

---

---

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIÓLOGICAS Y AGROPECUARIAS**

---

---



**Florística y relación histórica en seis localidades occidentales de México,  
aplicando múltiples Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) a plantas  
vasculares**

---

---

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**P R E S E N T A**

**PABLO MONTIEL MONCAYO**

**Las Agujas, Zapopan, Jal., Diciembre de 2015**

---

---



Universidad de Guadalajara  
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
*Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología*

C. PABLO MONTIEL MONCAYO.  
PRESENTE

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción **TESIS** con el título: "**Florística y relación histórica en seis localidades occidentales de México, aplicando múltiples Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) a plantas vasculares**", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo: **Dr. Aarón Rodríguez Contreras**.

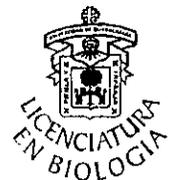
Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 26 de enero de 2015

DRA. GEORGINA ADRIANA QUIROZ ROCHA  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

COMITE DE  
TITULACION



DRA. CLAUDIA AURORA URIBE MÚ.  
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

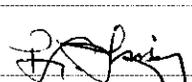
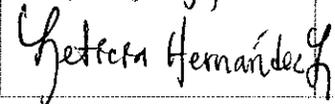
Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha.  
 Presidente del Comité de Titulación.  
 Licenciatura en Biología.  
 CUCBA.  
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad Tesis e Informes, opción Tesis con el título: "Florística y relación histórica en seis localidades occidentales de México, aplicando múltiples Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) a plantas vasculares" que realizó el pasante Pablo Montiel Moncayo con número de código 304394267 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente  
 Las Agujas, Zapopan, Jal., 7 de octubre del 2015

  
 Dr. Aaron Rodríguez Contreras

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
Dra. Ofelia Vargas Ponce		8/10/2015
Dra, Georgina Vargas Amado		14-oct/2015
Dr. Pablo Carrillo Reyes		14 oct 2015
Supl. M. en C. Leticia López Hernández		8 oct 2015

COMITE DE  
 TITULACION



  
 14-10-15

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Aarón Rodríguez Contreras por dirigir el trabajo, por todo su apoyo y contribución a este y por toda su amabilidad y tiempo sin el cual no hubiese sido posible de realizar.

A mis sinodales la Dra. Ofelia Vargas Ponce, la Dra. Georgina Vargas Amado, el Dr. Pablo Carrillo Reyes y la M. en C. Leticia López Hernández, por sus comentarios que enriquecieron el contenido del manuscrito y por siempre recibirme de la mejor manera.

A los especialistas del Herbario IBUG por su contribución en la revisión taxonómica de los listados florísticos, al Dr. Jorge Pérez de la Rosa, Dra. Luz María González Villareal, Dra. Mollie Harker y Dr. Jesús González Gallegos.

A Guadalupe Munguía Lino y Arturo Castro Castro por su tiempo y consejos que contribuyeron de gran manera en la realización de este trabajo.

A todo el personal y compañeros del Herbario IBUG por su gran amabilidad.

## ***DEDICATORIA***

A mi madre

A mi familia más cercana: Alicia, Liz, Nina, Luisa, Lisa y Renata

A toda la familia Moncayo

A mis amistades

A todas las personas que me han acompañado a lo largo de mi vida y mi carrera de las cuales siempre aprendí algo nuevo

## CONTENIDO

<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>2</b>
Geografía.....	2
Geología.....	4
Clima.....	6
Florística.....	6
Biogeografía.....	10
<b>Antecedentes.....</b>	<b>12</b>
Florísticos.....	12
Biogeográficos.....	18
<b>Objetivos.....</b>	<b>20</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>21</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>21</b>
<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>21</b>
Sitios de estudio.....	21
Materiales.....	31
Métodos.....	32
<b>Resultados.....</b>	<b>35</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>46</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>50</b>

## Índice de figuras

Figura 1.- Provincias Biogeograficas de México según Morrone (2005).....	3
Figura 2.- Eje Volcánico Transmexicano.....	4
Figura 3.- Ubicación del Eje Volcánico Transmexicano.....	5
Figura 4.- Sector occidental del Eje Volcánico Transmexicano y sus principales formaciones.....	9
Figura 5.- Mapa geológico del sector Occidental de la Faja Volcánica Transmexicana.....	11
Figura 6.- Vegetación presente en la Nueva Galicia.....	13
Figura 7.- El Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP).....	14
Figura 8.- Bosque de Pino-Encino en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP).....	15
Figura 9.- El Volcán del Colli.....	16
Figura 10.- El Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima (PNVNC).....	17
Figura 11.- El Volcán de Fuego en el PNVNC.....	22
Figura 12.- El Nevado en el PNVNC.....	23
Figura 13.- Volcán de Tequila (VT).....	24
Figura 14.- Encinar en el Volcán de Tequila (VT).....	25
Figura 15.- La Tetilla del Volcán de Tequila (VT).....	26
Figura 16.- El Cerro Viejo (CV).....	27
Figura 17.- Laderas del Cerro Viejo y cumbre (CV).....	28
Figura 18.- Volcán El Ceboruco (VEC).....	28
Figura 19.- Bosque de Pino en el Volcán El Ceboruco (VEC).....	29
Figura 20.- La Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM).....	30

Figura 21.- Bosque Mesófilo de Montaña en la Sierra de Manantlán (RBSM).....	31
Figura 22. Cladograma obtenido de la matriz M1.....	37
Figura 23 Cladograma obtenido de la matriz M2.....	37
Figura 24 Cladograma obtenido de la matriz M3.....	38
Figura 25 Cladograma de consenso estricto obtenido de la matriz M4.....	38
Figura 26 Cladograma obtenido de la matriz M5.....	39
Figura 27 Cladograma obtenido de la matriz M6.....	39
Figura 28 Cladograma obtenido de la matriz M7.....	40
Figura 29 Cladograma obtenido de la matriz M8.....	40
Figura 30 Cladograma de consenso estricto obtenido de la matriz M9.....	41
Figura 31 Cladograma obtenido de la matriz M10.....	42
Figura 32. Cladograma de consenso estricto obtenido la matriz M11.....	43
Figura 33. Cladograma obtenido de la matriz M12.....	43
Figura 34. Cladograma obtenido de la matriz M13.....	44
Figura 35. Cladograma obtenido de la matriz M14.....	45
Figura 36 Cladograma obtenido de matriz M15.....	45
Figura 37. Cladograma obtenido de la matriz M16.....	46

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Taxones de plantas vasculares presentes en las diferentes provincias de la Zona de Transición Mexicana (ZTM).....	7
Cuadro 2 Superficie y total de taxones vegetales presentes en dos estados.....	7
Cuadro 3. Riqueza de especies nativas de Magnoliophyta en Colima, Jalisco y Nayarit.....	8
Cuadro 4. Número de taxones documentados en las diferentes áreas del estudio.....	35
Cuadro 5. Especies registradas en todas las áreas.....	36
Cuadro 6. Número de géneros y especies de las familias más representativas de la flora en las áreas estudiadas.....	41

## RESUMEN

México es un país megadiverso. Su territorio alberga 23,003 especies de plantas vasculares, de las cuales 21,841 son angiospermas, 148 son gimnospermas y 1,014 son pteridofitas. La provincia biogeográfica del Eje Volcánico Transmexicano, es un conjunto de mesetas escalonadas y volcanes de diferentes edades alineados sobre una franja que cruza el territorio mexicano de este a oeste alrededor del paralelo 19° N. En esta franja, el bosque de pino y encino es el tipo de vegetación dominante, crece entre los 1000 y 4000 m de elevación y exhibe una alta diversidad biótica. Debido a la perturbación humana, el bosque presenta un patrón fragmentado, similar a un archipiélago, que los hace apropiados para la aplicación de un análisis vicariante. El objetivo de este trabajo es generar una hipótesis sobre la relación actual e histórica de seis áreas con bosque de pino y encino principalmente, incluidos el Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima (PNVNC), el Volcán de Tequila (VT), el Volcán El Ceboruco (VEC), el Cerro Viejo (CV), el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP) y la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM). Se realizó una revisión exhaustiva de literatura y bases de datos de las seis áreas. Se obtuvo una base de datos para cada localidad que en total suman 4,581 registros, de los cuales se generaron ocho matrices diferentes de áreas x especies y/o géneros a la presencia/ausencia de 2,108 especies agrupadas en 751 géneros y 163 familias de plantas vasculares. A esta matriz se aplicaron seis Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) y dos Análisis Cladísticos de Distribución y Endemismos (CADE). Los cladogramas obtenidos de estos análisis arrojaron una relación homogénea entre las formaciones, resultando la RBSM estrechamente relacionada con el CV. Con el fin de postular hipótesis más atrevidas y sustentadas se analizaron también las familias y grupos más representativos de la flora. En conclusión el Eje Volcánico Transmexicano no es una unidad biogeográfica natural, su estrecha y compleja relación con otras provincias promueven esta idea. Debido al complejo origen y desarrollo geológico y biológico, las formaciones volcánicas estudiadas aquí, exhiben diversos patrones de relación histórica.

## INTRODUCCIÓN

### -Geografía

Para entender y analizar la diversidad vegetal de México, el país se ha dividido con base en diversos criterios. Ferrusquía-Villafranca (1998) reconoció 11 provincias morfotectónicas. Rzedowski (1978) describió 15 provincias fisiográficas. Asimismo, Toledo & Ordóñez (1998) definieron seis zonas ecológicas y Rzedowski (1978) describió 10 tipos de vegetación. También Rzedowski (1978) describió 17 provincias florísticas. Morrone (2001) agrupó la biota mexicana en las regiones Neártica y Neotropical y 14 provincias biogeográficas. Por último, Olson *et al.* (2001) propusieron 867 ecorregiones terrestres, agrupadas en ocho regiones biogeográficas y 14 biomas a nivel mundial. Los mismos autores Olson *et al.* (2001) reconocieron y describieron 49 ecorregiones en México. En lo sucesivo se hará referencia a las provincias morfotectónicas (Ferrusquía-Villafranca 1998) y biogeográficas (Morrone 2005) (Fig. 1). Debido a que proponen el modelo más estándar respectivamente. Aunque existe correspondencia entre ambos criterios también hay diferencias.

Al centro-occidente de México se le conoce también como Nueva Galicia (Rzedowski & McVaugh 1966). El área corresponde al territorio del antiguo Virreinato del mismo nombre e incluye a los estados de Jalisco, Colima y Aguascalientes, además de porciones de Nayarit, Durango, Zacatecas, Guanajuato y Michoacán. Abarca aproximadamente 125,000 km<sup>2</sup> y un litoral de 500 km de largo (Rzedowski & McVaugh 1966) (Fig. 6). Morfotectónicamente, Nueva Galicia se encuentra al extremo sur de las Planicies y Sierras del Noroeste, además de porciones de la Sierra Madre Occidental, la Meseta Central, la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur. Por su parte, en Nueva Galicia confluyen porciones de las provincias biogeográficas de la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico Transmexicano, la Depresión del Balsas, la Sierra Madre del Sur y la Costa Pacífica Mexicana (Morrone 2001).

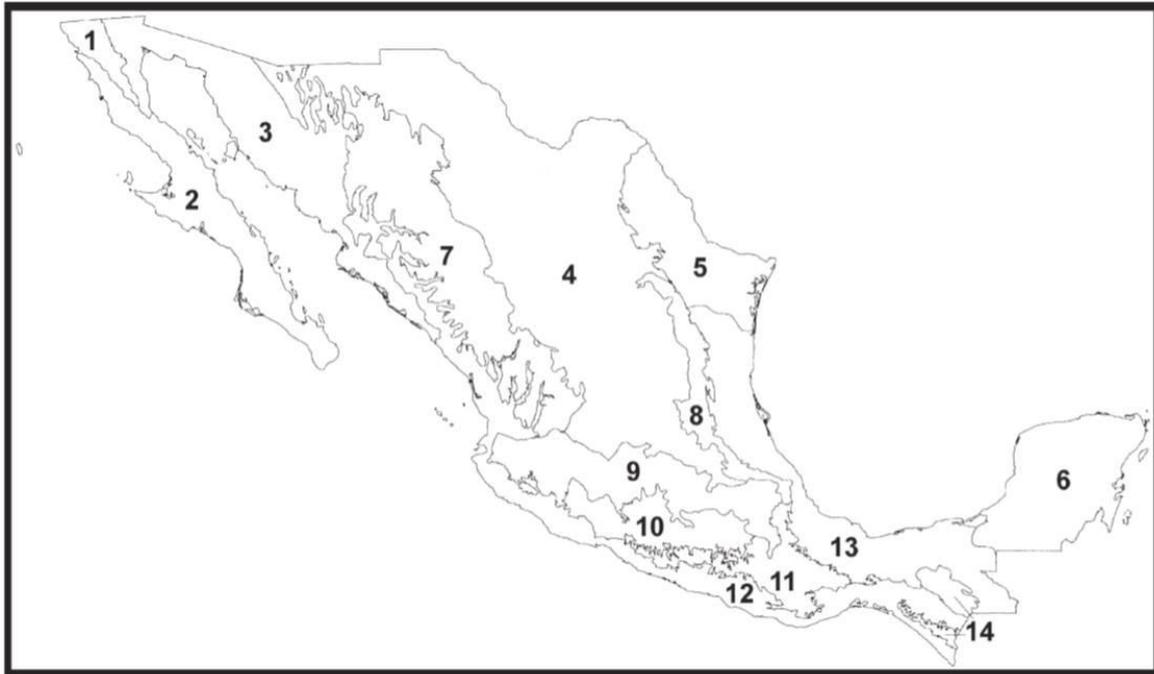


Fig. 1. Provincias Biogeograficas de México según Morrone (2005). 1, California; 2, Baja California; 3, Sonora; 4, Altiplano Mexicano; 5, Tamaulipas; 6, Península de Yucatán; 7, Sierra Madre Occidental; 8, Sierra Madre Oriental; 9, Eje Volcánico Transmexicano; 10, Cuenca del Balsas; 11, Sierra Madre del Sur; 12, Costa Pacífica Mexicana; 13, Golfo de México; 14, Chiapas.

La Faja Volcánica Transmexicana (FVT) está localizada entre los paralelos  $17^{\circ} 30'$  y  $20^{\circ} 25'$  de latitud N y los meridianos  $96^{\circ} 20'$  y  $105^{\circ} 20'$  de longitud W (Fig. 3). Cruza el país desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México. Está dispuesta en dirección este-oeste y tiene cerca de 930 km de longitud y en promedio 120 km de ancho, cubre una extensión cercana a los  $175,700 \text{ km}^2$  ó un 9.17% del territorio nacional. Altitudinalmente, se encuentra entre 1,000 y 5,000 msnm. (Ferrusquía-Villafranca, 1998). En Jalisco, la FVT incluye a las zonas Sierra Occidental, Valles, Centro, Sur, Sierra de Amula, Altos Sur y Ciénega (Anónimo 2007) (Fig. 4.). Abarca al centro de Jalisco, sur de Nayarit, noreste de Colima, el norte de Michoacán, sur de Guanajuato e Hidalgo, sureste de Querétaro, un pequeña porción del norte de Guerrero, Morelos, Distrito Federal, Estado de México, Tlaxcala, norte de Puebla y el centro de Veracruz (Ferrusquía-Villafranca 1998, Gómez-Tuena *et al.* 2005).



Fig. 2. Eje Volcánico Transmexicano visto desde el espacio, imagen tomada de Google Earth.

La provincia morfotectónica de la Sierra Madre del Sur (SMS) se localiza al sur de la FVT (Ferrusquía-Villafranca 1998). Está limitada por los paralelos  $15^{\circ} 40'$  y  $19^{\circ} 40'$  de latitud N y los meridianos  $94^{\circ} 45'$  y  $104^{\circ} 40'$  de longitud W. En el eje este-oeste, la SMS tiene una longitud de 820 km pero a lo largo del Océano Pacífico su extensión llega a los 940 km. (Fig. 3.) En el istmo de Tehuantepec, el eje norte-sur alcanza 100 km. En Jalisco, la SMS cubre las zonas Costa, Costa Sur y Suroeste (Anónimo 2007). La SMS cubre a los estados de Colima, sur de Michoacán, sureste del Estado de México, Morelos, sur de Puebla, Guerrero y Oaxaca (Ferrusquía-Villafranca 1998).

El presente estudio consideró seis áreas. El Volcán de Tequila (VT), el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP) y el Cerro Viejo (CV) se localizan en Jalisco. Por su parte, el Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima (PNVNC) y la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM) se localizan en Jalisco y Colima. Por último, el Volcán El Ceboruco (VEC) se encuentra en Nayarit (Fig. 4).

#### -Geología

La FVT se localiza al sur de la placa de Norteamérica. A su vez, esta es subducida por la porción occidental de la placa de Cocos y la microplaca Rivera (Ferrari *et al.* 2012). Su formación inició hace 19 millones de años e incluye

cuatro episodios asincrónicos (Gómez-Tuena *et al.* 2005, Ferrari *et al.* 2012). Al inicio se formó un arco de composición intermedia en el Mioceno medio y tardío. Después, le siguió un episodio máfico durante el Mioceno tardío. Más tarde, a finales del Mioceno ocurrió un episodio silíceo con características bimodales hacia el Plioceno temprano (Fig. 5). Por último, se formó un arco muy variable a partir del Plioceno tardío (Gómez-Tuena *et al.* 2005, Ferrari *et al.* 2012). Como resultado, la FVT se divide en tres segmentos, occidental, central y oriental. El VT, el APFFLP, el CV, el PNVNC y el VEC se localizan en el sector occidental de la FVT. La RBSM se ubica en la Sierra Madre del Sur (SMS). A lo largo de la FVT y de occidente a oriente, los volcanes activos o recientemente activos incluyen a San Juan, Sangangüey, Ceboruco, Caldera de la Primavera, Nevado de Colima, Colima, Apaxtepec, Parícutín, Tequila, Iztaccíhuatl, Popocatépetl, La Malinche, Pico de Orizaba, Cofre de Perote y Teziutlán (Ferrusquía-Villafranca 1998).

