruaud, P. P. Lowry & T. Haevermans. 2014. Insights on the evolution of plant succulence from a remarkable radiation in Madagascar (*Euphorbia*). *Systematic Biology* 63: 698–711.

Farris, J.S. 1970. Methods for computing Wagner trees. *Systematic Zoology* 19: 83–92.

Felger, R. S. & M. F. Wilson. 1995. Northern Sierra Madre Occidental and its Apachian outliers: a neglected center of biodiversity. In: DeBano, L. H., P. H. Ffolliott, A. Ortega-Rubio, J. G. Gerald, R. H. Hamre & B. E. Carleton (tech. cords). Biodiversity and management of the Madrean Archipelago: the sky islands of southwestern United States and northwestern Mexico, Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, pp. 36-51.

Ferrari, L., M. Valencia-Moreno & S. Bryan. 2005. Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. *Boletín de la Sociedad Geológica de México* 57: 343-378.

Font-Quer, P. 2000. Diccionario de botánica. Ediciones Península S.A., Barcelona, 1244 pp.

Gledhill, D. 2008. The name of plants. 4th edition. Cambridge University Press, New York, 426 pp.

González-Álvarez, M. & A. J. Hernández-Aveldaño. 2009. Distribución de la familia Euphorbiaceae en el estado de Nuevo León, México. *Planta* 8:4-5.

González-Elizondo M., S. González-Elizondo & Y. Herrera-Arrieta. 1991. IX. Flora de Durango. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F., 170 pp.

González-Elizondo, M. S., M. González-Elizondo, J. A. Tena-Flores, L. Ruacho-González & I. L. López-Enríquez. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botanica Mexicana* 100: 351-403.

González-Elizondo, M., I. L. López-Enríquez, M. S. González-Elizondo & J. A. Tena-Flores. 2004. Plantas medicinales del estado de Durango y zonas aledañas. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., 210 pp.

González-Elizondo, S., M. González-Elizondo & M. A. Márquez-Linares. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Instituto Politécnico Nacional México, D.F., 165 pp.

Grehan, J. R. 2003. Panbiogeografía y la geografía de la vida. In: Llorente, J. & J. J. Morrone (eds.). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp.181-195.

Halffter, G., J. Llorente-Bousquets & J. J. Morrone. 2008. La perspectiva biogeográfica histórica. In: Acosta J. L., L. M. Bazaldúa, A. Bolívar, S. Bourguet, S. Gutiérrez, E. Monroy, H. Puon, A. Retif & J. Sánchez-y Gándara (eds.) Capital natural de México, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., pp. 67-86.

Henrickson, J. & M. Johnston. 1997. *Euphorbia.* In: Henrickson, J. & M. Johnston A flora of the Chihuahuan Desert Region. Edit. 1.2, vol. 2. Los Ángeles, pp. 796-824. (publicación inédita).

Herbario Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). 2010. Flora digital: Península de Yucatán. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Mérida, Disponible en: http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice_tax_especies.php?genero=Euphorbia (Consultado 10 noviembre de 2016).

Herrera-Arrieta, Y. & A. Cortés-Ortiz. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica*, (28), 49-68.

Heynes-Silerio, S. A. 2014. Estructura y diversidad de vegetación de humedales de tres zonas ecológicas de la Sierra Madre Occidental, México. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Victoria de Durango, 74 pp.

Holt, B. G., J. P. Lessard, M. K. Borregaard, S. A. Fritz, Araújo, D. Dimitrov, & D. Nogués-Bravo. 2013. An update of Wallace's zoogeographic regions of the world. *Science* 339: 74-78.

Horn, J. W., B. W. van Ee, J. J. Morawetz, R. Riina, V. W. Steinmann, P. E. Berry & K. J. Wurdack. 2012. Phylogenetics and the evolution of major structural characters in the giant genus *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 63: 305-326.

Huang, L., S. Chen & M. Yang. 2012. *Euphorbia hirta* (Feiyangcao): a review on its ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Medicinal Plants Research* 6: 5176-5185.

Huft, M. J. 1984. A review of *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in Baja California. *Annals of The Missouri Botanical Garden* 71: 1021-1027.

Ignacio-Felipe, E. 2007. Nahuas de la Montaña, pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México, D.F., 55 pp.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. División política estatal, escala: 250000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015), México.

James, O. & E. T. Friday. 2010. Phytochemical composition, bioactivity and wound healing potential of *Euphorbia heterophylla* (Euphorbiaceae) leaf extract. *International Journal on Pharmaceutical and Biomedical Research* 1: 54-63.

Jiménez-Ramírez, J. & M. Martínez-Gordillo. 2004. Euforbiáceas. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez & M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Redacta, S. A. de C. V., México, D.F., pp. 227-236.

Johnston, M. C. 1975. Studies of the *Euphorbia* species of the Chihuahuan desert region and adjacent areas. *Wrightia* 5: 120-143.

Kobelkowsky-Vidrio, T., C. A. Ríos-Muñoz, & A. G. Navarro-Sigüenza. 2014. Biodiversity and biogeography of the avifauna of the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Biodiversity and conservation* 23: 2087-2105.

Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, Ó. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. Townsend-Peterson & P. Rodríguez. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. In: Lobo, J., E. Pineda & A. Ruggiero (eds.). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., pp. 323-364.

Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March, R. Esquivel, C. Cantú, A. Lira-Noriega, V. Aguilar, J. Alarcón, J. Bezaury-Creel, S. Blanco, G. Ceballos, A. Challenger, J. Colín, E. Enkerlin, O. Flores-Villela, G. García-Rubio, D. Hernández, M. Kolb, P. Díaz-Maeda, E. Martínez-Meyer, E. Moreno, N. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. Navarro, D. Ocaña, L. Ochoa, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, J. F. Torres, R. Ulloa & T. Urquiza-Haas. 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. In: Acosta J. L., L. M. Bazaldúa, A. Bolívar, S. Bourguet, S. Gutiérrez, A. Huerta, E. Huerta & E. Monroy. (eds.) Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO, México, D.F., pp. 651-718.

Kubitzki, K. 2013. The families and genera of vascular plants: Flowering Plants. Eudicots. Malpighiales (Vol. 11). Springer, New York, 331 pp.

Landres, P. B., J. Verner & J. W. Thomas. 1998. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology* 2: 316-328.

Lanhers, M. C., J. Fleurentin, P. Cabalion, A. Rolland, P. Dorfman, R. Misslin & J. M. Peltand. 1990. Behavioral effects of *Euphorbia hirta* L.: sedative and anxiolytic properties. *Journal of Ethnopharmacology* 29: 189-198.

Lebgue-Keleng, T. 2001. Flora de las Barrancas del Cobre. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia, Informe final SNIBCONABIO, Proyecto No. R102. México, D.F.,53 pp.

León-de la Luz, J. L., R. del C. Coria-Benet & J. Cansino. 1995. Reserva de la biosfera el Vizcaino, Baja California Sur. División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, 37 pp.

Linnaeus, C. 1744. Oratio de telluris habitabilis incremento. Cornelius Haak, Leiden, 104 pp.

Linnaeus, C. 1753. Species plantarum. 2 vols. Salvius, Stockholm, 1196 pp.

Llorente-Bousquets, J. & J. J. Morrone. 2001. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. 1ra ed. Facultad de Ciencias Universidad Autónoma de México (UNAM), México, D.F., 278 pp.

Llorente-Bousquets, J., N. Papavero & A. Bueno-Hernández. 2001. Síntesis histórica de la biogeografía. In: Bousquets, J. L. & J. J. Morrone (eds.). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp. 1-14.

Lloyd, J. D. 1987. El proceso de modernización capitalista en el noroeste de Chihuahua 1880-1910. Universidad Iberoamericana, Departamento de Historia, México, D.F., 168 pp.

Lot, A. & F. Chiang. 1986. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., México, D.F., pp. 142.

Lott, E. 1985. La Estación de Biología Chamela, Jalisco. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F., 28 pp.

Loyola, R. D., U. Kubota & T. M. Lewinsohn. 2007. Endemic vertebrates are the most effective surrogates for identifying conservation priorities among Brazilian ecoregions. *Diversity and Distributions* 13: 389-396.

Luna-Vega, I., D. Espinosa-Organista & R. Contreras-Medina (eds.). 2016. Biodiversidad de la Sierra Madre del Sur: una síntesis preliminar. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 528 pp.

Luna-Vega, I., J. J. Morrone & D. Espinosa-Organista. 2004. Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 527 pp.

Luna-Vega, I., J. J. Morrone & D. Espinosa-Organista. 2007. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., 514 pp.

Mapaya, R. J. 2003. Molecular and morphological phylogenetic analyses of *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae) with an emphasis on Southern African representatives. University of Cape Town, Cabo Town, pp. 121.

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

Mariño-Pérez, R., H. Brailovsky & J. J. Morrone. 2007. Análisis panbiogeográfico de las especies mexicanas de *Pselliopus* Bergroth. (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae: Harpactorinae). *Acta Zoológica Mexicana* 23: 77-88.

Martínez E., M. Sousa-S. & C. H. Ramos Álvarez. 2001. XXII. Región de Calakmul, Campeche, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 55 pp.

Martínez-Gordillo, M. & J. J. Morrone. 2005. Patrones de endemismo y disyunción de los géneros de Euphorbiaceae *sensu lato*: un análisis panbiogeográfico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 77: 21-33.

Martínez-Gordillo, M., J. Jiménez-Ramírez, R. Cruz-Durán, E. Juárez-Arriaga, R. García, A. Cervantes & R. Mejía-Hernández. 2002. Los géneros de la familia

Euphorbiaceae en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 73: 155-281.

McVaugh, R. 1961. Euphorbiaceae novae novo-galicianae. *Brittonia* 13:145-205.

McVaugh, R. 1995. Euphorbiacearum sertum novo-galicianarum revisarum. *Contributions University of Michigan Herbarium,* 20: 173-215.

Melic, A. & I. Ribera. 1996. Introducción a la sistemática (para no-sistemáticos). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 14: 7-18.

Melic, A. 1993. Biodiversidad y riqueza biológicas. Paradojas y problemas. *Zapateri, Revista Aragonesa de Entomología* 3: 97-103.

Mendel, L. C. & J. B. Kirkpatrick. 2002. Historical progress of biodiversity conservation in the protected-area system of Tasmania, Australia. *Conservation Biology* 16: 1520-1529.

Millspaugh, C. F. 1909. Praenunciae bahamenses- II. Contributions to a flora of the Bahamian Archipelago. Fieldiana, Botany, Chicago, 321 pp.

Moctezuma-Zamarrón, J. L. & H. López-Aceves. 2007. Mayos, pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México, D.F., 55 pp.

