



**Acta Botanica  
Mexicana**

# Las comunidades vegetales del bosque de coníferas altimontano en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México

## Plant communities of high mountain coniferous forest in the Tancítaro massif, Michoacán, Mexico

Consuelo Medina García<sup>1</sup> , Joaquín Giménez de Azcárate<sup>2,3</sup> , Alejandro Velázquez Montes<sup>1</sup> 

### Resumen:

**Antecedentes y Objetivos:** El límite superior del bosque es un ecosistema que alberga comunidades herbáceas y forestales con singular presencia de endemismos y con una función relevante en la captación, recarga y transporte de agua, lo que los define como nodos de provisión de bienes y servicios ambientales. Lo anterior es de particular significado en las montañas intertropicales por ser las que resguardan un banco de germoplasma oriundo significativamente elevado. Ese es el caso del Pico del Tancítaro y volcanes circundantes, región de estudio comprendida entre 2600 y 3800 m de altitud en Michoacán, México. Este trabajo tuvo como objetivo central definir y caracterizar la diversidad florística y fitocenótica, así como las pautas de distribución de las asociaciones vegetales a lo largo del gradiente altitudinal.

**Métodos:** Se realizaron 35 inventarios siguiendo la metodología fitosociológica; en ellos se registraron las especies, su cobertura y los atributos físico-geográficos del sitio muestreado. La información de campo fue corroborada en gabinete; para asegurar los aspectos de identificación florística se utilizó preferentemente la “Flora del Bajío y de regiones adyacentes”. Los datos fueron analizados utilizando técnicas de agrupamiento multivariadas para poder definir las asociaciones vegetales.

**Resultados clave:** Los 35 inventarios se consideraron como base para armar las tablas de vegetación que respaldan las siguientes asociaciones vegetales: *Gaultherio myrsinoidis-Pinetum hartwegii*, *Polysticho speciosissimae-Abietetum religiosae* y *Sibthorpio repentis-Abietetum religiosae*; así como otras de rango menor. Para cada asociación se abordaron cuestiones de estructura, composición, ecología, distribución y relación con los pisos bioclimáticos y con otras asociaciones próximas.

**Conclusiones:** Las combinaciones florísticas propias de las asociaciones reflejan las variaciones ambientales que se suceden en el gradiente altitudinal, incluyendo las causadas por perturbación natural y/o antrópica. Dichas asociaciones permiten tipificar la heterogeneidad fitocenótica del bosque estudiado y su papel como proveedoras de servicios ambientales y de biodiversidad.

**Palabras clave:** asociaciones vegetales, Faja Volcánica, fitosociología, pinar, oyamel.

### Abstract:

**Background and Aims:** The timberline occurs as an ecosystem harboring unique forest and grassland types comprising outstanding endemic species. These vegetation types, furthermore, are the centers of capturing, recharging and transporting water so that these are regarded as provider's nodes of environmental services. This is even more significant in intertropical mountains since these harbor large genetic reservoirs. This is the case of the Pico del Tancítaro and surrounding volcanoes, a region between 2600 and 3800 m elevation, in Michoacán, Mexico. The present study aimed to define and characterize the floristic and phytocenotic diversity, as well as recognize distribution patterns of the plant associations along the elevational gradient.

**Methods:** Thirty five inventories were carried out following the phytosociological approach. At each inventory, a list of species, their coverage, and physical and geographical attributes of the site were compiled. Field information was later verified in the laboratory to ensure species identification; “Flora del Bajío y de regiones adyacentes” was preferably consulted. Data were further analyzed via multivariate techniques in order to define plant associations.

**Key results:** The 35 inventories were considered as a basis to assemble the vegetation tables that support three plant associations: *Gaultherio myrsinoidis-Pinetum hartwegii*, *Polysticho speciosissimae-Abietetum religiosae* and *Sibthorpio repentis-Abietetum religiosae*; as well as other units of lower rank. For each one, issues, such as structure, composition, ecology, distribution and relationship with bioclimatic belts and other nearby associations were addressed.

**Conclusions:** The floristic combinations of the associations reflect environmental variations that occur along the altitudinal gradient, including those caused by natural and/or anthropic disturbance. These associations permit a clear classification of the phytocenotic heterogeneity in the forest studied, and confirm its role of environmental service providers and biodiversity.

**Key words:** phytosociology, fir forest, pine forest, plant associations, Volcanic Belt.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Colonia Ex-Hacienda de San José de La Huerta, 58190 Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Botánica, Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, E-27002 Lugo, España.

<sup>3</sup>Autor para la correspondencia:  
joaquin.gimenezdeazcarate@usc.es

Recibido: 19 de julio de 2019.

Revisado: 11 de septiembre de 2019.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain:

21 de octubre de 2019.

Publicado Primero en línea: 25 de noviembre de 2019.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 127 (2020).

Citar como: Medina García, C., J. Giménez de Azcárate y E. Velázquez Montes. 2019 (2020). Las comunidades vegetales del bosque de coníferas altimontano en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México. Acta Botanica Mexicana 127: DOI 10.21829/abm127.2020.1584