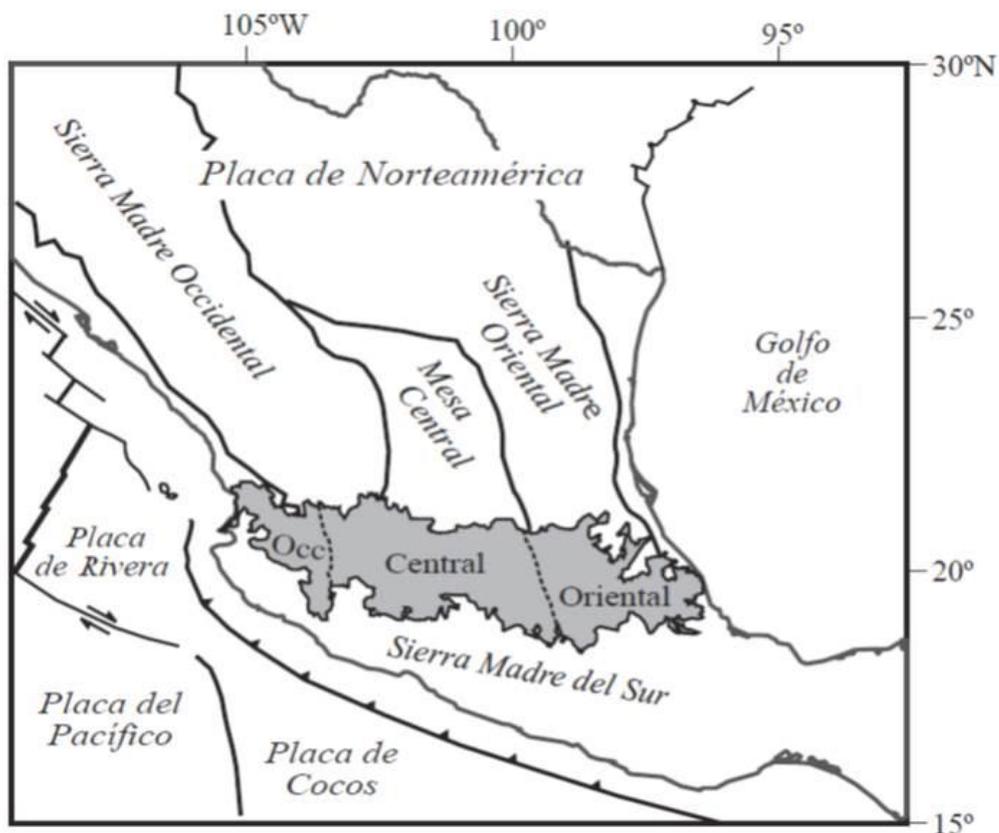


Fig. 3 Ubicación del Eje Volcánico Transmexicano (EVT, en gris), de las principales provincias geológicas de México y de las placas tectónicas actuales. Se muestra la ubicación de los tres sectores del EVT según Gómez-Tuena *et al.* (2005).

## -Clima

Climáticamente, la FVT es un área muy compleja. Debido a su localización en la zona tropical y heterogeneidad topográfica, la FVT contiene los grupos semicálido y semifrío transicionales entre los cálidos y los templados, y entre éstos y los fríos. Contiene 30 subtipos climáticos que varían desde secos hasta muy húmedos y de muy cálidos a muy fríos (Hernández-Cerda & Carrasco-Anaya, 2007). Aquí encontramos los climas cálidos húmedos y subhúmedos (A), semicálidos húmedos y subhúmedos [(A)C], secos (B), templados húmedos y subhúmedos (C), semifríos húmedos y subhúmedos (Cb'), fríos de altura [E(T)H] y muy fríos de altura [E(F)H] (Hernández-Cerda & Carrasco-Anaya 2007).

En la FVT, la precipitación es variable (Hernández-Cerda & Carrasco-Anaya, 2007). La zona más lluviosa se localiza en las pendientes de las montañas inclinadas hacia el Golfo de México en los estados de Veracruz y Puebla. Aquí la precipitación anual llega a los 4500 mm. En contraste, las montañas orientadas hacia el Pacífico reciben en promedio 2000 mm. Las áreas más secas reciben entre 200 y 300 mm por año. Se localizan en el sotavento orográfico y zonas aledañas a la Meseta Central. La precipitación también varía de acuerdo a la elevación. En altitudes entre 700 y 1800 m se registran precipitaciones superiores a 1800 mm. Este valor disminuye por encima de los 1800 msnm (Hernández-Cerda & Carrasco-Anaya 2007).

## -Florística

México es un país mega diverso (Myers *et al.* 2000). Sin ser completa, existen estimaciones sobre la riqueza de las plantas terrestres o embriofitas mexicanas (Equisetopsida; Chase & Reveal 2009). Delgadillo-Moya & Juárez-Martínez (2014) reconocieron la presencia de nueve especies de antocerotes y 592 especies de hepáticas. Los musgos sumaron 984 especies (Delgadillo-Moya 2014). También los helechos y licopodios son abundantes, Martínez-Salas & Ramos (2014) registraron la presencia de 1,014 especies. El número de gimnospermas se calculó en 148 (Gernandt & Pérez de la Rosa 2014, Nicolalde-Morejón *et al.* 2014). Por último, Villaseñor & Ortiz (2014) estimaron la presencia de 21,841 especies de plantas con flores, agrupadas en 2,685

géneros. Según los mismos autores, 11,001 especies son endémicas. En suma, se calculó que 24,588 especies de plantas terrestres viven en México. Cuadro 1.

**Cuadro 1. Taxones de plantas vasculares presentes en las diferentes provincias de la Zona de Transición Mexicana (ZTM): EVT; Eje Volcánico Transmexicano, SMOc; Sierra Madre Occidental, SMOr; Sierra Madre Oriental y SMS; Sierra Madre del Sur, tomado de Villaseñor & Ortiz, 2007.**

Cadena Montañosa	Total de taxones	Taxones endémicos de México
<b>EVT</b>	<b>5,139</b>	<b>1,993</b>
<b>SMOc</b>	<b>3,468</b>	<b>1,294</b>
<b>SMOr</b>	<b>3,927</b>	<b>1,250</b>
<b>SMS</b>	<b>4,179</b>	<b>1,521</b>

La exploración botánica en la Nueva Galicia ha sido representativa (McVaugh 1972, Vargas-Ponce et al. 2002). En Jalisco se han registrado 6,734 especies y 749 taxa infraespecíficos de plantas vasculares (Ramírez-Delgadillo et al. 2010). Cuadro 2. Las angiospermas suman 6,439 especies, de las cuales 4,834 son dicotiledóneas y 1,605 monocotiledóneas. Padilla-Velarde et al. (2006) identificaron 550 especies de árboles en Colima. También dieron a conocer la presencia de 716 especies y 36 taxa infraespecíficos de plantas vasculares en el municipio de Minatitlán en el mismo estado (Padilla-Velarde et al. 2008). Villaseñor & Ortiz (2014) estimaron la presencia de 2,684 especies de angiospermas en Colima. Para Nayarit, Villaseñor & Ortiz (2014) precisaron la existencia de 3,516 especies de plantas con flores. Cuadro 3. Según Rzedowski & McVaugh (1966), las plantas en Nueva Galicia se asocian en 13 tipos de vegetación aunque Rzedowski (1978) reconoce doce.

**Cuadro 2. Superficie y total de taxones vegetales presentes en dos estados, tomado de Villaseñor & Ortiz 2007.**

Estado	Superficie (km <sup>2</sup> ) en EVT	Total taxones
<b>Jalisco</b>	<b>31,898.4 (39.8)</b>	<b>3,697</b>
<b>Colima</b>	<b>534.6 (9.8)</b>	<b>1,429</b>

A lo largo del Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur crecen el bosque tropical caducifolio, el bosque tropical subcaducifolio, el bosque espinoso, el matorral xerófilo, el pastizal, el bosque de *Quercus*, el bosque de coníferas y el bosque mesófilo de montaña (Rzedowski 1978). En los sitios analizados crecen todos menos el matorral xerófilo.

**Cuadro 3. Riqueza de especies nativas de Magnoliophyta en Colima, Jalisco y Nayarit (Tomado de Villaseñor & Ortiz 2014).**

Estado	Total de especies	Endémicas de México	Endémicas del Estado
Colima	2,684	962	48
Jalisco	5,931	2,794	315
Nayarit	3,516	1,417	72

El bosque de *Quercus*, el bosque de coníferas y el bosque mixto de *Quercus* y *Pinus* crecen desde los 1,500 msnm hasta el límite de la vegetación arbórea a los 3,880 msnm. Los árboles dominantes pertenecen a los géneros *Quercus* (Fagaceae), *Pinus* y *Abies* (Pinaceae), *Juniperus* y *Cupressus* (Cupressaceae) y *Arbutus* (Ericaceae) (Rzedowski 1978). Los límites altitudinales de los pinares son distintos que los de los encinares. Los pinares crecen entre 800 y 4,000m, en contraste, el intervalo para los encinos es entre 300 y 2,800m. En altitudes superiores a 3200m, y en sitios que no son suficientemente húmedos para la existencia de *Abies*, no prosperan otros árboles, que no sean del género *Pinus*. (Rzedowski & McVaugh 1966).

El bosque tropical subcaducifolio se encuentra confinado en áreas por debajo de los 1,200 msnm y cercanas al mar. Forma comunidades densas, cuya altura oscila entre 15 y 35 m. Muchos de sus árboles tiran las hojas de 1 a 4 meses, sin embargo algunas especies de los géneros *Ficus* y *Orbignya* son perennifolios (Rzedowski & McVaugh 1966). Por su parte, el bosque tropical caducifolio crece en altitudes entre 0 y 2,200 m. Los árboles alcanzan de 8 a 15 m de altura y se defolian durante la época de estiaje que suele durar entre 5 a 6 meses. Los géneros dominantes son *Bursera* y *Lysiloma* (Rzedowski & McVaugh 1966).



Fig. 4. Acercamiento al sector occidental del Eje Volcánico Transmexicano y sus principales formaciones. 1. Volcán El Ceboruco (VEC), 2. Volcán de Tequila (VT), 3. Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP), 4. Cerro Viejo (CV), 5. Lago de Chapala, 6. Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima (PNVNC), 7. Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM). Imagen tomada de Google Earth.

En Nueva Galicia, el bosque mesófilo tiene una distribución geográfica discontinua. (Fig. 6) Crece en laderas o cañadas muy pronunciadas, generalmente en la cara norte de las sierras, en las cuales la radiación solar es reducida. Se le encuentra en altitudes entre 800 y 2,400 m. Los árboles miden de 20 a 40 m de alto y se encuentran cubiertos por epífitas y trepadoras (Rzedowski & McVaugh 1966).

En los sitios analizados, el pastizal se encuentra en la cumbre del Nevado de Colima. La comunidad crece por arriba de los 3,900 msnm y por encima del límite de la vegetación arbórea. Prospera sobre arenas gruesas y poco compactas. *Festuca tolucensis* Kunth, *Muhlenbergia quadridentata* (Kunth) Trin y *Calamagrostis tolucensis* (Kunth) Trin ex Steud., dominan la asociación (Rzedowski & McVaugh 1966).

#### -Biogeografía

Una provincia biogeográfica es un área continua con características fisiográficas, climáticas, edáficas y fisionómicas similares. Su vegetación suele ser similar y alberga taxones endémicos (Morrone & Escalante 2009). El esquema biogeográfico de México propuesto por Morrone (2005) incluye 14 provincias, agrupadas en las regiones Neártica y Neotropical y una zona de transición (Fig. 1). En Nueva Galicia confluyen las regiones Neártica y Neotropical y se encuentran porciones de las provincias de la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico Transmexicano, la Depresión del Balsas, la Sierra Madre del Sur y la Costa Pacífica Mexicana. Éstas pertenecen a la región Neotropical. Por otro lado, la porción noreste es parte del Altiplano Mexicano y corresponde a la región Neártica (Morrone 2005).

Una zona de transición es un área donde dos o más biotas que evolucionaron independientemente entran en contacto, superponiéndose y mezclándose en distintas formas (Zunino & Zullini 2003). La Zona de Transición Mexicana (ZTM) fue definida y propuesta por Halffter (1976,1978). Es un área compleja donde elementos neárticos y neotropicales se superponen. Incluye el sudoeste de Estados Unidos, México y hasta las tierras bajas de Nicaragua.

Según Morrone (2010) la Zona de Transición Mexicana se limita solamente a las provincias montañosas del país, siendo estas: La Sierra Madre Occidental, La Sierra Madre Oriental, el Eje Volcánico Transmexicano (EVT), La Sierra Madre del Sur (SMS) y Chiapas. Esta regionalización equivale a la región Mesoamericana de Montaña (Rzedowski, 1978). Es en esta Zona de Transición Mexicana, donde la mezcla biótica alcanza tal complejidad que no es posible agruparla con la región Neártica o Neotropical (Morrone, 2005). Los eventos vicariantes responsables de la evolución biótica de esta zona se

relacionarían con el surgimiento de las Sierras Madre y el complejo vulcanismo del Eje Volcánico Transmexicano (Marshall & Liebherr 2000; Morrone & Gutiérrez 2005).

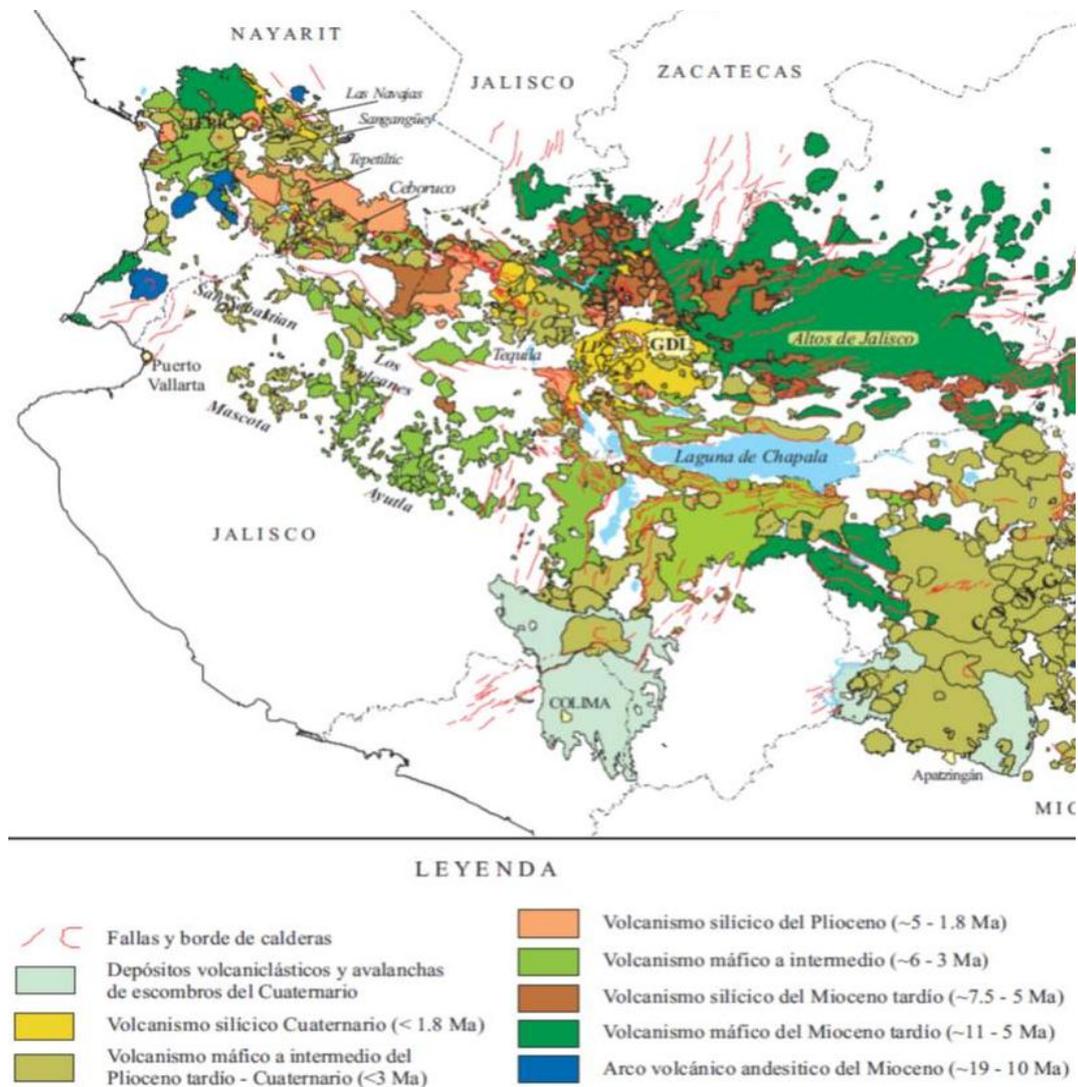


Fig. 5. Mapa geológico simplificado del sector Occidental de la Faja Volcánica Transmexicana, tomado de Gómez-Tuena *et al.* 2005.

El Eje Volcánico Transmexicano se ha propuesto como el límite entre las regiones Neártica y Neotropical (Contreras-Medina *et al.* 2007). Esta zona comenzó su formación durante el terciario medio y sufrió su mayor levantamiento desde el Mioceno hasta el Cuaternario, se considera como el sistema montañoso más joven de México, (Graham 1993). Su posición es única ya que conecta entre sí las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, con lo

que ha constituido un gran evento tanto vicariante como de dispersión para muchos taxones (Marshall & Liebherr 2000), por lo que esta provincia se reconoce como centro de diversificación, endemismo, y transición biogeográfica para un gran número de taxones distintos (Halffter 1976; Ramamoorthy *et al.* 1998; Morrone 2005, 2010). El EVT es, sin duda, la provincia biogeográfica más heterogénea y compleja en historia geológica y biótica de México. Se reconocen al menos tres grandes sectores bióticos, occidental, central y oriental (Espinosa & Ocegueda 2007) (Fig. 3).

El Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE, por sus siglas en inglés, Rosen 1988) clasifica áreas o localidades (análogos a taxones) con base en sus taxones compartidos (análogos a caracteres) empleando el criterio de parsimonia (Escalante & Morrone 2003). Los datos del PAE consisten en información sobre la presencia/ausencia de taxones, ordenada en matrices de áreas por taxones. Los cladogramas obtenidos representan conjuntos de áreas anidadas, en los cuales las dicotomías terminales representan dos áreas entre las cuales ha ocurrido el intercambio biótico más reciente (Morrone & Crisci 1995). En el PAE la información relativa a una jerarquía de área se basa en taxones sinendémicos, es decir, taxones que son encontrados en más de un área (Nihei 2006). Cracraft (1991) sugirió combinar a especies y taxones supraespecíficos en la matriz, con el fin de incorporar información filogenética al análisis. Después, Porzecanski & Cracraft (2005) formalizaron este método, nombrándolo Análisis Cladístico de Distribución y Endemismo (CADE). A pesar de las diferencias, PAE y CADE son variantes del mismo método (Morrone 2009).