Mora-Martínez, M. J. 2008. Invasión de pastos de montaña por lechetrina (*Euphorbia polygalifolia*): estudios dirigidos al desarrollo de un sistema de control biológico basado en el pastoreo. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad de León, Cantabria, pp. 214.

Moreira-Muñoz, A. 1996. Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Ciencia y Ambiente* 2: 80-86.

Moreno, N. P. 1984. Glosario botánico ilustrado. Continental S. A. de C. V., Xalapa, 300 pp.

Morrone J. J. & J. V. Crisi. 1990. Panbiogeografía: fundamentos y métodos *Evolución Biológica* 4: 119-140.

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

Morrone, J. J. 2013. Sistemática: fundamentos, métodos, aplicaciones. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 508 pp.

Morrone, J. J., & J. Márquez. 2008. Biodiversity of Mexican terrestrial arthropods (Arachnida and Hexapoda): a biogeographical puzzle. *Acta zoológica mexicana* 24: 15-41.

Munguía-Lino, G., G. Vargas-Amado, L. M. Vázquez-García & A. Rodríguez. 2015. Riqueza y distribución geográfica de la tribu Tigridieae (Iridaceae) en Norteamérica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 80-98.

Munguía-Lino, G., Vargas-Amado, G., Vázquez-García, L. M., & A. Rodríguez. (2015). Riqueza y distribución geográfica de la tribu Tigridieae (Iridaceae) en Norteamérica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 80-98.

Mwine, J. T. 2011. Evaluation of pesticidal properties of *Euphorbia tirucalli* L. (Euphorbiaceae) against selected pests. Ghent University, Belgium, 145 pp.

Navarro-Sigüenza, A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. T. Peterson, H. Berlanga-García, & L. A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 476-495.

Neurath, J., & R. C. Pacheco-Bribiesca. 2011. Pueblos indígenas de México y agua: Huicholes (Wixarika). *Atlas de Culturas del Agua en América Latina y el Caribe*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México D. F.,1-53.

Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach, *Conservation Biology* 4:355-364.

Ochoa-García, H. 2001. La organización territorial Huichol. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 129 pp.

Ogbulie, J. N., C. C. Ogueke, I. C. Okoli & B. N. Anyanwu. 2007. Antibacterial activities and toxicological potentials of crude ethanolic extracts of *Euphorbia hirta*. *African Journal of Biotechnology* 6: 1544-1548.

Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). 2016. QGIS Essen version 2.14. Sistema de Información Geográfica. Disponible en: http://qgis.org/es/site/about/index.html.

Oseguera, A. 2008. Rituales y evocaciones entre los pimas de la Sierra Madre Occidental. *Dimensión Antropológica* 42: 111-130.

Ozbilgin, S. & G. Saltan-Citoglu. 2012. Uses of some *Euphorbia* species in traditional medicine in Turkey and their biological activities. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences* 9: 241-256.

Paredes-García, D. M., A. Ramírez-Bautista, & M. A. Martínez-Morales. 2011. Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista mexicana de biodiversidad* 82: 689-700.

Peirson, J. A., P. V. Bruyns, R. Riina, J. J. Morawetz & P. E. Berry. 2013. A molecular phylogeny and classification of the largely succulent and mainly African *Euphorbia* subg. *Athymalus* (Euphorbiaceae). *Taxon* 62: 1178–1199.

Peña, C. 2011. Métodos a la inferencia filogenética. *Revista Peruana de Biología* 18: 265-267.

Pérez, L. A., M. Sousa-S., A. M. Hanan, F. Chiang & P. Tenorio. 2005. Vegetación terrestre. In: Bueno, J., F. Álvarez & S. Santiago, (eds.) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO, México, D.F., pp. 65-110.

Pérez-López, A., J. A. Carrillo-Salazar, M. T. Colinas-León & M. Sandoval-Villa. 2005. Regulación del crecimiento de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch) con Etefón. *Agrociencia* 39: 639-646.

Phillips, S. J., M. Dudík & R. E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning* 69: 655-662.

Phillips, S. J., R. P. Anderson & R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231–259

Pintado-Cortina, A. P. 2004. Tarahumaras, pueblos indígenas del México Contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México, D.F., 39 pp.

Plascencia, R. L.; A. Castañón Barrientos & A. Raz-Guzmán. 2011. La biodiversidad en México, su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias* 101: 36-43.

Rahman, A. H. M. M. & M. Akter. 2013. Taxonomy and medicinal uses of Euphorbiaceae (Spurge) Family of Rajshahi, Bangladesh. *Research in Plant Sciences* 1: 74-80.

Ramírez-Delgadillo, R., O. Vargas-Ponce, H. J. Arreola-Nava, M. Cedano-Maldonado, R. González-Tamayo, L. M. González-Villarreal, M. Harker, L. Hernández-López, R. E. Martínez-González, J. A. Pérez-de la Rosa, A. Rodríguez-Contreras, J. J. Reynoso-Dueñas, L. M. Villareal-de Puga & J. L. Villaseñor-Ríos. 2010. Catálogo de plantas vasculares de Jalisco, Prometeo editores S. A. de C. V. Guadalajara, Jalisco, México, pp. 99-101.

Ramírez-Pulido, J., I. Lira, S. Gaona, C. Mudespacher & A. Castro. 1989. Manejo y mantenimiento de colecciones mastozoológicas. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., 127pp.

Ramos-Vizcaíno, I., S. Guerrero-Vázquez, & F. M. Huerta-Martínez. 2007. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 175-189.