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

e-ISSN: 2448-7589

## Introducción

Las montañas más elevadas del centro de México, ubicadas a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana (19°N), presentan diferentes tipos de vegetación (herbácea y arbórea), cuya distribución y organización altitudinal está regulada por factores climáticos y, en menor medida, antrópicos y eruptivos (Beaman, 1962). Entre los tipos de vegetación mencionados se establece el denominado “timberline” o límite superior del bosque cuya cota se sitúa en torno a los 4000 m, pudiendo oscilar por factores orográficos de orientación y/o antrópicos (Escamilla et al., 2001; Almeida et al., 2004). Dicho ecotono delimita la vegetación potencial climática de carácter herbáceo (zacatonales) de la forestal (pinares) (Beaman, 1962; Ern, 1976). Estos territorios altimontanos tienen una gran singularidad ecológica debido a la diversidad y especificidad de su biota y a su papel en la recarga y abastecimiento de acuíferos. Las diferentes comunidades del zacatonal están dominadas por gramíneas amacolladas que darán paso, si hay suficiente altitud, a los desiertos fríos y a los glaciares. Ambos tipos de vegetación han sido estudiados desde el enfoque fitosociológico en varios escenarios de la Faja Volcánica Transmexicana, concentrándose los mayores esfuerzos en las montañas que rodean al Valle de México (Velázquez y Cleef, 1993; Islebe y Velázquez, 1994; Almeida et al., 1994, 2004; Giménez de Azcárate y Escamilla, 1999). En síntesis, estos trabajos inciden en la caracterización, composición y distribución de algunas de las comunidades vegetales presentes en los diferentes hábitats de sus montañas.

Por debajo del “timberline”, los bosques altimontanos representan, en estas latitudes, distintas comunidades forestales dominadas por pinos (*Pinus* spp.), encinos (*Quercus* spp.) y oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham.) principalmente, pudiendo incorporar ailes (*Alnus jorullensis* Kunth) y sauces (*Salix paradoxa* Kunth). Sus condiciones estacionales reflejan ambientes húmedos y fríos propios de la cintura altitudinal ocupada. Estos bosques constituyen el hábitat de numerosas especies de distribución restringida o incluidas en alguna categoría de protección (Cornejo-Tenorio et al., 2003), a la vez que proveen alimento y refugio para la fauna. Sus especies directrices permiten fácilmente su inclusión en

las unidades fisionómicas del bosque de pino (*Pinus* L.) y del bosque de abeto u oyamel (*Abies* Mill.) dadas, entre otros, por Miranda y Hernández-X. (2014) y Rzedowski (1978). Secuencialmente, a medida que se desciende desde el límite del bosque, su composición y complejidad estructural se incrementan, a la par que se recambian y diversifican los elementos nemorales tanto del dosel como del sotobosque (Velázquez et al., 2000; Giménez de Azcárate y Ramírez, 2004). En esta transición también es notable el incremento de la influencia antrópica en cotas inferiores de mejor accesibilidad (Jardel, 1990; Siebe et al., 2003).

Los trabajos botánicos realizados en el macizo del Tancítaro, situado en la Faja Volcánica Mexicana, al occidente del estado de Michoacán, México, están fundamentalmente enfocados al conocimiento de su Flora a través de listados sistematizados de las plantas vasculares encontradas en sus áreas estudiadas, e inciden en el número de registros encontrados en las diferentes categorías taxonómicas (Medina et al., 2000; García Ruíz et al., 2002). La información se complementa con datos sobre la ecología y distribución de las especies y con apuntes sobre los principales tipos de vegetación de las zonas consideradas. Entre el Pico del Tancítaro y el Río Tepalcatepec, Leavenworth (1946) realizó una descripción de los principales tipos de vegetación y de los especímenes colectados en la zona. Otros autores han desarrollado investigaciones botánicas enfocadas a grupos taxonómicos particulares con presencia en el entorno del Tancítaro (Madrigal, 1982; Bello y Labat, 1987). Asimismo, resalta el proyecto de la Flora del Bajío y de regiones adyacentes dirigido por Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1985-2019), obra de referencia fundamental en nuestra zona de estudio. De igual manera, se destaca el trabajo sobre la vegetación del noroeste de Michoacán de Labat (1995), donde describe y analiza las principales agrupaciones vegetales reconocidas.

Un caso particular en los trabajos botánicos y ecológicos realizados en la zona de estudio ha estado vinculado a la formación del volcán Parícutín, vecino del Tancítaro. Su erupción, iniciada en 1943, atrajo la atención de investigadores que estudiaron la evolución florística del malpaís recién formado y los procesos de sucesión

primaria desencadenados; entre ellos se señalan los de Eggler (1948, 1959, 1963), Beaman (1960), Rejmánek et al. (1982) y Giménez de Azcárate et al. (1997). Sus resultados permitieron secuenciar el incremento de la diversidad florística y la organización y distribución de las comunidades primocolonizadores en los diferentes hábitats. Otros trabajos más recientes desarrollados en el entorno del volcán hacen énfasis sobre la estructura, composición y manejo de sus agrupaciones vegetales, considerando un enfoque dual paisajístico y forestal (Velázquez et al., 2000; Fregoso et al., 2003).

El presente trabajo complementa los estudios geobotánicos efectuados en estos ambientes de alta montaña del estado de Michoacán (Leavenworth, 1946; Labat, 1995; Velázquez et al., 2000; Giménez de Azcárate et al., 2003; Giménez de Azcárate y Ramírez, 2004; Medina, 2010). Para ello, sus objetivos se centran, por un lado, en la definición y caracterización de la diversidad florística y fitocenótica a través del análisis e interpretación de los bosques muestreados y, en segundo lugar, se aborda la organización de las comunidades reconocidas a lo largo del gradiente altitudinal, tomando como referencia el modelo de pisos bioclimáticos. Como objetivo complementario se plantea completar el puzzle de la caracterización fitocenótica de la vegetación de la región y su encaje en el esquema jerárquico, dinámico y catenal (Velázquez et al., 2016).