## **Antecedentes**

### **-Antecedentes florísticos**

La flora del occidente de México ha sido documentada en varias formas. El proyecto Flora Novo-Galiciana publicó ocho volúmenes (McVaugh 1983, 1984, 1985, 1987, 1989, 1992, 1993, 2001) y el libro Flora y Vegetación de la Nueva Galicia (Rzedowski & McVaugh 1966). También encontramos la Flora de Jalisco y áreas colindantes. Este proyecto cuenta con 25 fascículos y ha tratado a las familias: Ericaceae, Cornaceae, Clethraceae, Aquifoliaceae,

Garryaceae, Betulaceae, Cochlospermaceae, Julianaceae, Theaceae, Symplocaceae, Monotropaceae, Pyrolaceae, Actinidiaceae, Salicaceae, Myricaceae, Hamamelidaceae, Capparaceae, Cecropiaceae, Staphyleaceae, Coriariaceae, Styracaceae, Bataceae y Muntingiaceae, además de los géneros *Quercus* y *Physalis*. Hernández-López (1995) realizó un inventario sobre flora endémica de Jalisco e identificó centros de endemismo. Vargas *et al.* (2002) elaboraron un catálogo de los trabajos botánicos en Jalisco.

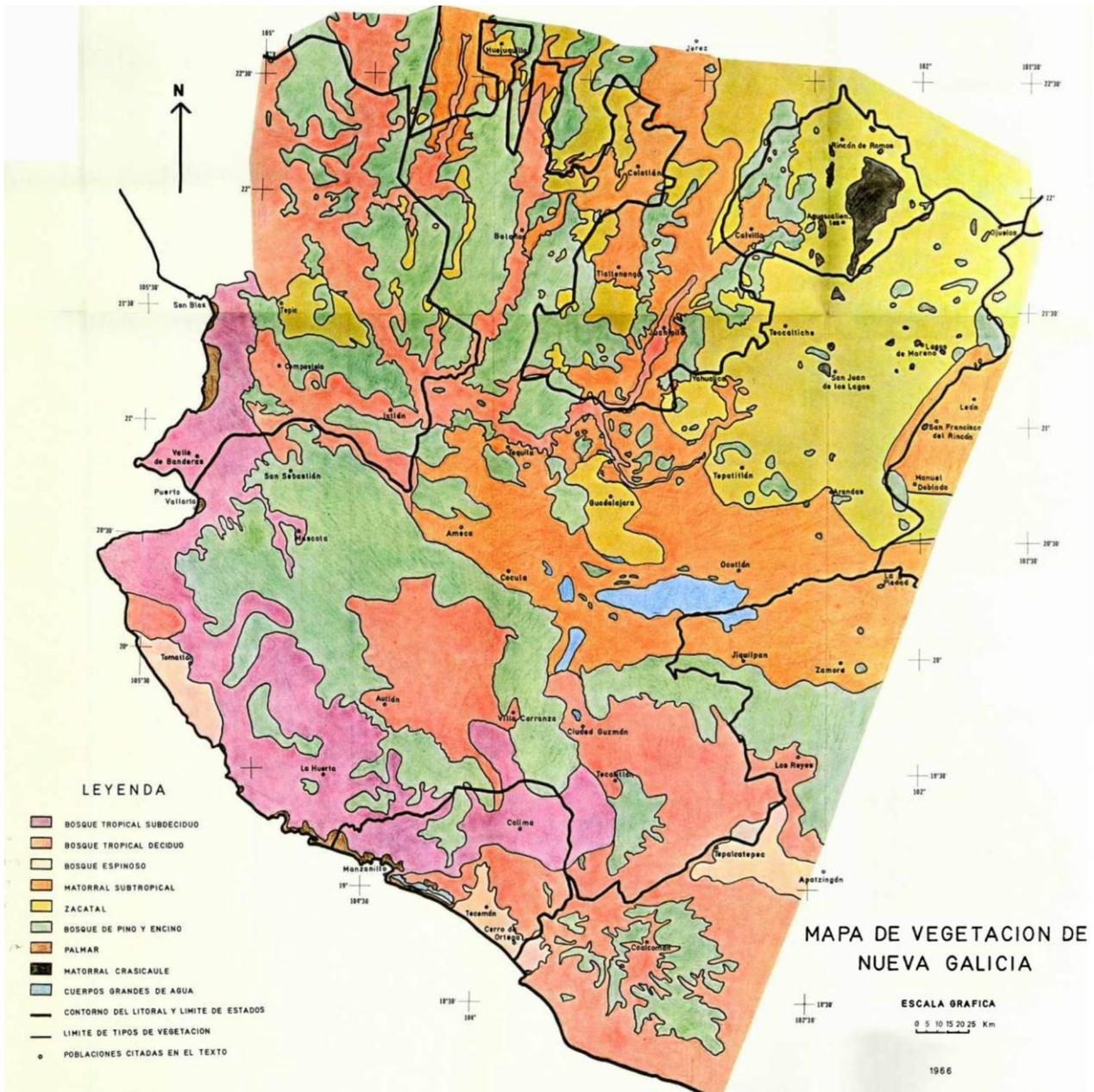


Fig. 6. Vegetación presente en la Nueva Galicia, tomado de Rzedowski & McVaugh 1966.

Otra fuente de información son los listados florísticos. Destacan las guías de excursiones botánicas en México VIII (Zamudio-Ruiz *et al.* 1987) y las Guías de las excursiones botánicas en Jalisco (Ramírez-Delgadillo *et al.* 2010). Además, el Catálogo de plantas vasculares de Jalisco, (Ramírez-Delgadillo *et al.* 2010) registró 6,734 especies. El sustento bibliográfico para las diferentes localidades en el estudio incluyó inventarios florísticos, artículos, monografías, tesis de licenciatura, guías de excursiones botánicas y guías ilustradas.

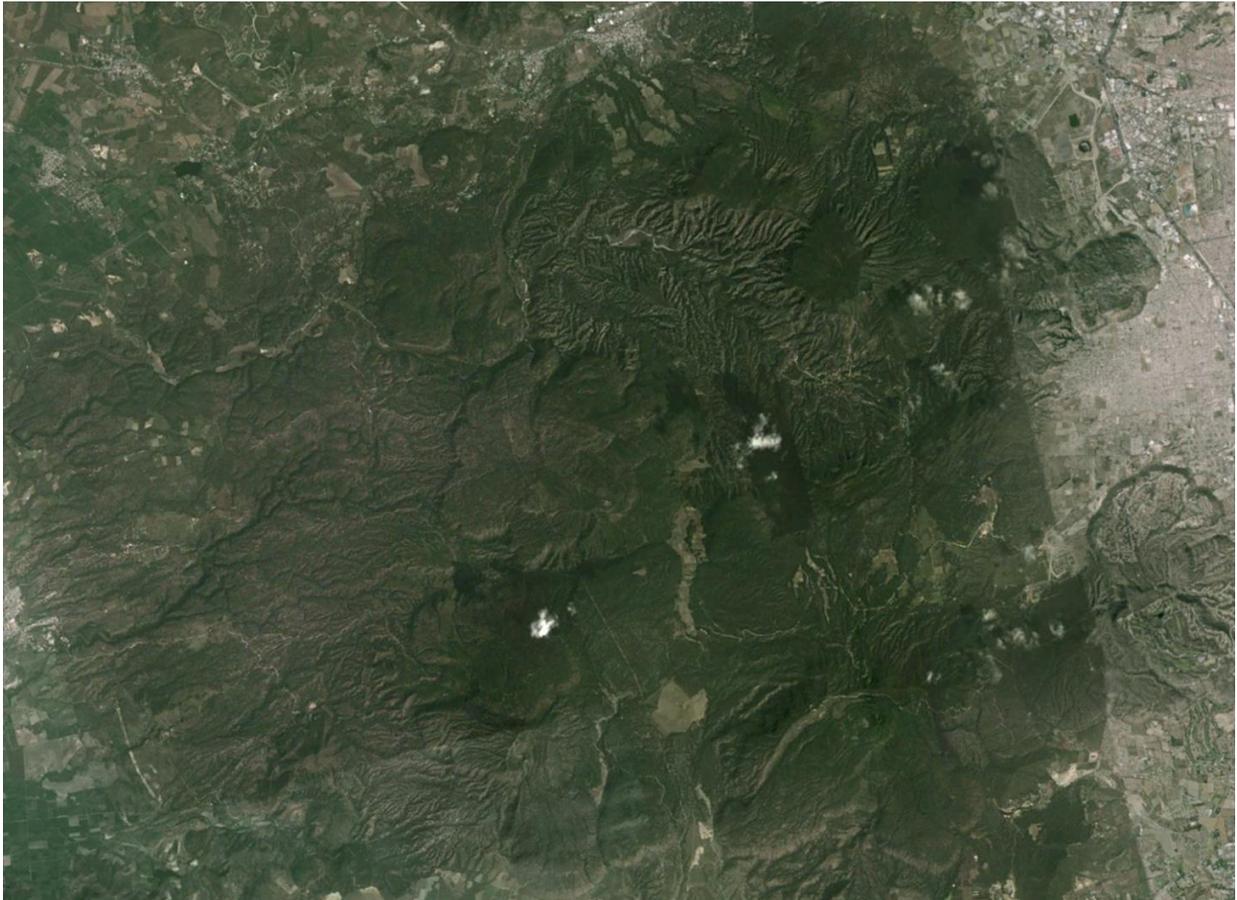


Fig. 7. El Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP), imagen tomada de Google Earth.

El Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP) es una de las localidades mejor estudiadas en Jalisco. Su cercanía con la zona metropolitana de Guadalajara ha facilitado su estudio. Hay trabajos florísticos generales, inventarios de sitios específicos y listados de grupos botánicos. Curiel (1987) registró 433 especies agrupadas en 237 géneros y 70 familias de plantas vasculares. Reyna-Bustos (1988) elaboró un inventario y dio a conocer

la presencia de 637 especies, 329 géneros y 91 familias de espermatofitas. Por último, la SEMARNAT (2000b) comunicó la existencia de 903 especies incluidas en 431 géneros y 107 familias de plantas vasculares.



Fig. 8. Bosque de Pino-Encino en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP). Foto de Pablo Montiel.

Hay tres trabajos florísticos de fracciones de la APFFLP. Rodríguez-Contreras & Reynoso-Dueñas (1992) publicaron la flora del Bosque Escuela, en él que crecen 73 familias con 213 géneros y 323 especies de plantas vasculares. González-Maldonado (1993) registró 166 especies, 84 géneros y 53 familias de plantas vasculares en El Colli. En la misma zona, Macías-Rodríguez & Ramírez-Delgadillo (2001) encontraron 168 especies, 133 géneros y 53 familias de plantas vasculares.

Para el APFFLP se han publicado inventarios y guías de grupos botánicos específicos. Villalpando-Prieto (1994) encontró 160 especies incluidas en 63 géneros de pastos. Posteriormente, Contreras-Rodríguez *et al.* (2011) publicaron una guía del mismo grupo en la cual reportaron 125 especies y 56 géneros. Por su parte, Figueroa-Murguía (1996) comunicó la existencia de 112 especies y 39 géneros de leguminosas. Las orquídeas también poseen un

par de trabajos. Soltero-Quintana (1991) localizó 20 géneros y 46 especies mientras que Reyna-Bustos *et al.* (2006) publicaron la existencia de 47 especies y 20 géneros. Por último, los helechos están representados por 14 familias, 30 géneros y 61 especies (Colin-Nolasco 2014).



Fig. 9. El Volcán del Colli Foto de Pablo Montiel.

Para el Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima (PNVNC) existen dos inventarios florísticos. González-Villarreal & Pérez de la Rosa (1987) encontraron 328 especies, 213 géneros y 71 familias de espermatofitas. Ruíz-Montes (1994) encontró 18 especies y 5 géneros de muérdagos silvestres. La SEMARNAT (2006) reportó 138 especies, 104 géneros y 46 familias de plantas vasculares.

Botánicamente, el Volcán de Tequila (VT) también ha sido explorado. Rodríguez-Contreras & Cházaro-Basáñez (1987) localizaron 239 especies, 54 géneros y 46 familias de espermatofitas y Reynoso-Dueñas (2010) encontró 233 especies, 151 géneros y 46 familias del mismo grupo. Fierros-López (1996) realizó un inventario de abejas silvestres y plantas asociadas. Encontró 74 especies, 70 géneros y 31 familias de angiospermas. Patiño-Ramírez (1994) estudió los muérdagos silvestres y encontró nueve especies y tres géneros.

En el Cerro Viejo (CV), Machuca (1989) registró 919 especies, 515 géneros y 145 familias de plantas vasculares. Con base en (Machuca 1989), Cházaro *et al.* (1991) reconocieron, 137 familias, 472 géneros y 889 especies de espermatofitas. Por último, Cházaro-Basáñez *et al.* (1991a) encontraron 101 especies, 51 géneros y 27 familias de plantas suculentas.

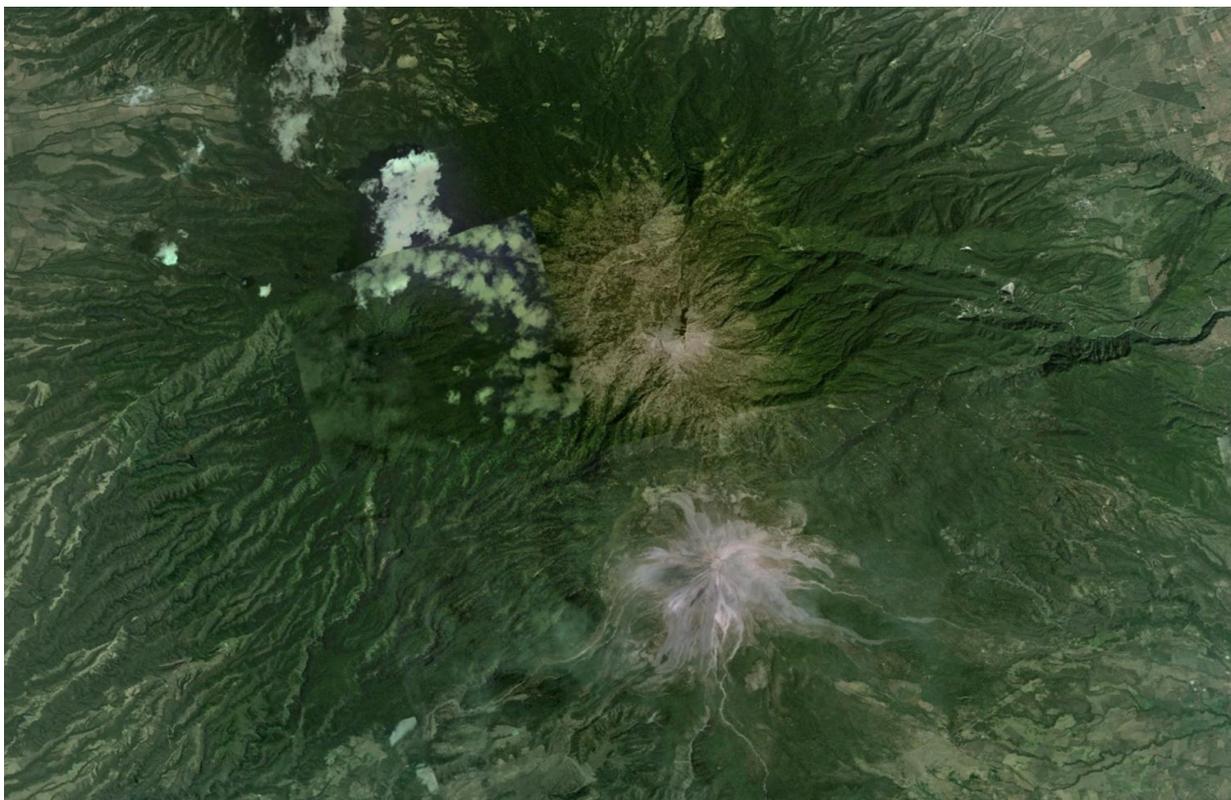


Fig. 10. El Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima (PNVNC), imagen tomada de Google Earth

En el Volcán El Ceboruco (VEC), Cedano-Maldonado & Harker (2001) publicaron el único inventario florístico de la zona y registraron la presencia de 71 familias, 207 géneros y 369 taxones de plantas vasculares. Anteriormente, Cházaro-Basáñez *et al.* (1997) dieron a conocerla existencia de 48 especies, 30 géneros y 15 familias de suculentas.

La Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM) fue creada después del descubrimiento de *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & R. Guzmán (Iltis & Cochrane 1995). Por este motivo, la zona fue sujeta a una intensa exploración botánica. Vázquez-García *et al.* (1995) reportaron 2,560 especies,

945 géneros y 181 familias de plantas vasculares. La SEMARNAT (2000a) publicó el programa de manejo para la reserva y registró 202 especies, 59 géneros y 67 familias de plantas vasculares con alguna categoría de riesgo. Cuevas-Guzmán *et al.* (2004) encontraron 848 especies, 433 géneros y 129 familias de plantas vasculares en la estación científica Las Joyas. En la misma zona, Santana-Michel *et al.* (2010) reportaron 306 especies, 215 géneros y 85 familias de espermatofitas.

#### -Antecedentes biogeográficos

México representa un área excelente para ejecutar análisis biogeográficos. Durante el siglo XIX se efectuaron contribuciones importantes. Sin embargo, es en el siglo XX cuando se publicaron trabajos descriptivos y análisis con enfoques dispersalistas, fenéticos, panbiogeográficos y cladísticos (Morrone 2005). Rzedowski (1978) elaboró una reseña histórica de la fitogeografía en México. El mismo autor propuso 17 provincias florísticas con base en afinidades geográficas de la flora, coeficientes de similitud y endemismos. El Eje Volcánico Transmexicano (EVT, Morrone 2001) y la Sierra Madre del Sur (SMS, Morrone 2001) formaron la provincia florística de las Serranías Meridionales (Rzedowski 1978). Morrone (2001) propuso una regionalización biogeográfica de América Latina y el Caribe. El autor reconoció 70 provincias biogeográficas. En México distinguió a 14 incluidas la SMS y el EVT.

En plantas, el Análisis de Parsimonia de Endemismos ha sido utilizado para determinar relaciones entre áreas de diversa naturaleza, origen y escala. Contreras-Medina *et al.* (2007a) analizaron las gimnospermas mexicanas y encontraron concordancia entre los patrones de distribución mostrados por estas plantas y las provincias biogeográficas. Utilizando especies arbóreas, Cué-Bär *et al.* (2006) identificaron áreas prioritarias de conservación para el bosque tropical caducifolio en México. Espinosa *et al.* (2006) identificaron los patrones biogeográficos históricos de las especies de *Bursera*. Con base en helechos y licopodios, Ramírez-Barahona *et al.* (2009) y Sanginés-Franco *et al.* (2011) evaluaron las relaciones históricas en la península de Yucatán y la Sierra Madre Oriental, respectivamente.