Raven, P. H. 2004. Taxonomy: where are we now?. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Londres B* 359: 729-730.

Raza, K. 2012. Application of data mining in bioinformatics. *Indian Journal of Computer Science and Engineering* 1: 114-118.

Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB). 2015. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. disponible en: http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html (Consultada en 2015).

Redford, K. H. 1993. Biodiversidad: hacia una agenda efectiva para su conservación. *Ambiente y Desarrollo* 9: 67-73.

Reyers, B., A., S. van Jaarsveld & M. KrÏger. 2000. Complementarity as a biodiversity indicator strategy. *Proceedings of the Royal Society of London B* 267: 505-513.

Riina, R., J. A. Peirson, D. V. Geltman, J. Molero, B. Frajman, A. Pahlevani, L. Barres, J. J. Morawetz, Y. Salmaki, S. Zarre, A. Kryukov, P. V. Bruyns & P. E. Berry. 2013. A worldwide molecular phylogeny and classification of the leafy spurges, *Euphorbia* subgenus *Esula* (Euphorbiaceae). *Taxon* 62: 316–342.

Rodarte-García, M.E. 2014. Áreas Naturales Protegidas de la Sierra Madre Occidental y el Desierto Chihuahuense, In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, eds.). La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado. México, D. F., pp. 200-206.

Rodríguez-Jiménez, S. & J. Espinosa-Garduño. 1996. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección III (Angiospermae: Connaraceae-Myrtaceae excepto Fagaceae, Gramineae, Krameriacaseae y Leguminosae), Pátzcuaro, 296 pp.

Rozzi, R., P. Feinsinger, F. Massardo & R. Primack. 2001. ¿Qué es la diversidad biológica?. In: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo (eds.). Fundamentos de conservación biológica, perspectivas latinoamericanas. Fondo de la Cultura Económica, México, D.F., pp. 29-67.

Ruacho-González, L., M. S. González-Elizondo, M. González-Elizondo & C. López-González. 2013. Diversidad florística en cimas de la Sierra Madre Occidental, México, y su relación con variables ambientales. *Botanical Sciences* 91: 193-205.

Ruelas-Monjardín, L. C. & R. Dávalos-Sotelo. 1999. La industria forestal del estado de Chihuahua. *Madera y Bosques* 5: 79-91.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14: 3-21.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1º edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 504 pp.

San Diego Natural History Museum. 2016. Lista Anotada de las plantas vasculares de Baja California, México. Actas de la Sociedad de Historia Natural de San Diego, No. 45. Disponible en: http://bajaflora.org/Checklist/Checklist_Baja.aspx (consultado 17 de abril de 2017).

Sánchez de Lorenzo-Cáceres, J. M. 2007. Las euphorbias suculentas. Memorias del II Congreso Nacional de Cactus y Suculentas. Cheste, Valencia.

Sarkar, S., J. Justus, T. Fuller, C. Kelley, J. Garson & M. Mayfield. 2005. Effectiveness of environmental surrogates for the selection of conservation area networks. *Conservation Biology* 19: 815-825.

Saucedo-Pompa S., R. Rojas-Molina, A. F. Aguilera-Carbó, A. Sáenz-Galindo, H. de La Garza, D. Jasso-Cantú & C. Aguilar-N. 2009. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International* 42: 511-515.

Saucedo-Pompa, S., D. Jasso-Cantú, J. Ventura-Sobrevilla, A. Sáenz-Galindo, R. Rodríguez-Herrera & C. Aguilar-N. 2007. Effect of candelilla wax with natural antioxidants on the shelf life quality of fresh-cut fruits. *Journal of Food Quality* 30: 823-836.

Saucedo-Sánchez, de Tagle, E. R. 2004. Tepehuanes del Norte, pueblos indígenas del México contemporáneo. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México, D.F., 21 pp.

Secretaria de Media Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables. Árido, Tropical y Templado. México, 63pp. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo_de_recursos_forestales_M_y_N.pdf. (Consultado el 4 de diciembre de 2015).

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2015. DECRETO por el que se declara como Área Natural Protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, la zona conocida como Cerro Mohinora en el Municipio de Guadalupe y Calvo en el Estado de Chihuahua, 6 pp.

Secretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SEMARNAT)-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2016. Prontuario Estadístico y Geográfico de las Áreas Naturales Protegidas de México. (eds.), México, D. F., 105 pp.

Sosa, V. & A. Gómez-Pompa. 1994. Flora de Veracruz, lista florística. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, pp. 81-162.

Sousa-S., M. & E. F. Cabrera-C. 1983. II Flora de Quintana Roo. Instituto De Biología Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 84 pp.

Spector, S. 2002. Biogeographic crossroads as priority areas for biodiversity conservation. *Conservation Biology* 16: 1480-1487.

Squeo, F.A., L.A. Cavieres, G. Arancio, J.E. Novoa, O. Matthei, C. Marticorena, R. Rodríguez, M.T.K. Arroyo & M. Muñoz. 1998. Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.

Standley, P. C. & J. A. Steyemark. 1949. Flora de Guatemala. Fieldiana, Botany 24: 25-170.

Steinmann, V. W. & J. M. Porter. 2002. Phylogenetic relationships in Euphorbieae (Euphorbiaceae) based on ITS and ndhF sequence data. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89: 453-490.

Steinmann, V. W. 1997. The Euphorbiaceae of Sonora, Mexico. Aliso 16: 1-71.