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El área de referencia se localiza al noroeste del estado de Michoacán, entre 19°21' y 19°33'N; 102°8' y 102°23'O (Fig. 1). Incluye las faldas del volcán Tancítaro (3840 m s.n.m.) y las laderas y planicies de los principales volcanes que lo rodean, considerando como cota basal los 2700 m s.n.m; forma parte del Sistema Volcánico Transversal, unidad de más de 1000 km de longitud que se extiende desde el Golfo de México hasta la costa del Pacífico (Ferrusquía, 1998), dominado por un vulcanismo Plioceno-Cuaternario responsable de la abundancia de derrames y productos piroclásticos de composición andesítica (Demant, 1978). Otros volcanes de menor altitud dentro del área son Laguna, Prieto, Pario, San Nicolás y Cutzato,

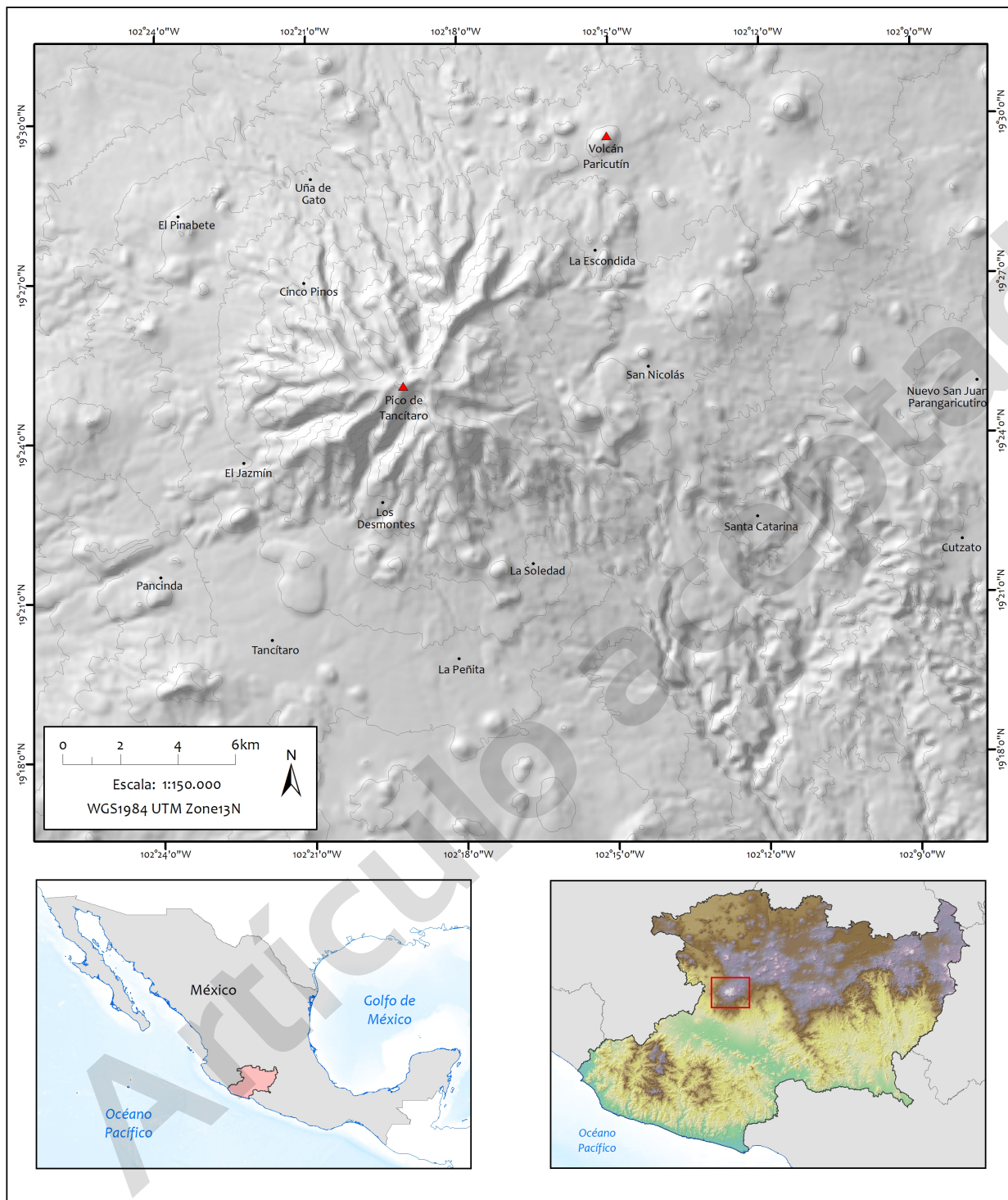
también de génesis Plio-Cuaternaria, y cuyas cimas oscilan entre 2800 y 3200 m.

Fisiográficamente el Tancítaro es un estrato-volcán poligenético, originado en el Cuaternario hace unos 500,000 años, asociado a una intensa actividad volcánica (Garduño et al., 1999). Forma parte de la subprovincia morfotectónica Volcánica Tarasca, caracterizada por la presencia de más de mil conos monogenéticos que configuran la Meseta Purépecha, próximo a la zona de transición con la subprovincia de la depresión del río Tepalcatepec. Tiene una topografía accidentada con pendientes que oscilan entre 5 y 80%, presentándose con frecuencia escarpes rocosos en las zonas cacuminales (Bocco et al., 2001). Los basaltos y andesitas, de origen reciente, son las rocas dominantes (Demant, 1978). Las unidades geomorfológicas están representadas por estructuras volcánicas -conos y domos-, derrames lávicos y planicies (Fuentes y Bocco, 2003). Hidrológicamente la zona forma parte de la cuenca del río Balsas a través de las subcuencas de los ríos Tepalcatepec y Cupatitzio (Mendoza et al., 2010). Los suelos dominantes son andosoles úmbricos de textura franco-limosa, escasa pedregosidad, buen drenaje, un pH relativamente ácido, bajo grado de saturación por bases y un contenido de materia orgánica elevado, aunque el proceso de humificación es escaso; en menor medida se presentan también regosoles dísticos con propiedades semejantes, aunque más rocosos (Arriaga et al., 2000; Siebe et al., 2003).