También el EVT ha sido objeto de análisis biogeográficos utilizando PAE. Corona *et al.* (2007a) efectuaron un análisis de los patrones de distribución de Buprestidae y Cerambycidae (Coleoptera). Después, al analizar la distribución de los taxones de Buprestidae, Cerambycidae, Dryophthoridae, Melolonthidae, Passalidae y Staphylinidae (Coleoptera) concluyeron que el EVT no representa una unidad biogeográfica natural (Corona *et al.* 2007b). Sus afinidades con otras provincias biogeográficas sugieren que el EVT representa a una zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical.

El antecedente más importante para este estudio lo encontramos en Luna-Vega *et al.* (1999). Los autores analizaron las relaciones históricas entre diferentes localidades mexicanas con bosque mesófilo de montaña. En México, la distribución geográfica de esta vegetación asemeja a un archipiélago. Esta condición permite su análisis utilizando el PAE. Concluyeron que para el bosque mesófilo de montaña las provincias de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur y Serranías Meridionales, no representan unidades naturales.

Por otro lado, el CADE ha sido utilizado relativamente poco. Luna-Vega *et al.* (2001) analizaron las afinidades biogeográficas del bosque mesófilo de montaña neotropical en diferentes sitios. Concluyeron que los bosques mesoamericanos están relacionados cercanamente con los caribeños. Esto se explicaría debido a la compleja historia geológica del área. Morrone & Márquez (2001) examinaron la zona de transición mexicana de Halffter con trazos generalizados y homologías biogeográficas en coleóptera. Sus resultados mostraron un patrón muy similar al propuesto originalmente por Halffter.

En el EVT, el PAE ha sido utilizado en otros organismos. Escalante *et al.* (2007) analizaron los mamíferos terrestres y concluyeron que el EVT es un nodo biogeográfico enorme, compuesto por nodos locales menores. Navarro-Sigüenza *et al.* (2007) examinaron la avifauna, encontrando que las zonas más ricas se encuentran en los extremos este y oeste del EVT. Martínez-Aquino *et al.* (2007) realizaron un análisis de trazos basado en la distribución de peces, helmintos parásitos y plantas acuáticas. Concluyeron que para los cuerpos de agua dulce, la zona central parece ser la de mayor riqueza biológica y con mayor importancia para su conservación. Se han publicado además diversos

análisis de la flora en esta provincia, pero se trata de análisis estadísticos o comparativos de algunos grupos por ejemplo, Gimnospermas para las cuales Contreras-Medina *et al.* (2007b), concluyen que se distribuyen principalmente en la zona central y este, además de representar un centro importante de biodiversidad del género *Pinus*. Para los encinos (*Quercus spp.*) Valencia-Ávalos (2007) sugiere que el EVT ha servido como corredor para la convergencia de diferentes linajes del género provenientes del este como del oeste. Asteraceae es analizada por Villaseñor & Ortiz (2007), quienes concluyen que el EVT representa un centro de diversidad y endemismo para la familia.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Formular una hipótesis sobre las relaciones históricas de cinco áreas de la porción occidental Eje Volcánico Transmexicano y una localidad externa (RBSM).

### Objetivos particulares

1. Obtener un listado florístico actualizado, con sustento bibliográfico, para cada área.
2. Realizar ocho análisis de parsimonia de endemismos con géneros, especies y familias. Combinando las jerarquías de los taxones y las áreas.
3. Contribuir al conocimiento de la flora del EVT.
4. Proveer una fuente fiable de información para la porción occidental del EVT.
5. Contribuir al conocimiento biogeográfico del EVT.

## **JUSTIFICACIÓN**

Se desconoce la relación florística entre el APFFLP, el PNVNC, el CV, el VT, el VEC y la RBSM. No existe análisis de parsimonia de endemismos para esta porción del EVT con taxones vegetales.

Debido a la antigüedad de muchos de los listados florísticos existentes para las localidades, se encuentran desactualizados. Mucha de la información se encuentra dispersa, por lo que se construyeron bases de datos con sustento bibliográfico y taxonómico actualizado para posteriores estudios, análisis, consulta o referencia. Debido a la alta biodiversidad del área (EVT y SMS), es de vital importancia conocer su biodiversidad y relación histórica, para poder entender de la mejor manera posible la compleja ecología vegetal existente, si se quieren plantear estrategias y/o proponer áreas de conservación.

## **HIPÓTESIS**

El Eje Volcánico Transmexicano no es una unidad biogeográfica natural. Tiene una historia geológica y biológica muy compleja y forma parte de la Zona de Transición Mexicana. Se relaciona con la Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental. El EVT tiene edades y orígenes distintos. En consecuencia, la distancia, el origen y la edad entre formaciones son factores importantes para explicar su relación histórica.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Sitios de estudio**

Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP)

Geografía: El APFFLP está localizada entre los paralelos 20° 44' y 20° 28' de latitud norte, y los meridianos 103° 27' y 103° 50' de longitud oeste (Fig. 7). Se encuentra al poniente de Guadalajara dentro del territorio de cuatro municipios: Zapopan, Arenal, Tala y Tlajomulco de Zúñiga. Cubre una superficie de 36, 229 hectáreas en un intervalo altitudinal de 1,400 a 2,225m. (Reyna-Bustos 2004).

Geología: El origen de esta sierra es muy reciente. Su formación inició hace 140,000 años con una serie de erupciones volcánicas acompañadas de flujos piroclásticos que culminaron con la formación del Volcán El Colli mismo que se formó hace unos 27,000 años (Dye 2012, Fig. 9). Como remanente de esta actividad volcánica ha quedado una actividad hidrotermal que se manifiesta como fumarolas, manantiales de agua caliente, solfataras y suelos calientes (SEMARNAT 2000b).

Florística: Los tipos de vegetación presentes en el APFFLP en orden de predominancia son bosque de encino-pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, pastizal inducido, vegetación riparia, vegetación secundaria y bosque tropical caducifolio (Contreras-Rodríguez *et al.* 2011, Fig. 8).

#### Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima (PNVNC)



Fig. 11. El Volcán de Fuego en el PNVNC, imagen tomada de Google Earth

Geografía: El PNVNC se encuentra en la parte occidental de México. Sus coordenadas son 19° 33' 45" de latitud norte y los meridianos 103°

36' 30" y 103° 37' 30" de longitud oeste, con una altura de 4,400m para el Nevado y 3,960m para el Volcán de Fuego (Fig. 10). Pertenecen a los municipios de Zapotlán el Grande, Zapotiltic, San Gabriel, Zapotitlán, Tuxpan y Tonila del estado de Jalisco, Cuauhtémoc y Comala en el estado de Colima (González-Villarreal & Pérez de la Rosa 1987).

Geología: La formación del Nevado de Colima ocurrió a principios del Pleistoceno y está constituido por andesitas de hornablenda e hiperstena (Fig. 12). El Volcán de Fuego se originó en el Plioceno, y continúa activo, formado por basalto y pórfido traquítico (Fig. 11). Actualmente el Nevado está desgastado por la erosión, por lo que termina en forma abrupta en un pico accidentado agudo (González-Villarreal & Pérez de la Rosa 1987).

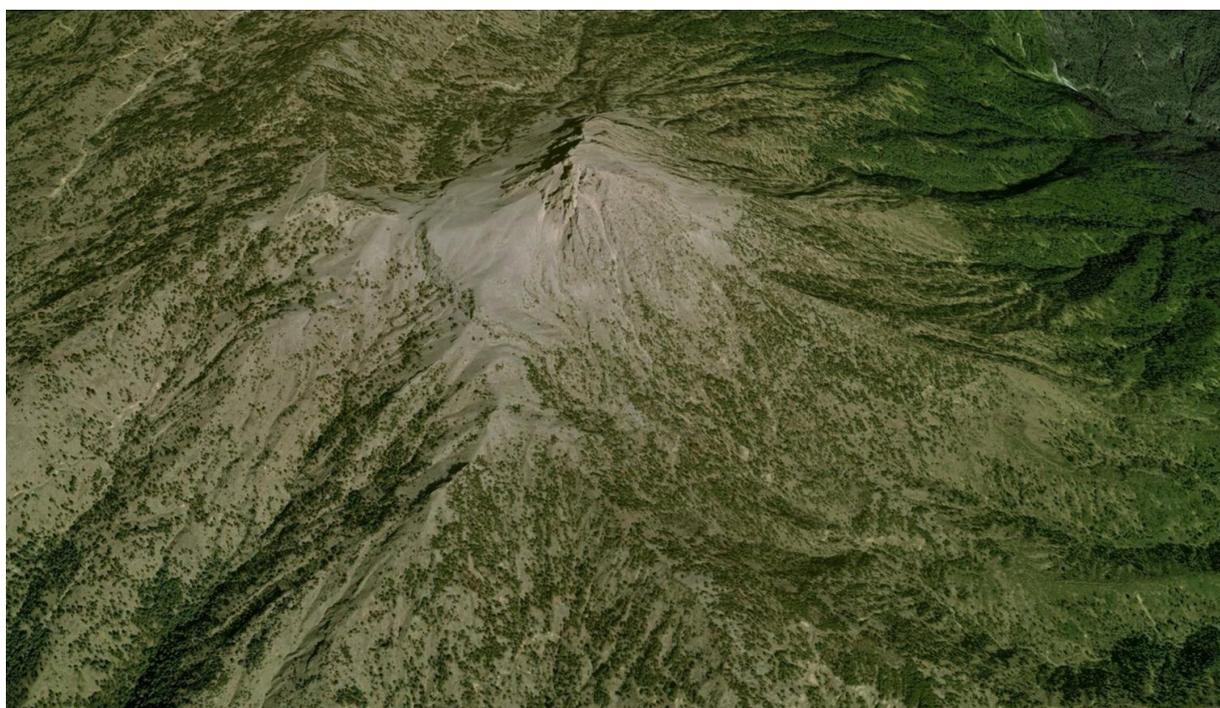


Fig. 12. El Nevado en el PNVNC, imagen tomada de Google Earth

Florística: Los tipos de vegetación presentes de menor a mayor altitud son: Bosque Mixto de Pino y Encino, Bosque de Oyamel, Bosque de Pino y sobre el límite de la vegetación arbórea, el Zacatal o Páramo (González-Villareal & Pérez de la Rosa 1987). El parque contiene una amplia extensión de paisaje alpino donde se encuentra el zacatonal amacollado en combinación con el bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. (SEMARNAT

2006). Cerca de la cumbre del Nevado el pinar soporta un clima en el cual se presentan heladas todo el año y suele nevar. En esta zona a 3,900 m de altitud, se alcanza el límite de la vegetación arbórea (Rzedowski & McVaugh 1966).

#### Volcán de Tequila (VT)

Geografía: El VT se encuentra en la porción centro occidente del estado de Jalisco, en el municipio de Tequila (Fig. 13). Posee una extensión territorial de 1,364 km<sup>2</sup>, localizado entre las coordenadas 20° 25' a 21° 12' N y 102° 36' a 104° 03' O. Su elevación va de 1,140m en su parte más baja hasta los 2,920 m en la más alta (Reynoso-Dueñas 2010).

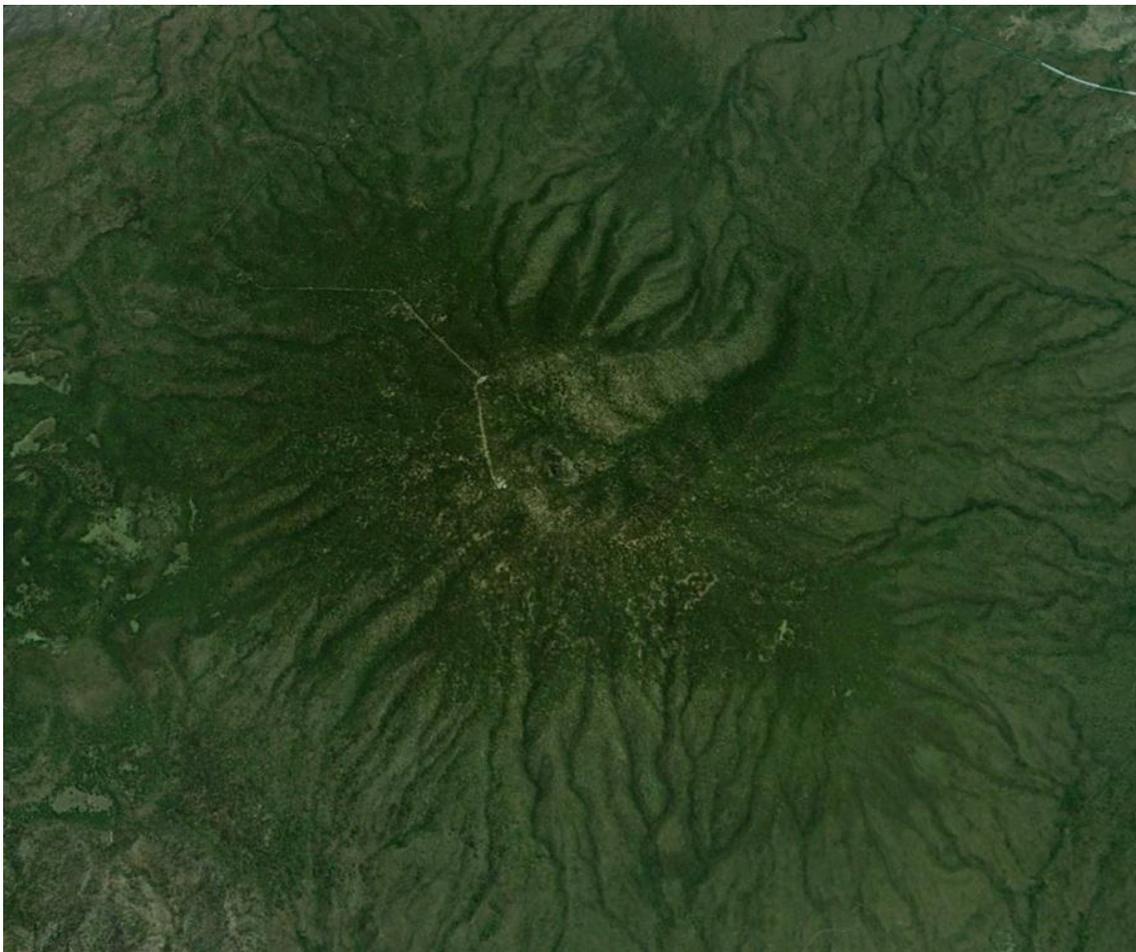


Fig. 13 Volcán de Tequila (VT), imagen tomada de Google Earth.

Geología: El VT es un estrato volcán inactivo (Reynoso-Dueñas 2010). Presenta valles y planicies volcánicas de topografía irregular en la que existe una abundante red de arroyos intermitentes, que fluyen a la corriente principal de la región que es el río Grande Santiago (Fierros-López 1996).

Florística: Se encuentran presentes los siguientes tipos de vegetación: Bosque de Pino-Encino, Bosque Tropical Caducifolio, Encinar, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de *Juniperus* y Bosque de *Cupressus* (Rodríguez-Contreras & Cházaro-Basáñez 1987) (Fig. 14). El bosque de *Cupressus* se encuentra exclusivamente sobre el macizo rocoso conocido como La Tetilla, en la parte más alta del volcán, sobre este hábitat rocoso, crecen muchas plantas que no se encuentran en otro lugar (Cházaro-Basáñez 1991) (Fig. 16).



Fig. 14 Encinar en el Volcán de Tequila (VT). Foto de Aarón Rodríguez.

## Cerro Viejo (CV)

Geografía: Se localiza aproximadamente 35 km. al Sur de Guadalajara, cubre una superficie de 1,000 km<sup>2</sup>, los paralelos limítrofes son 20° 15' y 20° 30' de latitud Norte; los meridianos 103° 20' y 103° 30' de longitud Oeste (Fig. 16). Pertenece a los municipios de Jocotepec, Tlajomulco de Zúñiga, Zacoalco de Torres, Acatlán de Juárez y Villa Corona (Cházaro-Basáñez *et al.* 1992).

Geología: A nivel local se pueden distinguir dos unidades geomorfológicas. La Sierra de las Vigas o El Tecuán a 2,400 msnm y La Sierra del Madroño, donde el Cerro Viejo es la mayor altura a 2,960 msnm. (Chazáro-Basáñez *et al.* 1991).



Fig. 15 La Tetilla del Volcán de Tequila (VT), Foto de Aarón Rodríguez.

Florística: Están presentes siete tipos de vegetación. Bosque Tropical Caducifolio, Bosque de Encino, Vegetación Acuática, Bosque Espinoso, Vegetación Halófito y Bosque Mesófilo de Montaña, al cual solo se le encuentra en las barrancas húmedas de la cara norte del Cerro Viejo entre los 1,800 y 2,500 msnm. (Machuca-Núñez 1989) (Fig. 17).

#### -Volcán El Ceboruco (VEC)

Geografía: Está situado en el inicio del extremo norteño del Eje Volcánico Transmexicano, en el municipio de Ahuacatlán, al sur del estado de Nayarit. Entre las coordenadas 104° 30' O y 21° 03' N, cerca del límite con el estado de Jalisco (Cedano-Maldonado & Harker 2001).

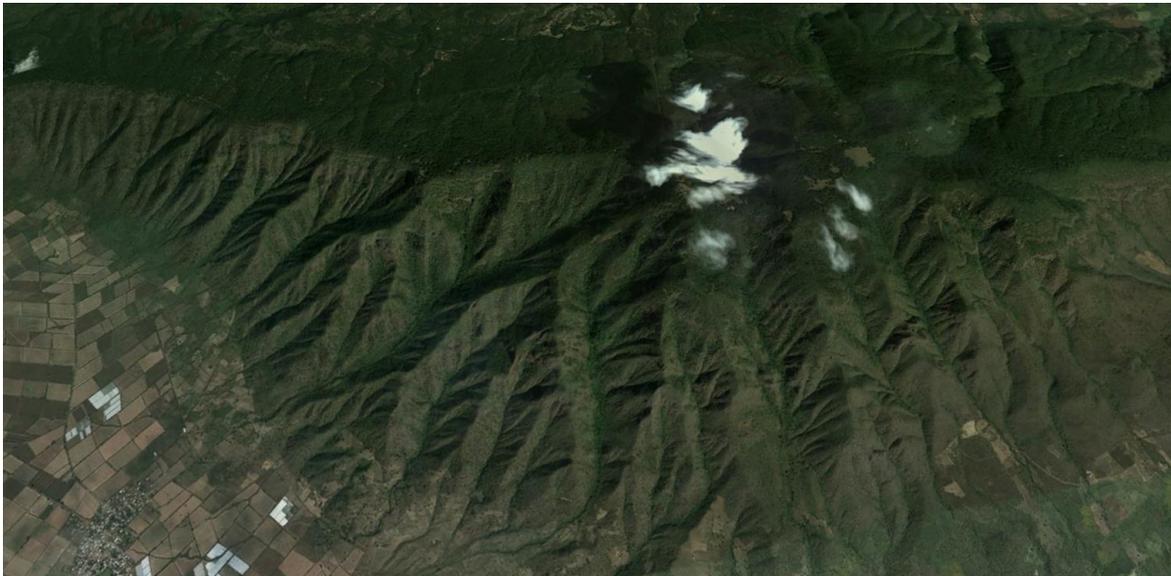


Fig. 16 El Cerro Viejo (CV), imagen tomada de Google Earth.