Steinmann, V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botanica Mexicana* 61: 61-93.

Steinmann, V. W. 2003. The submersion of *Pedilanthus* into *Euphorbia* (Euphorbiaceae). *Acta Botanica Mexicana* 65: 45-50.

Steinmann, V. W., B. van-Ee, P. E. Berry & J. Gutiérrez. 2007. The systematic position of *Cubanthus* and other shrubby endemic species of *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in Cuba. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 64: 123-133.

Stevens, W. D., C. Ulloa-Ulloa, A. Pool & O. Martha-Montiel. 2009. Flora de Nicaragua. Louis^e Missouri: *Missouri Botanical Garden Press*, 85; 1 pp. 943.

Suárez-Mota, M. E. & O. Téllez-Valdés. 2014. Red de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del Eje Volcánico Transmexicano analizando su riqueza florística y variabilidad climática. *Polibotánica* 38: 67-93.

Suárez-Mota, M. E., J. L. Villaseñor & L. López-Mata. 2015. La región del Bajío, México y la conservación de su diversidad florística. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 799-808.

Talonia, C. M., & T. Escalante. 2013. Los nodos: El aporte de la panbiogeografía al entendimiento de la biodiversidad. *Biogeografía* 6: 30.

Téllez-Valdés, O., G. Flores-Franco, A. Martínez-Rodríguez, R. E. González-Flores, G. Segura-Hernández, R. Ramírez-Rodríguez, A. Domínguez-

Mariani & I. Calzada. 1995. XII. Flora de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit, México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 69 pp.

Toledo, V. M. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación de los noventas. *Ciencias* 34: 43-57.

Torres-Morales, L., D. F. García-Mendoza, C. López-González & R. Muñiz-Martínez. 2010. Bats of northwestern Durango, Mexico: species richness at the interface of two biogeographic regions. *The Southwestern Naturalist* 55: 347-362.

Traveset, A. 1999. La importancia de los mutualismos para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas insulares. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 527-538.

Trejo-Hernández, L., M. E. Olson-Zúnica & R. A. Bye-Boettler. 2015. Datos históricos y diversidad genética de las nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 478-485.

Tropicos.org. 2015. Missouri Botanical Garden. Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/40007100> (Consultado el 9 de diciembre de 2015).

Vargas-Amado, G., A. Castro-Castro, M. Harker, J. L. Villaseñor, E. Ortiz & A. Rodríguez. 2013. Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsideae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 536-555.

Vázquez-García, J. A., V. Shalisko, R. Acevedo-Rosas, M. Cházaro-Basañez, S. Carvajal, J. G. González-Gallegos, M. T. Rosas-Romero & M. E. Flores-Vázquez. 2010. Red de Biodiversidad del Occidente de México (ReBiOMex), Instituto de Botánica del Departamento de Botánica y Zoología de la Universidad de Guadalajara (herbario IBUG "Luz María Villareal de Puga", proyecto OETJ) y Departamento de Geografía y Ordenación territorial de la Universidad de Guadalajara (área de biogeografía), Guadalajara, Jalisco, México. Disponible en: http://rebiomex.org/cgi-bin/ibug.cgi?about=1 (consultada en 2015).

Vega-Aviña, R. 2000. Catálogo y base de datos preliminar de la flora de Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L057, D.F., México.

Velázquez-Aguirre, L., & A. Ordaz-Ayala. 1992. Provincias hidrogeológicas de México. *Ingeniería Hidráulica en México* 7: 36-55.

Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina & A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 236 pp.

Villarreal-Quintanilla, J. A. 2001. XXIII. Flora de Coahuila. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F., 138 pp.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160-166.

Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902.

Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manríquez, J. A. Meave & E. Ortíz. 2005. Higher taxa as surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country. *Conservation Biology* 19: 232-238.

Villaseñor, J. L., Ortíz E. & M. Harker. 2016. Asteráceas (Asteraceae). In: La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, pp. 199-208.

Wallace, R. A. 1876. The geographical distribution of animals, with a study of the relations of living and extinct faunas as elucidating the past changes of the earth´s surface vol II. Harper & brothers, New York, 607 pp.

Warshall, P. 1995. The Madrean sky island archipelago: a planetary overview. In: DeBano, L. H., P. H. Ffolliott, A. Ortega-Rubio, J. G. Gerald, R. H. Hamre & B. E. Carleton (cords.). Biodiversity and management of the Madrean Archipelago: the sky islands of southwestern United States and northwestern Mexico,

Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, pp. 6-18.

Webster, G. L. & D. Burch. 1967 Flora of Panama: Euphorbiaceae. *Annals of The Missouri Botanical Garden* 54: 211-350.

Webster, G. L. 1994. Classification of the Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 3-32.

Webster, G. L., Rupert, E., & D. Koutnik. 1982. Systematic significance of pollen nuclear number in Euphorbiaceae, tribe Euphorbieae. A*merican journal of botany*, 407-415.

Wieczorek, J. 2001. MaNIS/HerpNet/ORNIS georeferencing guidelines. University of California, Berkeley: Museum of Vertebrate Zoology. Disponible en: http://manisnet.org/GeorefGuide.html.

Williams, D. M. & M. C. Ebach. 2008. Foundations of systematics and biogeography. Springer, New York, 309 pp.

Willis, F., J. Moat & A. Paton, 2003. Defining a role for herbarium data in Red List assessments: a case study of *Plectranthus* from eastern and southern tropical Africa. *Biodiversity and Conservation* 12: 1537-1552.