El área estudiada pertenece a los municipios Tancítaro, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Peribán, y se integra en el Área de Protección de Flora y Fauna "Pico de Tancítaro" con una superficie de 23,405 ha; esta figura procede de la recategorización del Parque Nacional homónimo vigente hasta entonces (CONANP, 2008). Asimismo, su relevancia biogeográfica, con presencia de especies endémicas y de interés para la conservación, junto con la de destacados ecosistemas y recursos hídricos, han favorecido su declaración, por parte de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad -CONABIO-, como Región Terrestre Prioritaria (CONABIO, 1999; Arriaga et al., 2000; CONANP, 2008).

La situación latitudinal y altitudinal del territorio, unido al relieve, son responsables de su caracteriza-





**Figura 1:** Localización del área de estudio, Pico de Tancitaro, Michoacán, México.

ción climática general, definida por el contraste entre la época lluviosa, de mayo a octubre, y la seca, y por unas temperaturas frescas bastante mantenidas a lo largo del año. Los valores de precipitación media anual oscilan entre 1300 y 1500 mm, siendo los lugares más húmedos las barrancas elevadas de la vertiente sur. En cuanto a

las temperaturas medias, éstas oscilan entre 5 °C en las cumbres y 11 °C en la cota de piedemonte aquí considerada. La amplitud térmica anual entre el mes más cálido (mayo) y el más frío (enero) es de unos 5 °C (Medina, 2010). Siguiendo la clasificación de García (2004), las zonas más bajas, entre 2700 y 3000 m s.n.m., presen-



tan un clima Cm (templado húmedo con lluvias de verano). Por encima de 3000 m s.n.m. se presenta el clima Cb'(m) (semifrío húmedo con verano fresco y largo). Puntualmente en estas zonas altas aparece la variante subhúmeda de dicho clima semifrío (Cb'(W2)) (García, 2004). Considerando la clasificación bioclimática global de Rivas-Martínez et al. (2011), la zona se encuadra en el bioclima Tropical Pluviestacional; donde se representan los pisos Supra y Orotropical de ombrotipo Húmedo e Hiperhúmedo. En situaciones excepcionales vinculadas a enclaves especialmente favorecidos pudiera presentarse el bioclima Tropical Pluvial (Medina et al., 2012; Gopar-Merino et al., 2015).

Desde el punto de vista biogeográfico, el área pertenece a la Provincia florística de las Serranías Meridionales, Región Mesoamericana de Montaña, caracterizada por un componente florístico combinado, procedente tanto del Reino Holártico como del Neotropical (Rzedowski, 1978). El tipo de vegetación y de uso del suelo está condicionado por el clima general; de tal forma que por encima de 2700 m s.n.m. predominan los bosques de pino y abeto, objeto de este estudio. Por debajo de esta cota y hasta 2000 m s.n.m., los bosques de pino-encino se alternan con cultivos tanto de temporal (predominantemente maíz) como perennes (huertos de aguacate y durazno), y con pastizales inducidos (Siebe et al., 2003).

### Trabajo de campo

Se procedió en primer lugar a un reconocimiento visual del paisaje forestal, objeto de estudio, mediante la realización de recorridos exploratorios con el fin de identificar los principales componentes vegetacionales y sus pautas de distribución general en el paisaje. Tras identificar y acotar la franja de estudio, se realizaron 35 inventarios de vegetación, considerando los postulados de la escuela fitosociológica sigmatista (Werger, 1974; Braun-Blanquet, 1979, Gehú y Rivas-Martínez, 1981), y el criterio de área mínima de superficie ecológicamente homogénea (Westhoff y Van der Maarel, 1978). Esta información se obtuvo durante varios recorridos de campo realizados entre 2010 y 2013. En ellos se registraron las especies presentes, sus coberturas estimadas y las alturas y coberturas de los diferentes estratos, así como datos de los

atributos de la estación muestreada (localización, altitud, orientación y pendiente).

### Análisis estadísticos

Las coberturas porcentuales estimadas fueron transformadas a la escala propuesta por Van der Maarel (1979) para su análisis estadístico y a la de Braun-Blanquet (1979) para la posterior presentación de los resultados. Los inventarios se agruparon considerando la afinidad florística y de cobertura, obtenidas tras proceder a su análisis clasificatorio con el programa PC-Ord-TWINSPAN v. 5 (Hill, 1979). Las agrupaciones se compararon con las unidades sintaxonómicas descritas para este tipo de bosques con el fin de establecer diferencias y similitudes de cara a la propuesta de clasificación. Así mismo, en un análisis posterior, derivado de la comparación florística entre los inventarios de cada agrupación (asociación), se pudieron discernir las unidades de rango inferior (subasociaciones y variantes).