Geología: Se extiende sobre un área de aproximadamente 400 hectáreas, con una altitud entre los 1,000 y 2,200 m a 75 km del mar. Se clasifica como activo y latente, con una altura y extensión que incluyen varias erupciones (Fig. 18). Se considera uno de los volcanes activos en el país, perteneciente al tipo de volcanes de subducción (Cedano-Maldonado & Harker 2001).

Florística: Se presentan 3 tipos de vegetación desde los valles circundantes a los 1000 msnm, hasta la cima del volcán a 2280 msnm

(Fig. 19). El bosque tropical caducifolio, el bosque de encino y el bosque mixto de pino-encino (Cházaro-Basáñez *et al.* 1997).



Fig. 17 Laderas del Cerro Viejo y cumbre (CV), Foto de Pablo Montiel.



Fig. 18 Volcán El Ceboruco (VEC), imagen tomada de Google Earth.



Fig. 19 Bosque de Pino en el Volcán El Ceboruco (VEC), Foto de Pablo Montiel.

#### Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM)

Geografía: Se encuentra al suroeste de México, en la porción más norteña de la Sierra Madre del Sur (Fig. 20). La RBSM se extiende a lo largo de 80 km con dirección noroeste-sureste y varía en ancho de 10-24 km, y posee una superficie de 1400 km<sup>2</sup> (Vázquez-García *et al.* 1995). La RBSM pertenece a seis municipios del estado de Jalisco; Cuautitlán de García Barragán, Casimiro Castillo, Autlán de Navarro, Tuxcacuesco, Tolimán y Zapotitlán de Vadillo y a dos del estado de Colima: Minatitlán y Comala.



Fig. 20 La Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), imagen tomada de Google Earth.

Geología: La Sierra de Manantlán en su porción occidental y central es de origen volcánico, formada durante los períodos Terciario y Cuaternario. Mientras la porción oriental es de origen calcáreo, del Cretácico superior, los subsecuentes movimientos tectónicos formaron un domo calcáreo kárstico (Vázquez-García *et al.* 1995).

Florística: Se han reportado más de 3,000 especies de plantas vasculares en un mosaico muy variado de distintos tipos de vegetación. Los tipos de vegetación presentes son bosque de pino-encino, bosque de encino, bosque de oyamel, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio y pastizal (Vázquez-García *et al.* 1995) (Fig. 21).



Fig. 21 Bosque Mesófilo de Montaña en la Sierra de Manantlán (RBSM), Foto de Aarón Rodríguez.

## **Materiales**

Los inventarios florísticos y las guías de excursiones botánicas más utilizadas fueron: (Cedano-Maldonado & Harker (2001); Cuevas-Guzmán (2004); González-Villareal & Pérez de la Rosa (1987); Machuca-Núñez (1989); Macías-Rodríguez & Ramírez-Delgadillo (2001); Reyna-Bustos (1988); Rodríguez-Contreras & Cházaro-Basáñez (1987); Rodríguez-Contreras & Reynoso-Dueñas (1992); Reynoso-Dueñas (2010); Santana-Michel *et al.* (2010); y Vázquez-García *et al.* (1995). Las floras Novo Galiciana y de Jalisco también fueron importantes (McVaugh 1983, 1984, 1985, 1987, 1989, 1992, 1993, 2001; González-Villareal 1986, 1990, 1996a, b, 2000a, b, c, d, 2001, 2002, 2004; Cervantes-Aceves 1992; Carranza-González 2008; Shalisko *et al.* 2007; Vargas-Ponce *et al.* 2003)

Las tesis y guías ilustradas fueron otra fuente de información importante entre ellas se consultaron las de: (Colin-Nolasco (2014); Contreras-Rodríguez *et al.* (2011); Fierros-López (1996); Figueroa-Murguía (1996); González-Maldonado (1993); Patiño-Ramírez (1994); Reyna-Bustos (2004); Reyna-Bustos *et al.*, (2006); Ramírez-Delgadillo (1991); Rodríguez-Contreras (1991); Villalpando-Prieto (1994); Ruíz-Montes (1994); Soltero-Quintana (1991). Las monografías, artículos y libros ayudaron: (Carvajal *et al.*, (2000); Carvajal (2012); Cházaro-Basáñez (1991); Cházaro-Basáñez & Lomelí-Mijes (1991, 2001); Cházaro-Basáñez *et al.* (1991a, b, 1992, 1997); Clausen (1959); González-Tamayo & Hernández-Hernández (2010); Meyrán-García & López-Chávez (2003); Quintana-Cardoza & Carvajal (2001); Reyna-Bustos (2002); Reyes-Santiago *et al.*, (2011); Vargas-Ponce & Rodríguez-Contreras (1993); Vázquez-García *et al.* (2007). Por último se revisaron, los programas de manejo de la primavera (APFFLP) y el Nevado (PNVNC): (Curiel 1998; SEMARNAT 2000a, b, 2006) Igualmente se consultó la base de datos general del IBUG.

## **Métodos**

Se construyeron seis bases de datos, una para cada área. Se formaron basándose en la consulta y revisión de diversas fuentes bibliográficas.

Las bases de datos fueron depuradas y corregidas utilizando la base de datos digital del Missouri Botanical Garden (<http://tropicos.org>) y el Taxonomic Plant Resolution Service v3.2 (<http://tnrs.iplantcollaborative.org>). La estandarización de los autores taxonómicos se conformó de acuerdo a Villaseñor *et al.* (2008).

Se incluyeron Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas, sin dejar fuera a ningún grupo taxonómico en particular. Las categorías sub específicas (subespecie/ variedad/ forma) no se incluyeron en el análisis.

Con el objetivo de obtener la mejor nomenclatura posible se consultó con especialistas las siguientes familias: Amaryllidaceae, Asteraceae, Cactaceae, Clethraceae, Crassulaceae, Cupressaceae, Ericaceae, Fabaceae,

Fagaceae, Iridaceae, Lamiaceae, Moraceae, Pinaceae y Solanaceae. Para otros grupos se consulta bibliografía especializada. Pteridofitas (Mikel & Smith 2004), Fabaceae (McVaugh 1987), Poaceae (McVaugh 1983), Orchidaceae (McVaugh 1985, González-Tamayo & Hernández-Hernández 2010), Monocotiledóneas (McVaugh 1989, 1993) y Dicotiledóneas (McVaugh 2001).

Algunas especies que no se encuentran en referencia publicada, pero se confirmaron para las áreas por especialistas y mediante ejemplares depositados en el Herbario IBUG se citan como consulta (*com. pers.*). Las especies que son corregidas o modificadas de nombre por razones de nomenclatura se marcaron con un (\*) al final de la cita de la cual se obtuvieron, indicando así que se encuentran en la referencia, pero con un nombre diferente.

Con respecto a la RBSM se utilizaron solamente las especies y los géneros compartidos con las demás áreas. Esto debido a que los taxones en la localidad exceden los 2,000 y muchos de ellos no son útiles para la comparación de las áreas que se encuentran en la porción occidental del EVT.

Se conformaron tres matrices generales de datos. La primera incluye a todas las familias presentes en el estudio (MG 1: 163 familias con 652 registros), la segunda a todos los géneros (MG 2: 753 géneros con 2313 registros) y la tercera a todas las especies (MG 3: 2108 especies con 4580 registros) esto con la finalidad de conocer exactamente el número y nombre de todos los taxones de cada categoría. Basándose en estas tres matrices se depuraron y construyeron todas las matrices individuales a analizar. En todas las matrices se codifican las ausencias con "0" y las presencias con "1".

Para el PAE se construyeron seis matrices de datos. 1) Áreas x especies (M1: seis áreas x 1352 spp con 3689 registros) 2) áreas x especies (M2: cinco áreas x 827 spp con 2052 registros), 3) áreas x géneros (M3: seis áreas x 523 géneros con 1680 registros), 4) Áreas x géneros (M4: cinco áreas x 40 géneros con 1118 registros) 5) áreas x familias (M5: seis áreas x 97 familias con 347 registros) 6) áreas x familias (M6: cinco áreas x 84 familias con 245 registros). En cada matriz se añadió una localidad hipotética codificada toda en ceros para enraizar los cladogramas.

Tres matrices (M1, M3 y M5) incluyen a las familias, géneros y especies, respectivamente con las seis áreas del estudio: APFFLP, PNVNC, VT, CV, VEC y RBSM. Tres matrices (M2, M4 y M6) incluyen a las familias, géneros y especies respectivamente, con cinco áreas. Solo las que se encuentran en el EVT; APFFLP, PNVNC, VT, CV y VEC. Excluyendo a la RBSM que representa el grupo externo.

Para el CADE se formaron dos matrices de datos. 1) Áreas x especies y géneros (M7: seis áreas x 1876 taxa con 5369 registros) 2) Áreas x especies y géneros (M8: cinco áreas x 1235 taxa con 3170 registros. Cada una con una localidad extra (raíz) codificada toda en ceros para enraizar los cladogramas.

Para las familias; Asteraceae (M9: 211 spp), Fabaceae (M10: 145 spp), Fagaceae (M11: 11 spp), Orchidaceae (M12: 72 spp), Poaceae (M14: 171 spp) y Solanaceae (M16: 44 spp), el orden; Pinales (M13: 10 spp) y el clado Pteridophyta (M15: 93 spp), se construyó una matriz de datos particular para cada grupo taxonómico, incluyendo las seis áreas, siendo lo más representativo de la flora. Esto, con la finalidad de obtener más patrones con que comparar los resultados.

En todas las matrices se eliminaron las familias, especies o géneros presentes en una sola localidad o en todas ellas. Esto se considera no informativo y entorpecen la resolución del cladograma. Las matrices se analizaron con NONA versión 2.0 (Goloboff 1993) utilizando el programa WINCLADA 1.00.08 (Nixon 2002). Los parámetros del análisis fueron el algoritmo heurístico (bisección y reconexión de árboles, con 100 replicaciones). Cuando las matrices generaron más de un cladograma, se generó un cladograma de consenso estricto.

**Cuadro 4. Número de taxones documentados en las diferentes áreas del estudio. APFFLP: Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, PNVNC; Parque Nacional Volcán y Nevado de Colima, VT: Volcán de Tequila, CV: Cerro Viejo, VEC: Volcán El Ceboruco, RBSM: Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán.**

<b>Formación</b>	<b>Familias</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>	<b>Registros</b>
<b>APFFLP</b>	<b>113</b>	<b>453</b>	<b>1,003</b>	<b>1,015</b>
<b>PNVNC</b>	<b>103</b>	<b>348</b>	<b>634</b>	<b>640</b>
<b>VT</b>	<b>77</b>	<b>259</b>	<b>512</b>	<b>513</b>
<b>CV</b>	<b>145</b>	<b>515</b>	<b>1,001</b>	<b>1,008</b>
<b>VEC</b>	<b>77</b>	<b>211</b>	<b>299</b>	<b>320</b>
<b>RBSM</b>	<b>137</b>	<b>527</b>	<b>1,131</b>	<b>1,135</b>
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>753</b>	<b>2,108</b>	<b>4631</b>

## **RESULTADOS**

Se obtuvieron seis bases de datos, una por cada área. El cuadro 4 describe el número de taxa y registros obtenidos. Las seis bases sumaron 4,580 registros, 2,108 especies, 753 géneros y 163 familias de plantas vasculares. Por separado, 26 especies se encontraron en todas las localidades (Cuadro 5).

En todos los análisis se obtuvo una relación entre las localidades congruente. Las especies, géneros, géneros y especies y familias mantienen de manera casi idéntica la relación entre las áreas estudiadas con y sin la RBSM, localidad dentro de la SMS.

El resultado del PAE con base en las especies se muestra en la figura 22 En total se analizaron 2,108 especies de plantas vasculares (MG1) y 4,580

registros. De la matriz MG1 se eliminaron 756 especies no informativas. El análisis se ejecutó con 1,352 especies y 3,689 registros (M1). La relación biológica más cercana se observó entre el CV y la RBSM.

**Cuadro 5. Especies registradas en todas las áreas (no útiles para el análisis).**

<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>
<b>Asteraceae</b>	<b><i>Ageratum</i></b>	<b><i>corymbosum</i></b>
<b>Asteraceae</b>	<b><i>Dahlia</i></b>	<b><i>coccinea</i></b>
<b>Asteraceae</b>	<b><i>Galeana</i></b>	<b><i>pratensis</i></b>
<b>Bignoniaceae</b>	<b><i>Tecoma</i></b>	<b><i>stans</i></b>
<b>Burseraceae</b>	<b><i>Bursera</i></b>	<b><i>bipinnata</i></b>
<b>Campanulaceae</b>	<b><i>Lobelia</i></b>	<b><i>laxiflora</i></b>
<b>Ericaceae</b>	<b><i>Arbutus</i></b>	<b><i>xalapensis</i></b>
<b>Fabaceae</b>	<b><i>Acacia</i></b>	<b><i>angustissima</i></b>
<b>Fabaceae</b>	<b><i>Acacia</i></b>	<b><i>farnesiana</i></b>
<b>Fabaceae</b>	<b><i>Chamaecrista</i></b>	<b><i>rotundifolia</i></b>
<b>Fagaceae</b>	<b><i>Quercus</i></b>	<b><i>candicans</i></b>
<b>Fagaceae</b>	<b><i>Quercus</i></b>	<b><i>castanea</i></b>
<b>Lamiaceae</b>	<b><i>Hyptis</i></b>	<b><i>albida</i></b>
<b>Loranthaceae</b>	<b><i>Psittacanthus</i></b>	<b><i>calyculatus</i></b>
<b>Malvaceae</b>	<b><i>Heliocarpus</i></b>	<b><i>terebinthinaceus</i></b>
<b>Orchidaceae</b>	<b><i>Habenaria</i></b>	<b><i>novemfida</i></b>
<b>Orchidaceae</b>	<b><i>Stenorrhynchos</i></b>	<b><i>aurantiacum</i></b>
<b>Pinaceae</b>	<b><i>Pinus</i></b>	<b><i>devoniana</i></b>
<b>Poaceae</b>	<b><i>Muhlenbergia</i></b>	<b><i>macrotis</i></b>
<b>Pteridaceae</b>	<b><i>Adiantum</i></b>	<b><i>patens</i></b>
<b>Pteridaceae</b>	<b><i>Cheilanthes</i></b>	<b><i>farinosa</i></b>
<b>Rosaceae</b>	<b><i>Prunus</i></b>	<b><i>serotina</i></b>
<b>Santalaceae</b>	<b><i>Phoradendron</i></b>	<b><i>brachystachyum</i></b>
<b>Scrophulariaceae</b>	<b><i>Buddleja</i></b>	<b><i>parviflora</i></b>
<b>Solanaceae</b>	<b><i>Solanum</i></b>	<b><i>nigrescens</i></b>
<b>Verbenaceae</b>	<b><i>Lippia</i></b>	<b><i>umbellata</i></b>

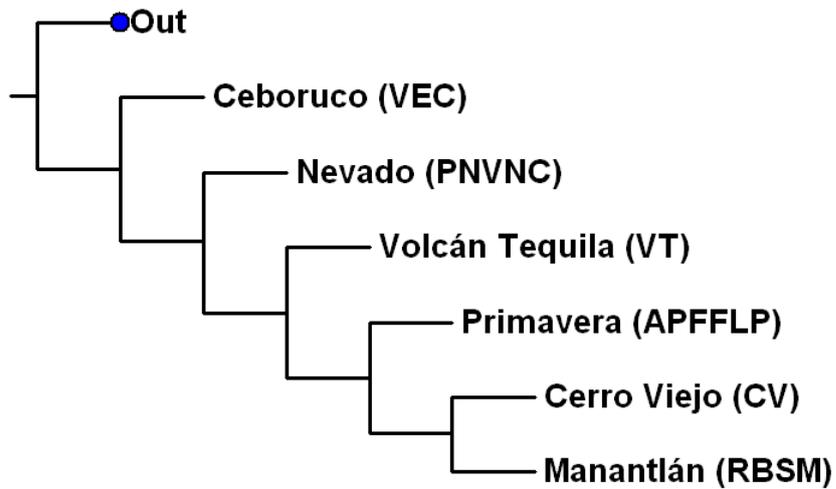


Fig. 22. Cladograma obtenido de la matriz M1: 2,489 pasos, CI = 0.54 y RI= 0.41.

Utilizando la matriz M1, se conformó la matriz M2. 525 especies compartidas entre RBSM y las otras cinco áreas fueron eliminadas. También se eliminó el área RBSM. Al final, el análisis se ejecutó con 827 especies con 2,052 registros. El resultado se muestra en la figura 23.

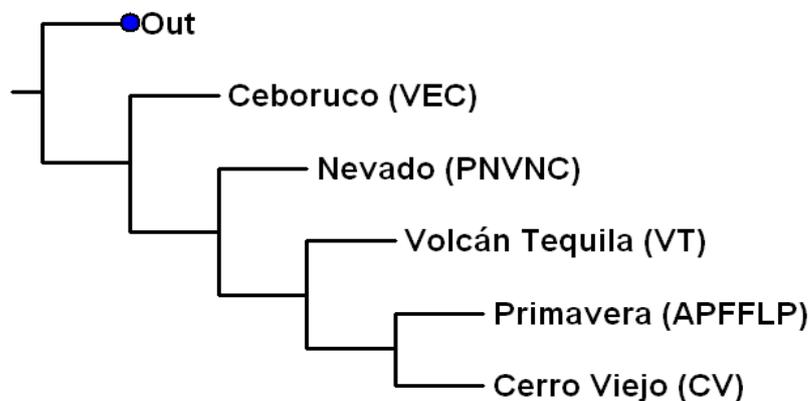


Fig. 23. Cladograma obtenido de la matriz M2: 1,429 pasos, CI = 0.57 y RI = 0.42.