Wilson, E. O. 1988. Biodiversity. National Academy of Sciences Press. Washington, D.C., 538 pp.

Wurdack, K. J., P. Hoffmann, & M. W. Chase. 2005. Molecular phylogenetic analysis of uniovulate Euphorbiaceae (Euphorbiaceae sensu stricto) using plastid rbcL and trnL-F DNA sequences. *American Journal of Botany* 92: 1397-1420.

Xiong, J. 2006. Essential bioinformatics. Cambridge University Press, New York, 331 pp.

Yakoub-Zokian, S. A. 2006. Biosystematics of four species of *Euphorbia* L. grown in Baghdad University Campus-Jadiriyah. College of Science, University of Baghdad, Baghdad, 43 pp.

Yang, Y., R. Riina, J. J. Morawetz, T. Haevermans, X. Aubriot & P. E. Berry. 2012. Molecular phylogenetics and classification of *Euphorbia* subgenus *Chamaesyce* (Euphorbiaceae). *Taxon* 61: 764-789.

Youssouf, M. S., P. Kaiser, M. Tahir, G. D. Singh, S. Singh, V. K. Sharma, N. K Satti, S. E. Haque & R. K. Johri. 2007. Anti-anaphylactic effect of *Euphorbia hirta*. *Fitoterapia* 78: 535-539.

Zamudio, S. & R. Galván-Villanueva. 2011. La diversidad vegetal del estado de Guanajuato, *Flora del Bajío y de regiones Adyacentes. Fascículo Complementario XXVII. Instituto de Ecología AC Conacyt,* México. 101 pp.

Agradecimientos

A mi comité tutorial, Dr. Jesús González Gallegos, Dra. Martha González Elizondo, Dra. María del Socorro González Elizondo, M. en C. Irma Lorena López Enríquez y Dr. Jorge Alberto Tena Flores, por su paciencia y asesoría.

A cada uno de los curadores de los herbarios consultados, por recibirme amablemente y permitir que revisara los ejemplares de las colecciones para obtener los datos necesarios para la realización de este proyecto.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo que me otorgó para que pudiera realizar la Maestría.

A mis maestros de posgrado, por compartir sus conocimientos, por su paciencia y apoyo en clase.

A mis amigos Sergio Magallanes, Saira Amaya, Isela Retana, Fernando Colin y Raúl Villalobos, por sus palabras de apoyo y charlas de relajación.

Por último, a mi familia que aun cuando la mayoría del tiempo están lejos. Me brindan su apoyo.

X. ANEXOS

Anexo 1. Listado de las especies del género *Euphorbia* L. presentes en la Sierra Madre Occidental. subgénero *Chamaesyce* (CH), *Esula* (ES) y *Euphorbia* (EU), habito de crecimiento hierba (h), arbusto (a), árbol (A), los estados en que está presente Aguascalientes (A), Chihuahua (C), Durango (D), Jalisco (J), Nayarit (N), Sinaloa (I), Sonora (O) y Zacatecas (Z). Con * aquellas especies endémicas a la SMO.

Euphorbia abramsiana L. C. Wheeler, *J.J. Balleza-C. 262* (HUAZ). CH. h. I. Z.

**Euphorbia alatocaulis* V. W. Steinm. & Felger, *P. Pulido-P. et al. 55* (CIIDIR). CH. h. C. O.

Euphorbia albomarginata Torr. & A. Gray, *J.G. González-G. et al. 1724* (CIIDIR). CH. h. A. C.D. O

Euphorbia alta Norton, *S. González-E. y J. Rzedowski 1910* (CIIDIR). ES. h. C. D. O.

Euphorbia anthonyi Brandegee, *F. Hernández-A. et al. 1321* (UAS). CH. h. I

Euphorbia antisyphilitica Zucc., *M. González-E. 999* (CIIDIR). CH. a. A. D. J.

Euphorbia anychioides Boiss., *M.F. Passini 19415* (CIIDIR). CH. h-a. A. C. D. J. N. I. O. Z.

Euphorbia ariensis Kunth*., I. Solís 1263a* (CIIDIR). CH. a. D.

Euphorbia arizonica Engelm., *A.L. Reina-G. et al. 2004-943* (USON). CH. h. O.

Euphorbia astyla Boiss., *Correll & Johnston 1970* (Correll & Johnston 1970). CH. h. D.

Euphorbia sp., *R. Spellenberg et al. 8016* (MEXU). -. h. C. D.

Euphorbia berteroana Balb. ex Spreng., *M. de la Cerda-L*. *5675* (HUAA). CH. h. A. D. J. Z.

Euphorbia bilobata Engelm., *T.R. Van Devender et al. 96-518* (MEXU). CH. h. C. D. O.

Euphorbia brachycera Engelm., *P. Tenorio-L. et al. 6124* (MEXU). ES. h.C. D.

Euphorbia bracteata Jacq., *Rzedowski 17619* (ENCB). EU. a. D. J.

Euphorbia californica Benth., *D.E. Breedlove 61383* (MEXU). CH. a. J. Z.

Euphorbia capitellata Engelm., *J. Rzedowski 20239* (ENCB). CH. h. N. Z.

Euphorbia chaetocalyx (Boiss.) Tidestr., *M. Vizcarra 171* (CIIDIR). CH. h. D.

Euphorbia chamaesula Boiss., *P. Tenorio-L. y C. Romero de-T. 1780* (MEXU). ES. h. C. D. O.