### Aspectos florísticos y nomenclaturales

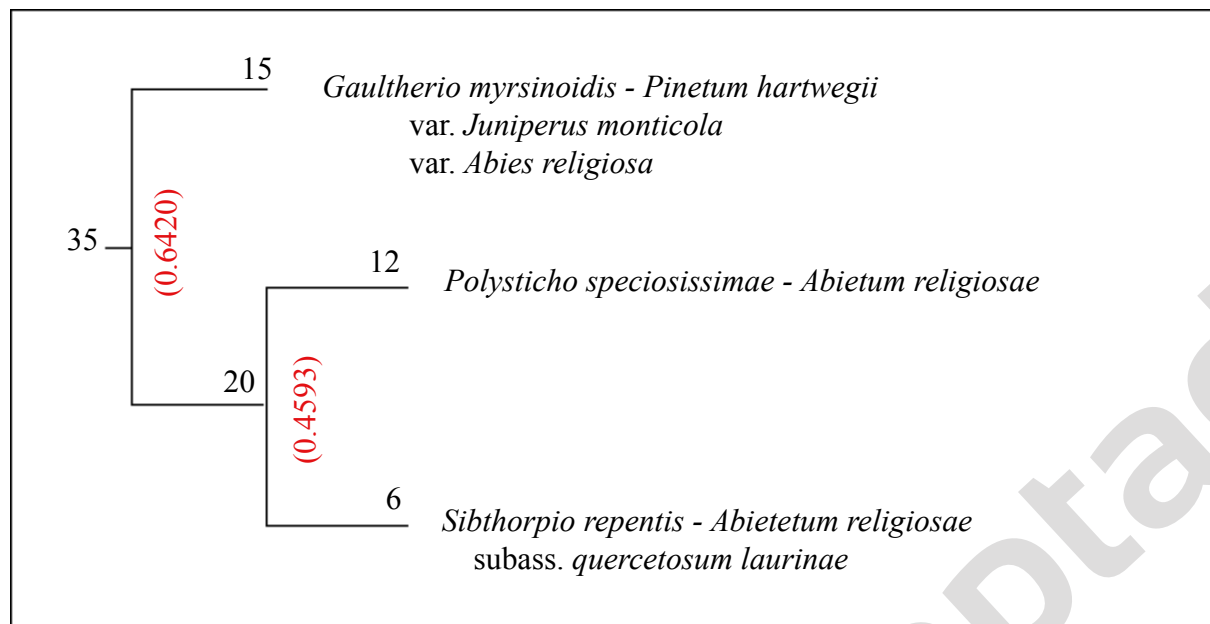
Las determinaciones florísticas siguen las obras "Flora del Bajío y de regiones adyacentes" (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1985-2019) y "Flora Fanerogámica del Valle de México" (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2001). Además, se consultaron las monografías de los pinos de México y América Central (Perry, 1991; Farjón et al., 1997), y la de los encinos del estado de Michoacán (Bello y Labat, 1987). Para la identificación de los Pteridófitos se siguió la obra de Mickel y Beitel (1988).

La flora colectada se ha incorporado en su mayoría al herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C. (IEB).

Los aspectos nomenclaturales de las especies se abordaron consultando la base de datos del Jardín Botánico de Missouri (TROPICOS, 2018) y los relacionados con los sintaxones se basaron en las recomendaciones del Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica (CINP) (Weber et al., 2000).

### Resultados

En el análisis clasificatorio se obtuvieron tres grupos de inventarios, separados tras efectuar dos cortes a diferen-



**Figura 2:** Dendrograma de las asociaciones reconocidas en la zona estudiada. Se indica el número de inventarios y, en rojo entre paréntesis, las diferencias entre las afinidades estadísticas de los grupos.

te nivel en el proceso de análisis. La afinidad florística y ecológica de estos grupos sirvió de referencia para el análisis y caracterización de las asociaciones con las que se vincularon, las cuales estadísticamente se diferencian por las medidas de disimilitud resultantes del análisis (Fig. 2). Dentro de las asociaciones se consideraron unidades subordinadas de menor rango (subasociaciones y variantes) relacionadas con paquetes de especies diferenciales e indicadores de atributos particulares.

De las tres asociaciones registradas, una se asemeja con la descrita de las montañas del oriente de Michoacán, la *Sibthorpio repentis* - *Abietum religiosae* (Giménez de Azcárate y Ramírez, 2004), mientras que las otras dos (*Gaultherio myrsinoidis*-*Pinetum hartwegii* y *Polysticho speciosissimae*-*Abietum religiosae*) se proponen como nuevas. En las dos primeras se reconocen situaciones con identidad florística particular, lo que permitió diferenciar una subasociación y dos variantes, respectivamente.

A continuación, se comentan y analizan aspectos relacionados con la estructura, composición, distribución, comportamiento bioclimático y variabilidad de las comunidades referidas. La información fitosociológica se complementa con sus respectivas tablas de vegetación.

### *Gaultherio myrsinoidis*-*Pinetum hartwegii* ass. nova (Cuadros 1a y 1b)

Mesobosque monoespecífico de *Pinus hartwegii* Lindl. con un estrato arbóreo discontinuo de entre 12 y 18 m de altura. Debajo de éste se desarrolla un sotobosque bastante luminoso que alberga un promedio de 17 especies. Su estrato arbustivo presenta una cobertura escasa y está poco diversificado, destaca *Roldana angulifolia* (DC.) H. Rob. & Brettell, *Gaultheria myrsinoides* Kunth y *Lupinus* spp.; lo anterior debido probablemente al uso y manejo al que ha estado sometido. El estrato herbáceo es el más diverso y denso, con predominio de gramíneas amacolladas (*Deyeuxia toluensis* Kunth, *Festuca toluensis* Kunth) y otras herbáceas conspicuas como *Packera toluccana* (DC.) W.A. Weber & Á. Löve, *Chaerophyllum toluacanum* (I.M. Johnst.) K.F. Chung, *Lachemilla procumbens* (Rose) Rydb., *L. vulcanica* (Schltdl. & Cham.) Rydb., *Cerastium vulcanicum* Schltdl. y *C. molle* Vill.