Se analizaron además todos los géneros presentes en las áreas, en total se obtuvieron 753 géneros de plantas vasculares de la matriz general de géneros MG2 con 2,313 registros para todas las áreas. De esta base se formó la matriz M3 con 523 géneros y 1,680 registros, eliminando los géneros no

informativos 230 géneros en total. El resultado se muestra en la figura 24, la relación más estrecha se encontró entre el CV y la RBSM.

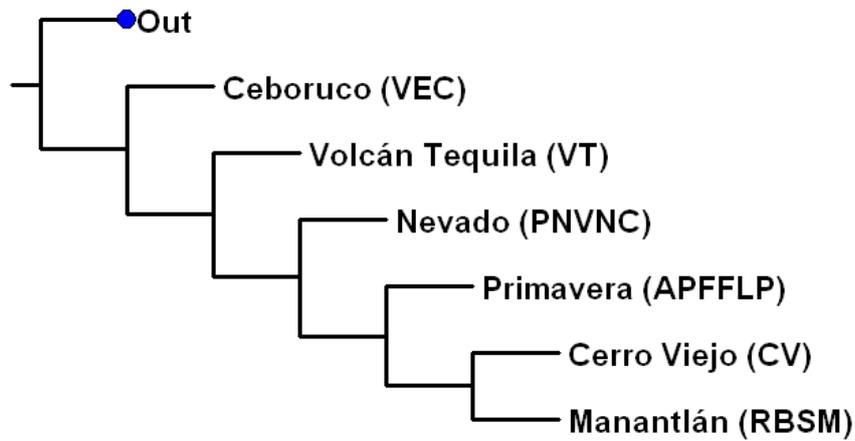


Fig. 24. Cladograma obtenido de la matriz M3 con: 945 pasos,  $CI=0.55$  y  $RI=0.48$ .

Tomando como base la matriz M3, se eliminaron los géneros compartidos con la RBSM y esa área 116 géneros en total. Formando así la matriz M4 con 407 géneros, 1,118 registros y cinco áreas analizadas, la relación más cercana se observó entre el APFFLP y el CV, el cladograma obtenido se muestra en la figura 25.

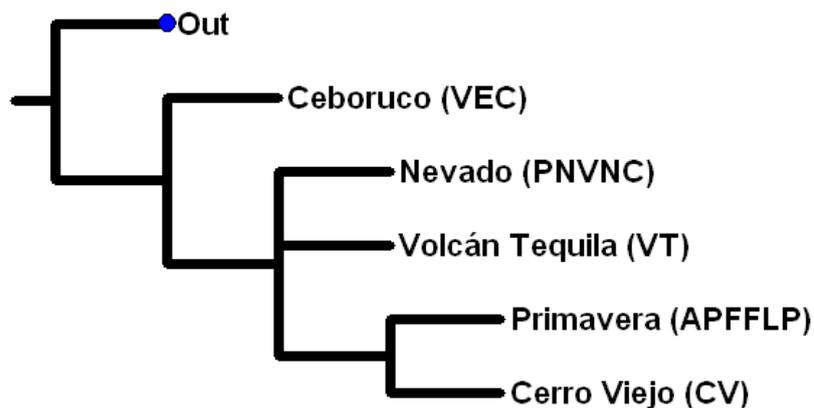


Fig. 25. Cladograma de consenso estricto resultante de dos cladogramas, obtenido de la matriz M4 con: 723 pasos,  $CI=0.56$  y  $RI=0.42$ .

Se analizaron de igual manera todas las familias de plantas vasculares que sumaron 163 familias y 653 registros en la matriz general de familias MG3. Con base en esta se formó la matriz M5 con 97 familias y 347 registros, eliminando 66 familias no informativas. El cladograma obtenido se muestra en la figura 26.

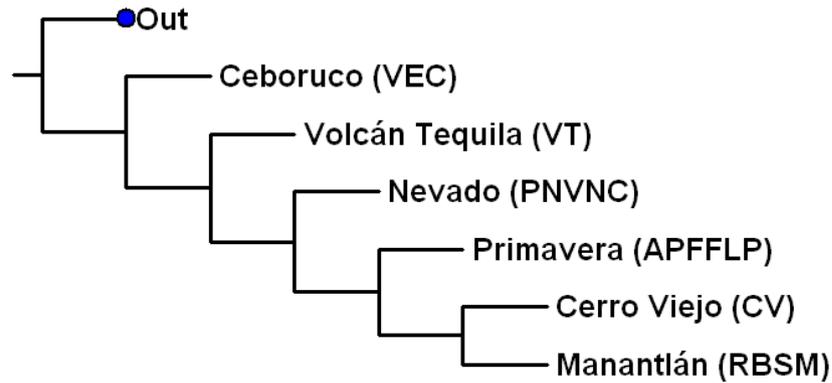


Fig. 26. Cladograma obtenido de la matriz M5 con: 166 pasos,  $CI=0.59$  y  $RI=0.55$ .

Tomando como base la matriz M5 se formó la matriz M6 con 84 familias y 245 registros. Eliminando 13 familias no informativas compartidas con la RBSM además de esa área, cladograma obtenido se muestra en la figura 27.

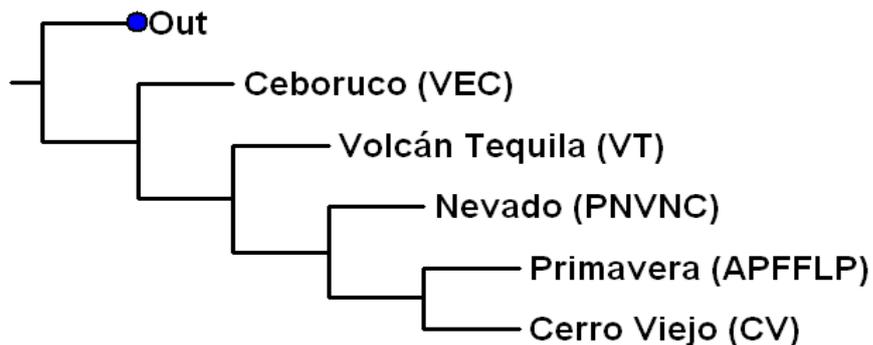


Fig. 27. Cladograma obtenido de la matriz M6 con: 141 pasos,  $CI=0.60$  y  $RI=0.50$ .

Se analizaron en conjunto todos los géneros y especies presentes, realizando así un CADE acoplado la matriz M1 y la matriz M3 se formó la matriz M7 con 1,876 taxones y 5,369 registros, el cladograma se muestra en la figura 28.

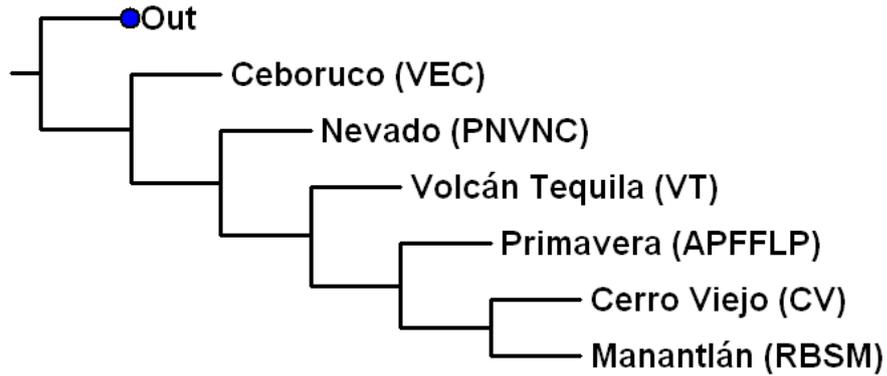


Fig. 28. Cladograma obtenido de la matriz M7 con: 3,434 pasos, CI=0.54 y RI=0.42.

De la misma manera que se analizaron todas las matrices, se decidió analizar los géneros y las especies eliminando la RBSM y sus especies compartidas, acoplando la matriz M2 y la matriz M4 se formó la matriz M8 con 1,235 taxones y 3,170 registros, el cladograma obtenido se muestra en la figura 29.

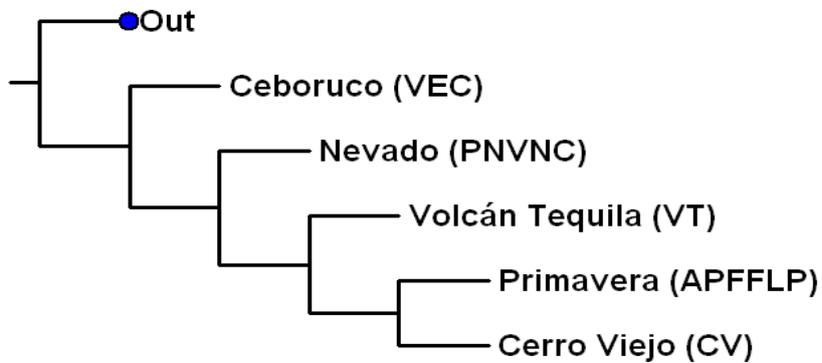


Fig. 29. Cladograma obtenido de la matriz M8 con: 2,120 pasos, CI=0.57 y RI=0.44.

Considerando los grupos taxonómicos más representativos y numerosos del estudio se decidió realizar análisis particulares para cada grupo, todas a partir de la matriz M1, depurando las especies pertenecientes a cada grupo a analizar y realizando todos los análisis con las seis áreas del estudio. Cuadro 6.

**Cuadro 6. Número de géneros y especies de las familias más representativas de la flora en las áreas estudiadas. \*Porcentaje respecto al total de taxones vegetales.**

<b>Familia</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
<b>Asteraceae</b>	<b>106</b>	<b>332 (15.83%)</b>
<b>Fabaceae</b>	<b>55</b>	<b>216 (10.30%)</b>
<b>Orchidaceae</b>	<b>40</b>	<b>126 (6.01%)</b>
<b>Poaceae</b>	<b>75</b>	<b>250 (11.92%)</b>
<b>Solanaceae</b>	<b>10</b>	<b>66 (3.14%)</b>
<b>Total / Suma</b>	<b>751 / 286</b>	<b>2,096 / 990 / 47.23%*</b>

La familia asteraceae es una de las más numerosas y representativas entre la flora, considerando esto se analizó de manera individual conformando la matriz M9 con 212 especies y 594 registros obteniendo tres cladogramas individuales con: 416 pasos, CI=0.50 y RI=0.32, el APFFLP y el CV mostraron la relación más estrecha, el cladograma de consenso estricto se muestra en la figura 30.

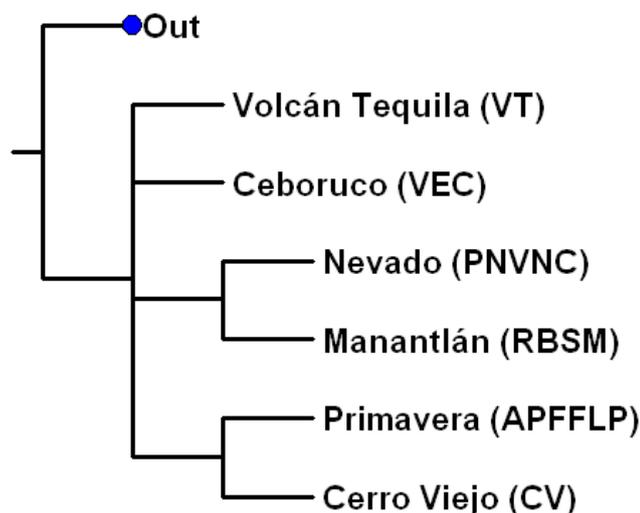


Fig. 30 Cladograma de consenso estricto obtenido de la matriz M9 con: 435 pasos, CI=0.48 y RI=0.25.

Para el análisis de la familia fabaceae se conformó la matriz M10 con: 146 especies y 434 registros, el CV y la RBSM mostraron la relación más estrecha, figura 31.

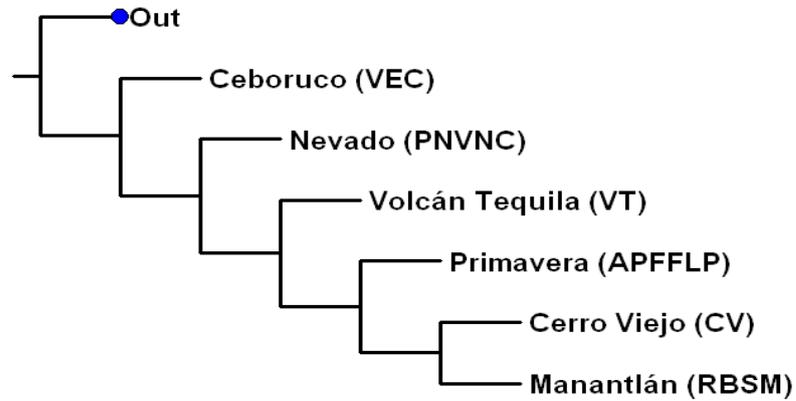


Fig. 31. Cladograma obtenido de la matriz M10 con: 240 pasos, CI=0.60 y RI=0.57.

La familia fagaceae si bien no posee una cantidad muy amplia de especies, su importancia es vital en la estructura de la vegetación debido a que conforma buena parte del componente arbóreo. Se formó la matriz M11, con 12 especies y 36 registros resultando en tres cladogramas con: 20 pasos, CI=0.60 y RI=0.42, el Volcán El Ceboruco se eliminó debido a la falta de taxones. El cladograma de consenso estricto se muestra en la figura 32, el CV y la RBSM mostraron la relación más estrecha.

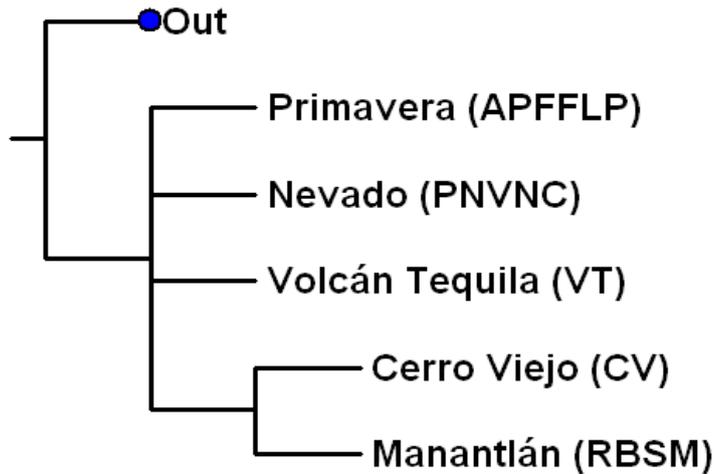


Fig. 32. Cladograma de consenso estricto resultante la matriz M11: 20 pasos, CI=0.52 y RI=0.21.

La familia orchidaceae además de ser una familia con gran belleza y variedad floral, posee una gran importancia florística debido a su amplia diversidad. Para su análisis se conformó la matriz M12, con 73 especies, 187 registros. El resultado se muestra en la figura 33, el CV y el VT mostraron la relación más estrecha.

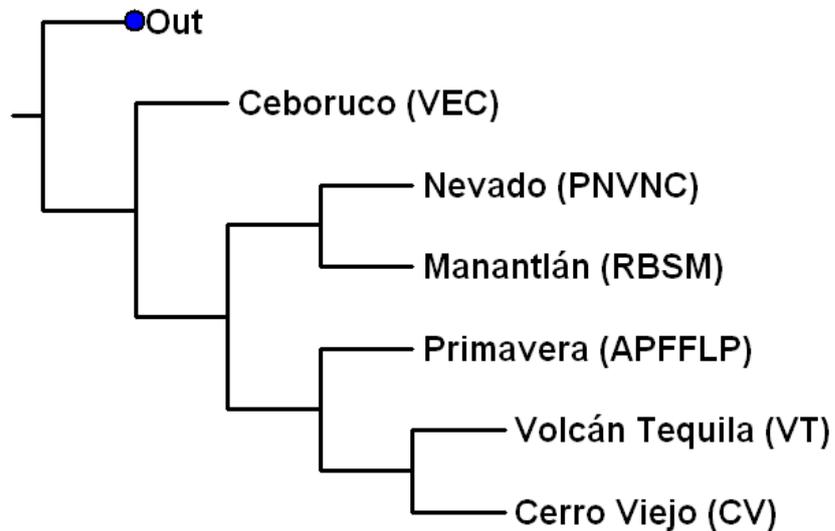


Fig. 33. Cladograma obtenido de la matriz M12: con: 130 pasos, CI=0.56 y RI=0.39.

El orden pinales compone una gran parte del estrato arbóreo en todas las áreas estudiadas, para su análisis se formó la matriz M13, con 11 especies y 34 registros de las familias pinaceae y cupressaceae. El resultado se muestra en la figura 34, el CV y el VT mostraron la relación más estrecha.

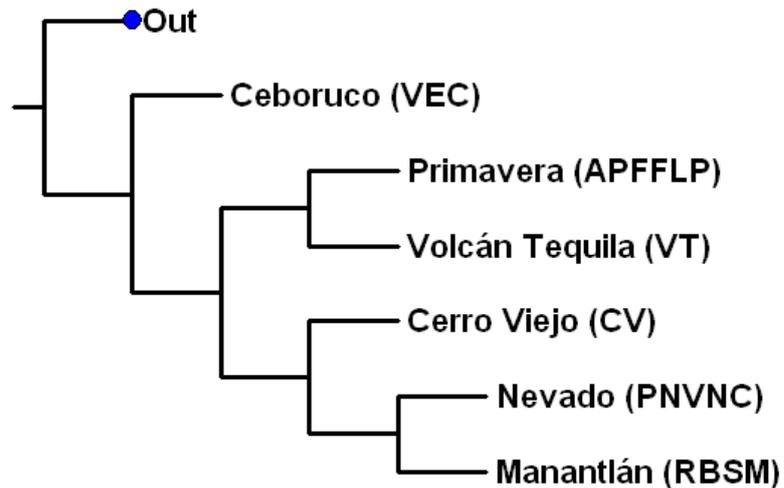


Fig. 34. Cladograma obtenido de la matriz M13 con: 16 pasos, CI=0.68 y RI=0.70.

La familia poaceae posee una enorme diversidad y es capaz de habitar en cualquier altitud encontrada en las áreas aquí estudiadas, se formó la matriz M14, con 172 especies y 472 registros. El resultado se muestra en la figura 35, el APFFLP y la RBSM mostraron la relación más cercana.