**Euphorbia chiribensis* V. W. Steinm. & Felger, *S. González-E. et al.* 6712 (CIIDIR). ES. h. D. I.

Euphorbia cinerascens Engelm., *S. González-E. y M.C. González-E. 1651* (CIIDIR). CH. h. C. D. Z.

Euphorbia colorata Engelm., *P. Pulido-P. et al.* 33 (CIIDIR). CH. h. C. D. I. O. Z.

Euphorbia cotinifolia L. *R. Vega-A. 1801* (UAS). CH. a. D. I.

Euphorbia creberrima McVaugh, *M.E. Siqueiros 2638* (HUAA). ES. h. a. A. D. J. Z.

**Euphorbia crepuscula* (L. C. Wheeler) V. W. Steinm. & Felger, *A. Benitez-P. 2100* (CHAP). CH. h. C.

Euphorbia cuphosperma (Engelm.) Boiss., *M. de la Cerda-L. 6617* (HUAA). CH. h. A. C. D. N. O.

Euphorbia cyathophora Murray, *M.C. González-E. 1381* (CIIDIR). CH. h. C. D. N. Z.

Euphorbia cymosa Poir., *T.R. Van Devender et al. 2009-822* (USON). CH. A-a. A. C. D. J. N. I. O. Z.

Euphorbia davidii Subils., *A. García-A. y S. Acevedo 2041* (CIIDIR). CH. h. C. D.

Euphorbia delicatula Boiss., *E.D. Enriquez-E. 731* (HUAZ). CH. h. Z.

Euphorbia densiflora (Klotzsch & Garcke) Klotzsch, *P. Carrillo-R. y L. Ortíz-C. 618* (IBUG). CH. h. D. J. N. I. Z.

Euphorbia dentata Michx., *L.M. Villareal de-P. 3216* (IBUG). CH. h. C. D. J. N. I. Z.

Euphorbia dioeca Kunth., *S. Guerrero et al. 339* (MEXU). CH. h. D. N.

Euphorbia dioscoreoides Boiss, *A. Benitez-P. 2100* (MEXU). CH. h. C. D. J. N. I. O.

Euphorbia eriantha Benth., *J.J. Balleza-C. y M. Adame G. 8618* (HUAZ). CH. h. D. Z.

Euphorbia exstipulata Engelm., J. *Henrickson 5750* (MEXU). CH. h. C.

Euphorbia feddemae McVaugh, *M. de la Cerda-L. 6818* (HUAA). CH. h. A, D, J.

Euphorbia francoana Boiss., *J. J. Balleza-C. y E.D. Enriquez-E. 7843* (MEXU). CH. h. D, I, Z.

Euphorbia florida Engelm., *A.L. Reina-G. et al. 2009-925* (USON). CH. h. D, O.

Euphorbia fulva Stapf., *I. García-G. et. al. 15* (INEGI). EU. a. J.

Euphorbia furcillata Kunth., *S. Acevedo 363* (CIIDIR). ES. h. a. A, C, D, J, I, Z.

Euphorbia gracillima S. Watson, *A.L. Reina-G. et al. 2009-894* (USON). CH.h. O.

Euphorbia graminea Jacq., *P. Carrillo-R. 132* (IBUG). CH. h. A, C, J, N, I, O, Z.

Euphorbia guadalajarana S. Watson, *R. McVaugh 18347* (MEXU). CH. h. A, N, J, Z.

Euphorbia heterophylla L., *S. González-E. et al.* 3077 (CIIDIR). CH. h. A, C, D, J, N, I, O, Z.

Euphorbia hexagona Nutt. ex Spreng, *C. Velasco s/n* (INEGI). CH. h. D.

Euphorbia hexagonoides S. Watson, *G. Neson y P. Lewis 5097b* (MEXU). CH. h. C, O.

Euphorbia hirta L., *C. Bailón 58* (CIIDIR). CH. h. a. A, C, D, J, N, I, O, Z.

Euphorbia hypericifolia L., *J.A. Gutierrez-G. y J.S. Palazuelos 294* (UAS). CH. h. D, I.

Euphorbia hyssopifolia L., *A. Flores-M. 3646* (IBUG). CH. h. A, C, D, J, N, S, O, Z.

Euphorbia indivisa (Engelm.) Tidestr., *L. Ruacho et al.* (CIIDIR). CH. h. A, C, D, N, O, Z.

Euphorbia jaliscensis B. L. Rob. & Greenm., *G. García-R. 4727* (HUAA). CH. h. A, D, J, Z.

Euphorbia lacera Boiss., *M. De la Cerda-L*. *6211* (HUAA). CH.h. A.

Euphorbia lasiocarpa Klotzsch, *J. Ramírez-P. 816* (HUAZ). CH. h. Z.

Euphorbia lomelii V. W. Steinm., *R. Vega-A. et al. 8047* (UAS). EU. a. I.

Euphorbia lurida Engelm., *P. Pulido-P. et al. 45* (CIIDIR). ES. h. C.

Euphorbia macropus (Klotzsch & Garcke) Boiss., *A. Benitez-P. S-50* (CHAP). CH. h. A, C, D, J, N, O, Z.

Euphorbia maculata L., *R. Kral 25753* (ENCB). CH. h. D.

Euphorbia maysillesii McVaugh, *J.J. Balleza-C. y M. Adame G. 10915* (HUAZ). CH. h. Z.