Como especies características de asociación se han seleccionado *Pinus hartwegii*, *Chaerophyllum toluacanum*, *Gaultheria myrsinoides* y *Lupinus montanus* Kunth. El follaje acicular del dosel y su discontinuidad favorecen la insolación del sotobosque y la proliferación en él de elementos heliófilos como las gramíneas citadas, propias de

**Cuadro 1a:** Tabla de vegetación de la asociación *Gaultherio myrsinoidis-Pinetum hartwegii* en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México.

|   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Altitud (dm)  | 358 | 338 | 382 | 341 | 376 | 374 | 345 | 351 | 351 | 372 | 360 | 348 | 342 | 324 | 323 |
| Exposición  | NE  | NW  | NE  | E   | N   | SE  | NE  | SE  | E   | S   | E   | SE  | E   | W   | W   |
| Inclinación (°)   | 20  | 35  | 30  | 15  | 20  | 20  | 35  | 20  | 30  | 30  | 35  | 35  | 35  | 20  | 30  |
| Área (× 10 m <sup>2</sup> )                                     | 30  | 60  | 40  | 30  | 35  | 30  | 30  | 30  | 70  | 35  | 50  | 40  | 40  | 30  | 70  |
| Cobertura arbórea (%)   | 90  | 70  | 70  | 80  | 70  | 60  | 80  | 70  | 70  | 15  | 20  | 20  | 70  | 50  | 80  |
| Cobertura arbustiva (%)   | 10  | 10  | 0   | 10  | 5   | 60  | 5   | 0   | 30  | 70  | 70  | 30  | 15  | 30  | 40  |
| Cobertura herbácea (%)  | 60  | 90  | 85  | 60  | 80  | 40  | 20  | 80  | 60  | 70  | 40  | 30  | 20  | 100 | 80  |
| Altura (m)  | 17  | 15  | 12  | 14  | 15  | 15  | 12  | 23  | 15  | 15  | 5   | 15  | 25  | 15  | 25  |
| Número de especies  | 11  | 16  | 15  | 17  | 15  | 17  | 10  | 17  | 16  | 15  | 17  | 19  | 17  | 13  | 17  |
| Número de orden   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
| Características de asociación:                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Pinus hartwegii</i> Lindl.                                   | 5   | 4   | 4   | 5   | 4   | 3   | 5   | 4   | 5   | 2   | 2   | 2   | 4   | 1   | 1   |
| <i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth                             | 1   | +   | 1   | +   | 1   |     |     | +   |     | +   | 1   | 1   | +   | +   | 1   |
| <i>Chaerophyllum tolucanum</i> (I.M. Johnst.) K.F. Chung        | +   | +   | +   | +   | +   | +   | 1   |     | +   |     | +   | +   |     |     |     |
| <i>Lupinus montanus</i> Kunth                                   | 1   |     | 1   | +   |     | 4   | 1   |     | 3   |     |     | 1   | +   |     | 2   |
| <b>Variante de <i>Juniperus monticola</i>:</b>                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Juniperus monticola</i> Martinez                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 4   | 4   | 2   |     |     |
| <i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene                      |     | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   | +   | 1   | 1   |     |     |
| <b>Variante de <i>Abies religiosa</i>:</b>                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. & Cham                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 2   |
| <i>Eryngium monocephalum</i> Cav.                               |     |     | +   |     | +   |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 2   |
| Transgresivas y compañeras:                                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Deyeuxia toluensis</i> Kunth                                 | 3   | 3   | 4   | 5   | 4   | 2   | 2   | 4   | 3   |     | 2   | 2   | 2   | 4   | 1   |
| <i>Festuca toluensis</i> Kunth                                  | 2   | 4   | 2   | 2   | 2   | 2   |     | 2   | 2   | 2   | 1   |     | 1   | 3   |     |
| <i>Lachemilla procumbens</i> (Rose) Rydb.                       | 2   | 1   | 2   | 1   | +   | +   | 1   | 2   |     | +   | 1   |     | +   | 1   | 3   |
| <i>Packera toluccana</i> (DC.) W.A. Weber & Á. Löve             | +   | 1   | +   | +   | +   |     | 1   |     | +   | 1   | +   | +   | +   | 1   | 2   |
| <i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell             | 1   | +   |     | 1   | +   | +   | 1   |     | 1   |     | 2   |     |     | +   | 2   |
| <i>Castilleja scorzonifolia</i> Kunth                           |     |     |     |     |     | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |
| <i>Pseudognaphalium liebmannii</i> (Sch. Bip. ex Klatt) Anderb. |     | 1   |     | +   |     | +   |     |     | +   | 1   | 1   | +   |     |     |     |
| <i>Agrostis toluensis</i> Kunth                                 |     |     |     | 1   |     |     |     | 1   |     | +   | 1   | 1   |     | 1   |     |
| <i>Luzula racemosa</i> Desv.                                    |     | +   |     |     | +   | +   |     | +   |     | +   | +   |     |     |     |     |
| <i>Draba jorullensis</i> Kunth                                  | +   |     | +   |     | +   | +   |     |     |     | +   | +   |     |     |     |     |
| <i>Cerastium molle</i> Vill.                                    |     | +   | +   | +   | 1   |     | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Luzula denticulata</i> Liebm.                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3   | 2   | 2   |     | 2   |     |
| <i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.                            |     |     |     |     |     |     | 1   |     | +   |     |     | 1   |     | +   |     |
| <i>Stellaria cuspidata</i> Willd. ex D.F.K. Schltdl.            |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   |     |     |     | +   |
| <i>Pseudognaphalium</i> sp.                                     |     | +   |     |     |     |     |     | +   |     |     |     | +   |     |     | +   |
| <i>Viola grahamii</i> Benth.                                    |     |     |     | +   |     |     |     |     | +   |     |     | +   | +   |     |     |
| <i>Lachemilla vulcanica</i> (Schltdl. & Cham.) Rydb.            |     | +   | +   |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Arenaria bryoides</i> Willd. ex D.F.K. Schltdl.              |     |     | +   |     | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Hieracium pringlei</i> A. Gray                               |     |     |     |     |     |     |     | +   |     |     |     |     | +   |     | +   |