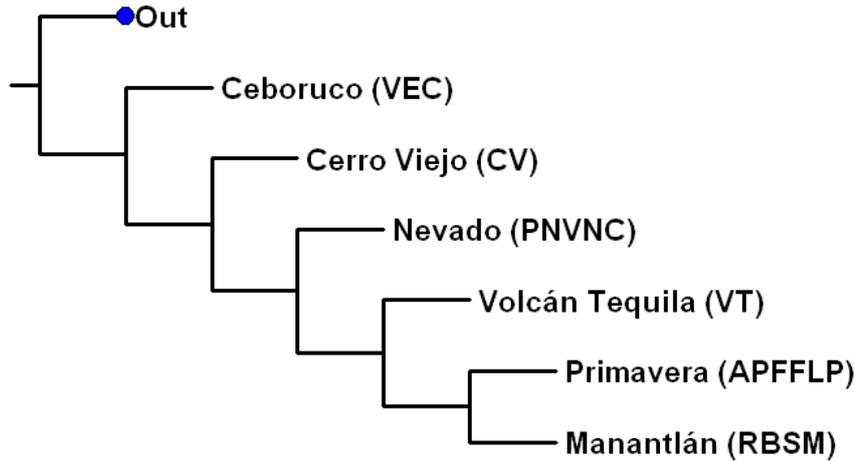


Fig. 35. Cladograma obtenido de la matriz M14 con: 283 pasos, CI=0.60 y RI=0.56.

Las divisiones Pteridophyta y Lycopodiophyta representan una parte muy importante del estrato herbáceo al ser unas de las primeras plantas en colonizar nuevos ambientes. Se formó la matriz M15, con 92 especies, 277 registros de helechos y licopodios, resultó en dos cladogramas obtenidos con: 173 pasos, CI=0.53 y RI=0.41, el cladograma de consenso estricto se muestra en la figura 36, el PNVNC y la RBSM manifestaron la relación más próxima.

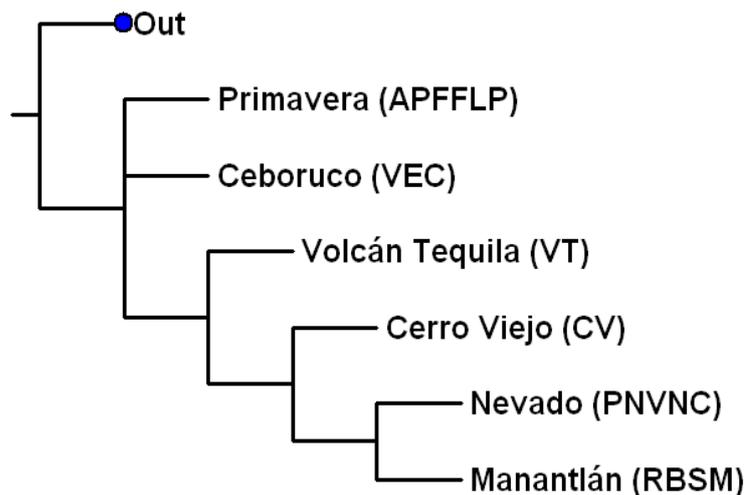


Fig. 36. Cladograma de consenso estricto obtenido de la matriz M15 con: 180 pasos, CI=0.51 y RI=0.36.

Para la familia solanaceae se formó la matriz M16, con 45 especies y 130 registros. El resultado se muestra en la figura 37, el APFFLP y la RBSM exhibieron la relación más cercana.

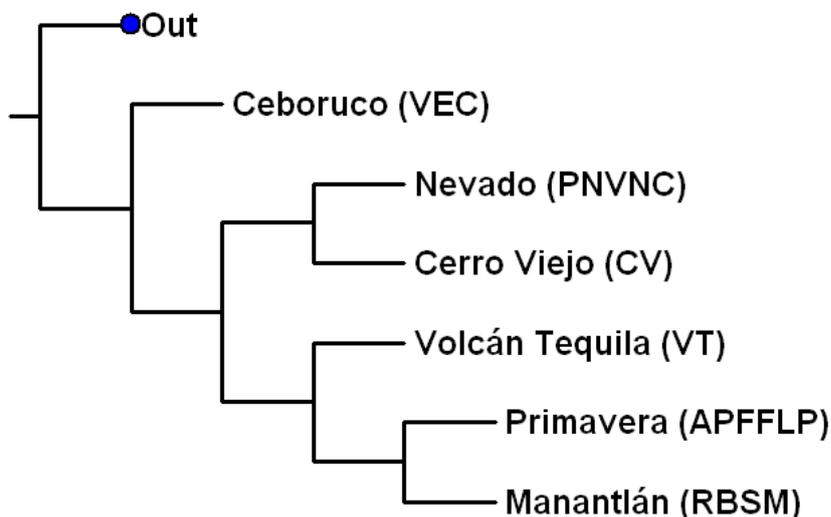


Fig. 37. Cladograma obtenido de la matriz M16 con: 79 pasos, CI=0.56 y RI=0.49.

## DISCUSIÓN

El CV y la RBSM son las únicas áreas que no son de origen ígneo, lo que podría ser una pista para entender la relación tan estrecha que presentan. Se tratan de plegamientos de orígenes distintos pues el CV se encuentra por completo en el EVT y su geología es ígnea, a diferencia de la RBSM que se encuentra en la Sierra Madre del Sur. Sin embargo esto sugeriría que han mantenido una flora ajena a eventos volcánicos destructivos por largo tiempo, manteniendo una relación estrecha a pesar de la lejanía y de su origen geológico distinto.

Al retirar a la RBSM del análisis, la relación entre CV y APFFLP es bastante estrecha sin importar la jerarquía de los taxones utilizados, posiblemente debido a la gran cercanía y similitud de altitud que presentan. Actualmente el crecimiento de la zona metropolitana de Guadalajara, ha aislado las dos formaciones significativamente en los últimos 50 años.

Para el Volcán de Tequila (VT) la relación con respecto a las especies parece ser más estrecha al clado CV más APFFLP. Al aumentar el rango taxonómico a géneros y familias la relación pareciera ser más lejana a este clado y ser más cercana al VEC, lo que sugeriría una relación más antigua con el clado de CV más APFFLP, suponiendo que a mayor antigüedad de la formación, mayor tiempo han tenido las especies para colonizar y establecerse. El mismo fenómeno explicaría la relación del PNVNC con el clado de CV más APFFLP.

El Volcán El Ceboruco (VEC), mantiene una relación lejana y compleja con el PNVNC y el VT. Probablemente debido a la gran diferencia que existe en la estructura de la vegetación, el tamaño, la altura y la antigüedad del VEC. Se encuentra cubierto ampliamente por piroclastos recientes llamados “malpaís” que no sustentan vegetación alguna, pocas especies muy especializadas pueden vivir sobre este suelo joven y en densidad muy baja.

El bosque mixto de pino y encino Rzedowski & McVaugh (1966), cubre la mayor superficie en todas las áreas, seguido por el bosque tropical caducifolio que cubre las partes más bajas. Esto resulta en una ecotonía de amplia diversidad florística muy similar en todas las áreas. Para las áreas más grandes y altas como el PNVNC donde también encontramos el páramo de altura las diferencias estructurales son más obvias, el páramo de altura no se encuentra en ninguna otra formación del estudio. El bosque de oyamel se encuentra solamente en el PNVNC y la RBSM donde cubre grandes áreas.

En el VT y el VEC encontramos una vegetación particular que habita solamente en la parte más alta de los volcanes. Sobre los paredones húmedos que forman el cráter están cubiertos por una densa población de musgos, helechos y otras pequeñas plantas al parecer muy especializadas a este ambiente. La similitud a simple vista es significativa, sin embargo se requerirían estudios más especializados y actualizados para determinar si la similitud es tan grande como parece.

Los estudios con las familias y grupos más representativos arrojaron diversos patrones que ayudan a comprender un poco mejor la relación entre las áreas. Uno de los patrones muestra una estrecha relación entre el PNVNC y la

RBSM con taxones de Asteraceae, Pinales y Pteridophyta, acoplado también el CV con Pinales y Pteridophyta algo no encontrado antes. Además el APFFLP y el CV también presentan un patrón de relación estrecha en taxones de Asteraceae, acoplada la RBSM con taxones de Fabaceae y Fagaceae.

Desafortunadamente no se encontró información suficiente para incluir a los volcanes Tepeltipic, San Juan y Sangangüey en la porción más occidental y norteña del EVT en el estado de Nayarit. Debido a que se ha colectado y publicado escasamente sobre estos volcanes.

Las áreas más estudiadas corresponden el APFFLP, el CV y la RBSM. Áreas que se puede asegurar se conoce muy bien su flora pues han sido ampliamente explorados e intensamente colectados por largo tiempo, razón por la cual estas áreas poseen la mayor cantidad de taxones. Por el contrario el PNVNC, VT y VEC no cuentan con el mismo nivel de estudio y exploración, incluso de trabajos publicados, el PNVNC y el VT considero podrían alcanzar las 900 especies o más, similar al número que alcanzan las áreas más conocidas, debido a que el tamaño y altura es parecido o mayor. Para el VT es sabido que solo se ha colectado y explorado a lo largo del camino que sube desde la base del volcán hasta “las antenas”, con lo que solo la cara norte se conoce ampliamente, similar a lo que sucede en el PNVNC. Para estas formaciones no existe un inventario florístico sistemático, extenso y ampliamente descriptivo, trabajos que sin duda serían muy útiles para este estudio.

## **CONCLUSIONES**

Para el occidente del EVT, este estudio constituye el primer entendimiento para la relación histórica y florística. Sin embargo debo ser insistente en que este trabajo deba ser el inicio de un estudio aún mayor que incluya a todas las formaciones volcánicas de la república mexicana en un futuro, con el fin de poder plantear hipótesis más atrevidas y sustentadas en cuanto a la complicada relación de estas formaciones.

El presente estudio es único en su tipo al compilar y analizar biogeográficamente la florística de las áreas más representativas del occidente

del EVT. Las relaciones que mantienen las distintas áreas son en extremo complejas e interesantes, sobre todo las expuestas por el PNVNC, el APFFLP, el CV y la RBSM que mantienen una estrecha y variable relación dependiendo de qué taxones se utilicen, caso contrario presentan el VEC y el VT que parecen estar muy aislados de esta compleja relación y sin estar relacionados estrechamente entre sí a pesar de ser las más cercanas una de otra. Solo en los análisis con Orchidaceae y Poaceae el VT presento relaciones estrechas con el CV y el APFFLP respectivamente.

El VEC se mantuvo siempre aislado de estas relaciones con excepción de un cladograma de Pteridophyta que lo acercó al APFFLP, pero el clado colapsó en el cladograma de consenso estricto. Esto podría ser una pista de que indudablemente se encuentra demasiado aislado de las demás formaciones debido a su juventud geológica y lejanía geográfica con respecto del resto, aunque esto no pareciera influir mucho en el PNVNC y la RBSM, por lo que considero que la juventud geológica pareciera ser el factor más importante que explique este aislamiento tan acentuado.

El Eje Volcánico Transmexicano EVT no es una unidad biogeográfica natural. Su cercana y compleja relación histórica con otras provincias biogeográficas promueve esta idea. Debido al complejo origen y desarrollo geológico de las formaciones volcánicas que incluyen múltiples erupciones, estas exhiben diversos patrones de relación florística-histórica. Una evidencia hallada en este estudio es que siempre mantiene una estrecha relación con la RBSM, a pesar de su localización en la provincia de la Sierra Madre del Sur SMS y de la lejanía con el resto de las formaciones.

## Literatura citada

- Anónimo. 2007. Plan estatal de desarrollo Jalisco 2003. Gobierno del estado de Jalisco. México. 427 pp.
- Dye, B. 2012. La apasionante geología del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. Bosque La Primavera. Guadalajara, Jalisco, México. 72 pp.
- Carvajal, S., R. Rivera-Espinoza & H. Palacios-Juárez. 2000. Nuevas combinaciones en especies del género *Ficus* L., subgénero *Urostigma* (Moraceae) de México Universidad de Guadalajara. Boletín del Instituto de Botánica 8(1-2): 127-136.
- Carvajal, S. 2012. Sistema para la familia Moraceae en México. Ibugana 3: 3-103.
- Cedano-Maldonado, M. & M. Harker. 2001. Listado Florístico Preliminar del Volcán El Ceboruco, Nayarit, México. Universidad de Guadalajara. Boletín del Instituto de Botánica 8 (1-2): 137-168.
- Cervantes-Aceves, N. 1992. La Familia Malvaceae en el Estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 3: 1-393.
- Carranza-González, E. 2008. La Familia Styracaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 22: 1-26.
- Chase, M.W. & J.L. Reveal. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161:122-127.
- Cházaro-Basáñez, M. 1991. El Volcán de Tequila: Bosquejo Botánico. En: Antología Botánica del Estado de Jalisco, Cházaro-Basáñez M., E. Lomelí-Mijes, R. Acevedo-Rosas y S. Ellerbracke-Román (comps.) Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. p. 59-61.
- Cházaro-Basáñez, M., J.A. Machuca N. & S. Carvajal H. 1991a. Estudio Florístico del Cerro Viejo y áreas circundantes, Jalisco, México. En: Antología Botánica del Estado de Jalisco. Cházaro-Basáñez M., E. Lomelí-Mijes, R. Acevedo-Rosas y S. Ellerbracke-Román (comps.) Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.p. 41-43.

- Cházaro-Basáñez, M., J.A. Machuca N. & S. Carvajal H. 1991b. Notas sobre las Cactáceas y otras Suculentas del Cerro Viejo y áreas circunvecinas. En: Antología Botánica del Estado de Jalisco. Cházaro-Basáñez, M., E. Lomelí-Mijes, R. Acevedo-Rosas y S. Ellerbracke-Román (comps.) Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. p. 44-48.
- Cházaro-Basáñez, M. & E. Lomelí-Mijes. 1995. La Sierra de La Primavera: aspectos botánicos. En Antología Botánica del Estado de Jalisco, Cházaro-Basáñez M., E. Lomelí-Mijes, R. Acevedo-Rosas y S. Ellerbracke-Román (comps.) Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. p. 62-66.
- Cházaro-Basáñez, M., R. Acevedo R., E. Lomelí M. & J. A. Machuca N. 1997. Estudio preliminar de las plantas suculentas del Volcán El Ceboruco, Nayarit, México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 42: 39-43.
- Cházaro-Basáñez, M. & E. Lomelí-Mijes. 2001. Volcán El Colli, Jalisco. En: Antología Botánica del Occidente de México, Cházaro-Basáñez, M., E. Lomelí-Mijes, M. Flores-Hernández & S. Ellerbracke-Román (comps.), Universidad de Guadalajara. Editorial Gráfica Nueva, S. A. de C.V., Guadalajara, México. p. 153-154.
- Clausen, R.T. 1959. *Sedum* of the Trans-Mexican Volcanic Belt: An Exposition of Taxonomic Methods. Cornell University Press. Ithaca, New York. 380 p.
- Colin-Nolasco, L.F. 2014. Guía ilustrada de Pteridofitas del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, Jalisco, México. Tesis. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan. 125 p.
- Contreras-Medina, R., I. Luna-Vega & J.J. Morrone. 2007a. Application of parsimony analysis of endemism to Mexican gymnosperms distributions: grid-cells, biogeographical provinces and track analysis. Biological Journal of the Linnean Society 92: 405-417.
- Contreras-Medina, R., D. Castañeda-Aguado, & A. González-Zamora. 2007b. Gimnospermas. En: Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana, I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 439-448.

- Contreras-Rodríguez, S.H., S.I. González-Castro & B.O. Ávila-Ramírez. 2011. Guía de Pastos del Bosque La Primavera. Universidad de Guadalajara. Prometeo Editores, S.A. de C.V. Guadalajara, México. 162 p.
- Corona, A.M., V.H. Toledo & J.J. Morrone. 2007a. Does the Trans-Mexican Volcanic Belt represent a natural biogeographical unit? An analysis of the distributional patterns of Coleoptera. *Journal of Biogeography* 34: 1008-1015.
- Corona, A.M., V.H. Toledo & J.J. Morrone. 2007b. Análisis panbiogeográfico de especies de Buprestidae y Cerambycidae (Insecta: Coleoptera). En *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*, I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 439-448.
- Cracraft, J. 1991. Patterns of diversification within continental biotas: hierarchical congruence among the areas of endemism of Australian vertebrates. *Australian Systematic Botany* 4: 211-227.
- Cué-Bär, E.V., J.L. Villaseñor, J.J. Morrone & G. Ibarra-Manríquez. 2006. Identifying priority areas for conservation in Mexican tropical deciduous forest based on tree species. *Interciencia* 31 (10) 712-719.
- Cuevas-Guzmán, R., S. Koch, E. García-Moya, N.M. Núñez-López & E.J. Jardel-Peláez. 2004. Flora Vascular de la Estación Científica Las Joyas. En *Flora y vegetación de La Estación Científica Las Joyas*. R. Cuevas-Guzmán y E.J. Jardel-Peláez (eds.). Departamento de Ecología y Recursos Naturales-IMECIBIO. Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. p. 119-228.
- Curiel-Ballesteros, A. 1988. Plan de Manejo Bosque La Primavera. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 164 p.
- Delgadillo-Moya, C. 2014. Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: 100-105.
- Delgadillo-Moya, C. & C. Juárez-Martínez. 2014. Biodiversidad de Anthocerotophyta y Marchantiophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: 106-109.
- Escalante, T. & J.J. Morrone. 2003. ¿Para qué sirve el Análisis de Parsimonia de Endemismos? En *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*,

- J.J. Morrone y J. Llorente (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 167-172.
- Escalante, T., G. Rodríguez, N. Gámez, L. León-Paniagua, O. Barrera & V. Sánchez-Cordero. 2007. Biogeografía y conservación de los mamíferos. En Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana, I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Autónoma de México, México, D.F. p. 485-502.
- Espinosa, D., J. Llorente & J.J. Morrone. 2006. Historical biogeographical patterns of the species of *Bursera* (Burseraceae) and their taxonomic implications. *Journal of Biogeography* 33: 1945-1958.
- Espinosa, D. & S. Ocegueda. 2007. Introducción. En Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana, I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Autónoma de México, México, D.F. p. 5-6.
- Farjon, A., J.A. Pérez de la Rosa, & B.T. Styles. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanical Garden Kew. UK.
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas-Salgado, S. & Romero-Rios, F. 1999. Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block. *Geological Society of America. Special paper* 334:65-83.
- Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., & M. Manea. 2012. The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and The Mexico subduction zone. *Tectonophysics* 522-523: 122-149.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. En: *Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución*, T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot. y J. Fa (comps.). Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. México, D.F. p. 3-109.
- Fierros-López, H.E. 1996. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de dos localidades del Volcán de Tequila, Jalisco, México. Tesis. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan 128 p.
- Figuroa-Murguía, M.H. 1996. Contribución al conocimiento de las leguminosas del bosque La Primavera, Jalisco, México. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 135 p.