Euphorbia mendezii Boiss., *J.C. Sánchez 1235* (CIIDIR). CH. h. A, D, J, Z.
Euphorbia misella S. Watson, *A. García-A. et al. 2458* (CIIDIR). CH. h. C, D, Z.
Euphorbia multiseta Benth., *S. González-E. 3745* (CIIDIR). CH. h. a. D, N, Z.
**Euphorbia nayarensis* V. W. Steinm., *V.W. Steinmann 1050* (MEXU). CH. h. N.
Euphorbia nocens (L. C. Wheeler) V. W. Steinm., *L. McGill 9422* (ASU). CH. h. D.
Euphorbia nutans Lag., *M. de la Cerda-L. 6900* (HUAA). CH. h. A, C, D, N, O, Z.
Euphorbia ocymoidea L., *J. González 511* (IBUG). CH. h. J, N, I, O, Z.
Euphorbia ophthalmica Pers., *M. de la Cerda-L. 6272* (HUAA). CH. h. A, D, J.
Euphorbia pediculifera Engelm., *H. Scott-G. 5108* (MEXU). CH. h. I, O.
Euphorbia peritropoides (Millsp.) V. W. Steinm., *J.R. Martinez-A. 15* (CIIDIR). EU. a. N, D.
**Euphorbia pionosperma* V. W. Steinm. & Felger, *A. Garcia-A. 1535* (CIIDIR). CH. h. C, D, O.
Euphorbia plicata S. Watson, *S. Acevedo y D. Bayona 375-DB* (HUAA). CH. a. D.
Euphorbia polycarpa Benth., *J.J. Sánchez-E. et al. 2013-308* (USON). CH. h. O.
Euphorbia potosina Fernald, *G. García-R. 2678* (HUAA). CH. h. A, D, Z.
Euphorbia prostrata Aiton, *M. de la Cerda-L. 6508* (HUAA). CH. h. A, C, D, O, Z.
Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch, *R. Vega-A. 2143* (UAS). CH. a. I.
Euphorbia radians Benth., *M.E. Siqueiros 3209* (HUAA). CH. h. A, C, D, J, Z.
Euphorbia radioloides Boiss., *G. Gómez-E. 309* (MEXU). CH. h. C.
Euphorbia restiacea Benth., *P. Tenorio-L. y G. Flores-F. 16750* (MEXU). CH. h. D, N.
Euphorbia revoluta Engelm., *P. Pulido-P. et al. 32* (CIIDIR). CH. h. O.
Euphorbia schiedeana (Klotzsch & Garcke) Mayfield ex C. Nelson, *P. Carrillo-R. 133* (IBUG). CH. h. A, D, J.
Euphorbia schlechtendalii Boiss., *A. Flores-M. 835* (IBUG). CH. h-A-a. D, J, N, Z.
Euphorbia scopulorum Brandegee, *H. & J. (DCh).* CH. a. D.
Euphorbia serpens Kunth, *L.M. Villareal de-P. 4802* (IBUG). CH. h. J.
Euphorbia serpillifolia Pers., *M.C. González-G. y L.S. González 295* (CIIDIR). CH. h. A, C, D, I, Z.

Euphorbia serrula Engelm., *S. González-E. y J. Rzedowski 2439* (CIIDIR). CH. h. N.

Euphorbia sinaloensis Brandegee, *R. Vega-A. et al. 2472* (UAS). CH. h. I.

Euphorbia sonorae Rose, *T.R. Van Devender et al.* 2009-699 (USON). CH. h. O.

Euphorbia spathulata Lam., *P. Tenorio-L. y C. Romero de T. 754* (MEXU). ES. h. D, Z.

Euphorbia spellenbergiana M. Mayfield & V. W. Steinm., *G. García-R. 4845* (HUAA). CH. h. A, C, D, Z.

Euphorbia sphaerorhiza Benth., *A. Park 215* (CIIDIR). CH. h. A, C, D, J, N, O, Z.

Euphorbia stictospora Engelm., *M. de la Cerda-L. 6345A* (HUAA). CH. h. A, C, D, Z.

Euphorbia strigosa Hook. & Arn., *I. Solis 771* (CIIDIR). CH. h. D, J, I.

Euphorbia subreniformis S. Watson, *M. de la Cerda-L*. *7617* (HUAA). CH. h. A, D, N, I, O.

Euphorbia succedanea L. C. Wheeler, *A. García-A. 2107* (CIIDIR). CH. h. A, D, J, I, Z.

Euphorbia tanquahuete Sessé & Moc., *E.D. Enriquez-E. 364* (HUAZ). EU. A. Z.

Euphorbia thymifolia L., *T.R. Van Devender et al.* 95-738 (USON). CH. h. C, D, J, I, O.

Euphorbia tresmariae (Millsp.) Standl., *R. Muñoz-V. s/n* (IBUG). CH. a. J.

Euphorbia umbellulata Engelm. ex Boiss., *S. González-E. y J. Rzedowski 2437* (CIIDIR). CH. h. N.

Euphorbia velleriflora (Klotzsch & Garcke) Boiss., *M. de la Cerda-L. 6346A* (HUAA). CH. h. A, D, Z.

Euphorbia vermiculata Raf., *M. de la Cerda-L. 7057* (HUAA). CH. h. A, D.

Euphorbia villifera Scheele, *G. Borja-L*. *B-354* (ENCB). CH. h. C, D, Z.

Euphorbia wrightii Torr. & A. Gray, *E. D. Enriquez-E. y M. Adame-G. 1934* (HUAZ). CH. h. a. Z.