**Cuadro 1a:** Continuación.

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Gamochaeta pensylvanica</i> (Willd.) Cabrera |   | + |   |   | + | + |
| <i>Trisetum spicatum</i> (L.) K. Richt.         | 1 |   |   | 1 |   |   |
| <i>Alnus jorullensis</i> Kunth                  |   |   |   |   | 2 | 2 |
| <i>Dendrophthora</i> sp.                        |   | + |   |   | + |   |
| <i>Vaccinium cespitosum</i> Michx.              |   |   |   | 1 | 1 |   |
| <i>Arenaria oresbia</i> Greenm.                 |   | + | + |   |   |   |
| <i>Conyza</i> sp.                               |   | + | + |   |   |   |
| <i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) Spreng.       |   | 1 |   |   | + |   |
| <i>Lupinus aschenbornii</i> S. Schauer          | 2 |   |   |   | + |   |

Además: *Cerastium nutans* Raf. + en 1; *Cerastium vulcanicum* Schldtl. + en 3; *Calamintha macrostema* (Moc. & Sessé ex Benth.) Benth. + en 5; *Verbesina fastigiata* B.L. Rob. & Greenm. 1 en 6; *Eryngium proteaeflorum* F. Delaroché + en 8; *Castilleja tenuiflora* Benth. + en 8; *Amauropelta pilosohispida* (Hook.) A.R. Sm. + en 8; *Hieracium dysonium* S.F. Blake 1 en 8; *Geranium* sp. + en 9; *Salvia* sp. + en 9; *Ageratina* sp. + en 11; *Arctostaphylos pungens* Kunth 2 en 12; *Festuca breviglumis* Swallen 4 en 12; *Cheilanthes farinosa* (Forssk.) Kaulf. + en 13; *Sibthorpia repens* (L.) Kuntze + en 15; *Lasiacis nigra* Davidse 1 en 15; *Senecio callosus* Sch. Bip. 1 en 15; *Fuchsia microphylla* Kunth 1 en 15; *Muhlenbergia* sp. 2 en 15.

**Cuadro 1b:** Localidades de los inventarios en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México.

1. Ladera al NW de las antenas del Cerro Tancítaro, Tancítaro (19°25'22"N, 102°18'58"W).
2. Circo N del Cerro Tancítaro, Tancítaro (19°25'53"N, 102°18'36"W).
3. Por debajo de la cumbre del Tancítaro, Tancítaro (19°25'6"N, 102°18'45"W).
4. Circo N del Cerro Tancítaro, Tancítaro (19°25'47"N, 102°18'39"W).
5. Ladera convexa próxima al parteaguas, entre la cumbre del Tancítaro y las antenas, Tancítaro (19°25'7"N, 102°18'40"W).
6. Ladera convexa del cerro Tancítaro, Tancítaro (19°25'0"N, 102°18'41"W).
7. Ladera convexa cubierta por cenizas, Tancítaro (19°25'40"N, 102°18'9"W).
8. Cerro Tancítaro, Tancítaro (19°25'20"N, 102°18'08"W).
9. Al W del campamento en cresta, Tancítaro (19°24'37"N, 102°19'10"W).
10. Cresta inestable de andesitas en las proximidades de las antenas, Tancítaro (19°25'0"N, 102°18'47"W).
11. Picacho pedregoso hacia la cumbre del cerro Tancítaro, Tancítaro (19°25'6"N, 102°18'23"W).
12. Cresta cerro Tancítaro, Tancítaro (19°24'4"N, 102°17'49"W).
13. Ladera E convexa perturbada, municipio de Tancítaro (19°24'58"N, 102°17'31"W).
14. Cerro Tancítaro, Tancítaro (19°24'48"N, 102°21'6"W).
15. Ladera cóncava, Tancítaro (19°24'41"N, 102°20'46"W).

los zacatonales naturales o inducidos. Esta situación es común en otras asociaciones vicariantes supraforestales del centro de México (Giménez de Azcárate et al., 2003).

La comunidad ocupa laderas de pendiente variable en la última cintura de vegetación de la zona más elevada del volcán (Fig. 3), se desarrolla sobre andosoles fósiles sepultados por depósitos arenosos recientes, procedentes de la erupción y formación del volcán Parícutín (Luhr y Simkin, 1993).

Bioclimáticamente se distribuye en el horizonte Orotropical inferior con ombrotipo al menos Húmedo.

Puntualmente puede descender al horizonte Supratropical superior, ligado a posiciones favorables a la inversión térmica. Su rango altitudinal oscila entre 3200 m y 3800 m s.n.m., llegando prácticamente a la cumbre del Tancítaro, donde adquiere un aspecto más discontinuo y alterado debido a las condiciones edáficas y climáticas extremas, y donde los elementos del zacatonal supraforestal se hacen más evidentes. Una distribución parecida ocupa la asociación vicariante de las montañas del centro de México, *Vaccinio cespitosi-Pinetum hartwegii* (Escamilla et al., 2001; Giménez de Azcárate et al., 2003), donde estos



**Figura 3:** Pinar de la *Gaultherio myrsinoidis*-*Pinetum hartwegii* en las proximidades de la cumbre del Pico de Tancítaro, Michoacán, México.

pinar alcanzan su límite altitudinal de distribución en torno a 4000 m s.n.m. (Beaman, 1962; Lauer, 1978; Miranda y Hernández-X, 2014), aunque su límite inferior se sitúa unos 200 m por encima del registrado aquí, debido al efecto de “elevación en masa” (Troll, 1973), propio de montañas más elevadas. En otros volcanes notables de la Franja Volcánica como el Nevado de Colima, la Malinche y el Pico de Orizaba, se presentan bosques análogos a los aquí descritos; falta estudiarlos bajo la óptica fitosociológica para conocer su composición y correspondiente adscripción sintaxonómica.