- Gernandt, D.S. & J.A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: 126-133.
- Goloboff, P.A. 1993. *NONA version 1.1*. Instituto Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán.
- Gomez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M.T. & L. Ferrari. 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 57: 227-283.
- González-Maldonado, G. 1993. Árboles y arbustos del cerro del Colli, Zapopan, Jalisco, México. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan. 52 p.
- González-Tamayo, J.R. & L. Hernández-Hernández. 2010. Las orquídeas del occidente de México 1: 1-303. Color Cuatro S.A. de C.V.
- González-Villareal, L.M. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* en el estado de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 1: 1-240.
- González-Villareal, L.M. & J.A. Pérez de la Rosa. 1987. Guía de la Excursión Botánica al Nevado de Colima. En: *Guías de Excursiones Botánicas en México VIII*. Zamudio-Ruiz S., F. Guevara-Fefer y J.A. Pérez de la Rosa (eds.) Sociedad Botánica de México. Guadalajara, México. p. 101-139.
- González-Villareal, L.M. 1990. Las Ericáceas de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 3: 1-140.
- González-Villareal, L.M. 1996a. La familia Clethraceae en el estado de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 5: 1-35.
- González-Villareal, L.M. 1996b. La familia Cornaceae en el estado de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 4: 1-17.
- González-Villareal, L.M. 2000a. La familia Aquifoliaceae en el estado de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 6: 1-27.
- González-Villareal, L.M. 2000b. La familia Betulaceae en el estado de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 8: 1-40.
- González-Villareal, L.M. 2000c. La familia Garryaceae en el estado de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 7: 1-25.
- González-Villareal, L.M. 2000d. Las familias Monotropaceae y Pyrolacaceae en el estado de Jalisco, México. *Colección Flora de Jalisco* 9: 1-23.

- González-Villareal, L.M. 2001. La familia Theaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 12: 1-38.
- González-Villareal, L.M. 2002. La familia Symplocaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 13: 1-31.
- González-Villareal, L.M. 2004. La familia Myricaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 17: 1-19.
- Graham, A. 1993. Historical factors and biological diversity in Mexico. In Biological diversity of Mexico: origins and distribution, T. P. Ramamoorthy, R Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) Oxford University Press, New York. p.109-127.
- Halffter, G. 1976. Distribución de los insectos en la Zona de Transición Mexicana: relaciones con la entomofauna de Norteamérica. Folia Entomológica Mexicana 35: 1-64.
- Halffter, G. 1978. Un nuevo patrón de dispersión en la Zona de Transición Mexicana: El mesoamericano de montaña. Folia Entomológica Mexicana 39-40: 219-222.
- Hernández-Cerda, M.E. & G. Carrasco-Anaya. 2007. Rasgos climáticos más importantes. En Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana, I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.) Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 57-72.
- Iltis, H.H. & T.S. Cochrane. 1995. Introducción. En Flora de Manantlán: plantas vasculares de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán Jalisco-Colima, México. Vázquez- García, J.A., R. Cuevas-Guzmán, T.S. Cochrane, H.H. Iltis, F.J. Santana-Michel & L. Guzmán-Hernández. Sida, Botanical Miscellany 13: 9-16 p.
- Luna-Vega, I., Alcántara, O., D. Espinosa & J.J. Morrone. 1999. Historical relationship of the Mexican cloud forests: A preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. Journal of Biogeography 26: 1299-1305.
- Luna-Vega, I., Alcántara, O. & D. Espinosa. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forest of Hidalgo, México. Diversity and Distributions 6: 137-143.
- Luna-Vega, I., J.J. Morrone, O. Alcántara & D. Espinosa. 2001. Biogeographical affinities among Neotropical cloud forests. Plant Systematics and Evolution 228: 229-239.

- Luna, I., J.J. Morrone & D. Espinosa (eds.) 2007. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 514 p.
- Machuca-Nuñez, J.A. 1989. Florística y Ecología de la Vegetación fanerogámica de la región septentrional de Jocotepec, Jalisco, México. Tesis. Facultad de Agricultura Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal. 221 p.
- Macías-Rodríguez, M.A. & R. Ramírez-Delgadillo. 2001. Florística del Cerro del Colli, Zapopan, Jalisco, México. Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad e Guadalajara 8: 75-99.
- Marshall, C.J. & J.K. Liebherr. 2000. Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* 27: 203-216.
- Martínez-Salas, E. & C.H. Ramos. 2014. Biodiversidad de Pteridophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: 110-113.
- McVaugh, R. 1972. Botanical Exploration in Nueva Galicia, México from 1790 to the present time. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* 9: 205-357.
- McVaugh, R. 1983. Flora Novo-Galiciana, Gramineae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 14: 1-436.
- McVaugh, R. 1984. Flora Novo-Galiciana, Compositae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 12: 1-1157.
- McVaugh, R. 1985. Flora Novo-Galiciana, Orchidaceae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 16: 1-363.
- McVaugh, R. 1987. Flora Novo-Galiciana Leguminosae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 5: 1-786.
- McVaugh, R. 1989. Flora Novo-Galiciana, Bromeliaceae to Dioscoreaceae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 15: 1-398.
- McVaugh, R. 1992. Flora Novo-Galiciana, Gymnosperms and Pteridophytes. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 17: 1-467.
- McVaugh, R. 1993. Flora Novo-Galiciana, Limnocharitaceae to Typhaceae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 13: 1-480.
- McVaugh, R. 2001. Flora Novo-Galiciana, Ochnaceae to Loasaceae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. 3:1-751 p.

- Meyrán-García, J. & L. López-Chávez. 2003. Las Crasuláceas de México. Sociedad Mexicana de Cactología A.C. México. 234 p.
- Mickel, J.T. & A.R. Smith. 2004. The Pteridophytes of Mexico. Memoirs of The New York Botanical Garden Vol. 88. The New York Botanical Garden Press. New York, USA. 1100 p.
- Morrone, J.J. 2001. Biogeografía de América Latina y el Caribe. Manuales y Tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa, nro. 3, Zaragoza, España. 148 p.
- Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 76: 207-252.
- Morrone, J.J. 2009. Evolutionary biogeography: an integrative approach with case studies. Columbia University Press, New York.
- Morrone, J.J. 2010. Fundamental biogeographic patterns across the Mexican Transition Zone: An evolutionary approach. *Ecography* 33: 355-361.
- Morrone, J.J. 2013. Parsimony analysis of endemism (PAE) revisited. *Journal of Biogeography* 40:1-13.
- Morrone, J.J. & J.V. Crisci. 1995. Historical biogeography: Introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 373-401.
- Morrone, J.J., Espinosa, D., Aguilar, C. & Llorente, J. 1999. Preliminary classification of the Mexican biogeographic provinces: a parsimony analysis of endemism based on plant, insect and bird taxa. *Southwestern Naturalist* 44: 507-514.
- Morrone, J.J., Espinosa, D. & Llorente, J. 2002. Mexican biogeographic provinces: preliminary schemes, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 85: 83-108.
- Morrone, J.J. & J. Márquez. 2001. Halffter's Mexican Transition Zone, beetle generalized tracks and geographical homology. *Journal of Biogeography* 28: 635-650.
- Morrone, J.J. & J. Márquez. 2003. Aproximación a un atlas biogeográfico mexicano: Componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. En Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, J.J. Morrone y J. Llorente (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 1-4.

- Morrone, J.J. & A. Gutiérrez. 2005. Do fleas (Insecta: Siphonaptera) parallel their mammal host diversification in the Mexican transition zone? *Journal of Biogeography* 32: 1315-1325.
- Morrone, J.J. & T. Escalante. 2009. *Diccionario de Biogeografía*. Las prensas de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 230 p.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, A.B. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Navarro-Sigüenza, AG., A. Lira-Noriega, A.T. Peterson, A. Oliveras-de Ita & A. Gordillo-Martínez. 2007. Diversidad, endemismo y conservación de las aves. En *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*, I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.) Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 461-484.
- Nicolalde-Morejón, F., J. González-Astorga, F.Vergara-Silva, D.W. Stevenson, O. Rojas-Soto & A. Medina-Villareal. 2014. Biodiversidad de Zamiaceae en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl.* 85: 114-125.
- Nihei, S.S. 2006. Misconceptions about parsimony analysis of endemism. *Journal of Biogeography* 33: 2099-2106.
- Nixon, K.C. 2002. WinClada version 1.00.08. Published by the author, Ithaca, New York. (<http://www.cladistics.com/aboutWinc.htm>).
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao & K.R. Kassem. 2001. *Terrestrial Ecoregions of the World: A new map of life on Earth*. *BioScience*. 51: 933-938.
- Padilla-Velarde, E., R. Cuevas-Guzmán, G. Ibarra-Manríquez & Moreno-Gómez, S. 2006. Riqueza y biogeografía de la flora arbórea del estado de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 271-295.
- Padilla-Velarde, E., R. Cuevas-Guzmán & Koch S.D. 2008. Plantas vasculares y vegetación de la parte alta del arroyo agua fría, municipio de Minatitlán, Colima, México. *Acta Botanica Mexicana* 84: 25-72.
- Patiño-Ramírez, R. 1994. Estudio Taxonómico de los muérdagos (Loranthaceae) del Volcán de Tequila, Jalisco, México. Tesis. Facultad de

Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan.  
60 p.

- Pérez-Calix, E. & I. García-Ruiz. 2002. *Sedum neovolcanicum* una especie nueva originaria del centro-occidente de México. *Acta Botánica Mexicana* 58: 57-62.
- Porzecanski, A.L. & J. Cracraft. 2005. Cladistic analysis of distribution and endemism (CADE): using raw distributions of birds to unravel the biogeography of the South American aridlands. *Journal of Biogeography* 32: 261-275.
- Quintana-Cardoza, R. & S. Carvajal. 2001. Las especies jaliscienses del género *Ficus* L. (Moraceae). *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara* 8 (1-2): 1-64.
- Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot & J. Fa (comps.) 1998. Diversidad biológica de México orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 812 p.
- Ramírez-Barahona, S., A. Torres-Miranda, M. Palacios-Ríos & I. Luna-Vega. 2009. Historical Biogeography of the Yucatan Peninsula, Mexico: a perspective from ferns (Monilophyta) and lycopods (Lycophyta). *Biological Journal of the Linnean Society* 98: 775-786.
- Ramírez-Delgadillo, R. 1991. Taxonomía, distribución y ecología del género *Phaseolus* (Fabaceae) en los Municipios de Tlajomulco de Zúñiga y Jocotepec, Jalisco. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan. 65 p.
- Ramírez-Delgadillo, R., J.J. Reynoso-Dueñas & Harker, M. 2006. Estado actual el conocimiento florístico del bosque La Primavera, Jalisco, México. *Memorias del 1er foro de investigación y conservación del Bosque La Primavera, CUCBA, Zapopan, Jal.*
- Ramírez-Delgadillo, R., J.J. Reynoso-Dueñas & Rodríguez-Contreras, A. (eds.) 2010. Guías de las excursiones botánicas en Jalisco. Universidad de Guadalajara-Sociedad Botánica de México. México. 168 p.
- 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, J.J. Reynoso-Dueñas, L.M. Villarreal de Puga & J.L.

- Villaseñor-Ríos. 2010. Catálogo de plantas vasculares de Jalisco. Prometeo Editores, S.A. de C.V., Guadalajara, México. 143 p.
- Reyes-Santiago, J., C. Brachet-Ize & González-Zorzano, O. 2011. *Echeveria novogaliciana*, una nueva especie de la familia Crassulaceae para los estados de Jalisco y Aguascalientes, México. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 56: 82-95.
- Reyna-Bustos, O.F. 1988. Estudio de la Vegetación de la Reserva Forestal La Primavera, Jalisco, México. Tesis. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara, México. Las Agujas, Zapopan. 70 p.
- Reyna-Bustos, O.F. 2002. Notas sobre las cactáceas y suculentas de la Sierra de la Primavera, Jalisco, México. En *Antología Botánica del Occidente de México*, M. Cházaro-Basáñez, E. Lomelí-Mijes, M. Flores-Hernández y S. Ellerbracke-Román (comps.), Universidad de Guadalajara. Editorial Gráfica Nueva, S.A. de C.V., Guadalajara, México. p. 103-106.
- Reyna-Bustos, O.F. 2004. Árboles y arbustos del bosque La Primavera: Guía ilustrada. Universidad de Guadalajara. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Grafica Centro, Guadalajara, México. 118 p.
- Reyna-Bustos, O.F., R. Soltero-Quintana, C.M. Morán-Morales & V.C. Rosas-Espinoza. 2006. Orquídeas silvestres del bosque La Primavera. Universidad de Guadalajara. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Editorial Pandora, S.A. de C.V., Guadalajara, México. 90 p.
- Reynoso-Dueñas, J.J., 2010. Guía de Excursión Botánica al Pueblo y Volcán de Tequila. En *Guías de las Excursiones Botánicas en Jalisco*, R. Ramírez-Delgadillo, J.J. Reynoso-Dueñas y A. Rodríguez-Contreras (eds.) Universidad de Guadalajara-Sociedad Botánica de México. p. 17-36.
- Rodríguez-Contreras, A. & M. Cházaro-Basáñez. 1987. Guía de la Excursión Botánica al Volcán de Tequila: en *Guías de Excursiones Botánicas en México VIII*. Zamudio-Ruíz, S., F. Guevara-Fefer y J.A. Pérez de la Rosa (eds.). Sociedad Botánica de México. p. 75-100.
- Rodríguez-Contreras, A. 1991. Las papas silvestres (Género *Solanum*, sección *Petota*, subsección *Potatoe*) en Jalisco. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan. p. 125.

- Rodríguez-Contreras, A. & J.J., Reynoso-Dueñas. 1992. Inventario Florístico del Bosque-Escuela, Sierra de la Primavera, Tala, Jalisco, México. Boletín del Instituto de Botánica 1: 137-166.
- Rosen, B.R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. In Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions, A.A. Myers y P. Giller (eds.) Chapman and Hall, London. p. 437-481.
- Ruíz-Montes, M.A. 1994. Estudio Taxonómico de los Muérdagos (Loranthaceae) del Nevado de Colima y Volcán de Fuego, Jalisco. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan. 109 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En Diversidad Biológica de México, T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot. y J. Fa (comps.) Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 129- 145.
- Rzedowski, J. & R. McVaugh. 1966. La Vegetación de la Nueva Galicia. Contribution University Michigan Herbaria. 123 p.
- Sanginés-Franco, C., I. Luna-Vega & O. Alcántara-Ayala. 2011. Distributional patterns and biogeographic analysis of ferns in the Sierra Madre Oriental, México. American Fern Journal 101: 81-104.
- Santana-Michel, F. J., J.A. Solís-Magallanes, L. Guzmán-Hernández, N.M. Núñez-López, E.V. Sánchez-Rodríguez & R. Cuevas-Guzmán. 2010. Guía de Excursión Botánica a la Sierra de Manantlán, Autlán-Estación Científica Las Joyas. En Guías de las Excursiones Botánicas en Jalisco, R. Ramírez Delgadillo, J.J. Reynoso-Dueñas y A. Rodríguez-Contreras. Universidad de Guadalajara. Sociedad Botánica de México. Guadalajara, México. p. 143-168.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000a. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Instituto Nacional de Ecología. Jalisco, México. 203 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000b. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Jalisco, México. 132 p.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2006. Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Volcán Nevado de Colima. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Jalisco, México. 194 p.
- Shalisko, V., L.M. González-Villareal & S. Carvajal. 2007. La familia Coriariaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 21:1-19.
- Soltero-Quintana, R. 1991. La familia Orchidaceae en la reserva forestal La Primavera, taxonomía y clasificación. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan. 102 p.
- Styles, B.T. 1998. El género *Pinus*: su panorama en México. En Diversidad Biológica de México, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot. y J. Fa (comps.) Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 385-408.
- Toledo, V.M. & M.J. Ordóñez. 1998. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. En Diversidad Biológica de México. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 739-757.
- Torres-Miranda, A. & I. Luna-Vega. 2006. Análisis de trazos para establecer áreas de conservación en la Faja Volcánica Transmexicana. Interciencia 12: 849-855.
- Valencia-Ávalos, S. 2007. Encinos. En Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana, I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 139-148.
- Vargas-Ponce, O. & A. Rodríguez-Contreras. 1993. La Sección *Solanum* del género *Solanum* en Jalisco. Boletín del Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara, 1: 423-439.
- Vargas-Ponce, O., M. Cedano-Maldonado & L. Hernández-López. 2002. Catálogo de los trabajos botánicos en Jalisco. Scientia-CUCBA 4: 151-172.
- Vargas-Ponce, O., M. Martínez & P. Dávila-Aranda. 2003. La Familia Solanaceae en Jalisco: el género *Physalis*. Colección Flora de Jalisco 16: 1-126.

- Vázquez- García, J.A., R. Cuevas- Guzmán, T.S. Cochrane, H.H. Iltis, F.J. Santana-Michel & L. Guzmán-Hernández. 1995. Flora de Manantlán: plantas vasculares de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán Jalisco-Colima, México. Sida, Botanical Miscellany 13: 312p.
- Vázquez-García, J.A., M. Cházaro-Basañez, G. Hernández-Vera, E. Flores-Berrios & L. Vargas-Rodríguez. 2007. Agaves del Occidente de México. Serie Fronteras de Biodiversidad 3: Universidad de Guadalajara. México. 221 p.
- Villaseñor, J.L. & E. Ortiz. 2007. La familia Asteraceae. En: Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 289-310.
- Villaseñor, J.L., E. Ortiz & R. Redonda-Martínez. 2008. Catálogo de autores de plantas vasculares de México 2da Edición. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 69 p.
- Villaseñor, J.L. & E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: 134-142.
- Villalpando-Prieto, J.L. 1994. Contribución al conocimiento de las gramíneas del Bosque La Primavera. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan. 264 p.
- Zamudio-Ruiz, S., Guevara-Fefer, F. & Pérez de la Rosa, J.A. (eds.). 1987. Guías de Excursiones Botánicas en México VIII. Sociedad Botánica de México, Guadalajara, México. 174 p.
- Zunino, M. & A. Zullini. 2003. Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 359 p.