Los factores de perturbación, tanto naturales como antrópicos (fuegos, plagas, pastoreo, talas), favorecen la presencia de flora propia de los pastizales -zacatonales-naturales o inducidos presentes en el entorno de la comunidad. Por ello es frecuente la incorporación de las gramíneas amacolladas antes citadas y de otras herbáceas como *Arenaria bryoides* Willd. ex D.F.K. Schldl., *Draba jorullensis* Kunth y *Luzula racemosa* Desv., *L. denticu-*

*lata* Liebm., entre otras. Además, dichas alteraciones han modificado en parte su composición original, a la par que favorecen la incorporación de plantas subnitrófilas como *Cerastium molle*, *Pseudognaphalium liebmannii* (Sch. Bip. ex Klatt) Anderb., *Stellaria cuspidata* Willd. ex D.F.K. Schldl. o *Castilleja scorzonrifolia* Kunth, en detrimento de las nemorales propias del sotobosque.

En la comunidad se reconocen dos variantes. En la primera *Juniperus monticola* Martínez, junto con *Erigeron galeottii* (A. Gray) Greene, son dominantes en el estrato arbustivo, y se ha definido como variante de *Juniperus monticola* (inventarios 9 a 12, Cuadro 1a). Por las observaciones hechas tanto en los inventarios de respaldo como en otros lugares de las montañas de la Faja Volcánica Transmexicana, la aparición de esta variante obedece a la prevalencia de condiciones óptimas de conservación del sotobosque. Una segunda variante se ha constatado en el ecotono con el bosque de oyamel, a través de la incorporación de individuos de *Abies religiosa* en el es-



trato arbóreo y de *Eryngium monocephalum* Cav. en el herbáceo, lo que permite proponer la variante de *Abies religiosa* (inventarios 12 al 15, Cuadro 1a).

*Polysticho speciosissimae-Abietetum religiosae* ass. nova (Cuadros 2a y 2b)

Macrobosque denso dominado por el oyamel *Abies religiosa* y en menor medida por el sauce *Salix paradoxa*, como elemento ocasional del estrato subarbóreo. El estrato arbustivo es discontinuo y poco denso con coberturas que oscilan entre 10 y 20%; sus especies más conspicuas son *Fuchsia microphylla* Kunth, *Roldana angulifolia*, *Lupinus elegans* Kunth y *Salix paradoxa*. El estrato herbáceo también presenta valores bajos de cobertura, salvo casos donde *Festuca amplissima* Rupr. y *Lachemilla procumbens* recubren el suelo. Sin embargo, es el que presenta mayor diversidad, las especies mejor representadas son *Packera toluccana*, *Cirsium ehrenbergii* Sch.

Bip., *Asplenium castaneum* Schltdl. & Cham., *Asplenium monanthes* L., *Polystichum speciosissimum* (A. Braun ex Kunze) Copel., *Lachemilla procumbens*, *Eryngium monocephalum*, *Pseudognaphalium semiamplexicaule* (DC.) Anderb., *Trisetum virletii* E. Fourn., *Cerastium nutans* Raf. y *Senecio callosus* Sch. Bip., entre otras.

Como especies características de la asociación se han seleccionado *Abies religiosa*, *Polystichum speciosissimum*, *Salix paradoxa* y *Asplenium castaneum*.

Bioclimáticamente la franja que ocupa se corresponde con el horizonte Supratropical superior de ombrotipos Húmedo e Hiperhúmedo. En su límite superior de distribución contacta con los pinares orotropicales de la *Gaultherio myrsinoidis-Pinetum hartwegii* descrita anteriormente. En su límite inferior lo hace con el otro bosque de oyamel aquí reconocido (descrito a continuación), y con el cual comparte varias especies, aunque presentan diferencias determinantes en su composición y distribu-



Figura 4: Oyamental de la *Polysticho speciosissimae-Abietetum religiosae* en el cerro Tangarico, Michoacán, México.



**Cuadro 2a:** Tabla de vegetación de la asociación *Polysticho speciosissimae-Abietetum religiosae* en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México.

|  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Altitud (dm)   | 307 | 317 | 318 | 320 | 319 | 300 | 312 | 312 | 322 | 324 | 320 | 322 |
| Exposición   | N   | ESE | NW  | N   | NW  | N   | N   | N   | W   | W   | NW  | N   |
| Inclinación (°)  | 35  | 30  | 30  | 15  | 35  | 35  | 15  | 20  | 5   | 15  | 10  | 20  |
| Área (× 10 m²)   | 40  | 30  | 80  | 30  | 60  | 40  | 25  | 25  | 40  | 30  | 40  | 32  |
| Cobertura arborea (%)  | 85  | 85  | 90  | 90  | 90  | 100 | 85  | 95  | 35  | 85  | 70  | 85  |
| Cobertura arbustiva (%)                                      | 10  | 10  | 10  | 20  | 10  | 10  | 25  | 10  | 20  | 20  | 10  | 10  |
| Cobertura herbácea (%)                                       | 30  | 10  | 5   | 15  | 5   | 3   | 25  | 5   | 95  | 40  | 5   | 5   |
| Altura (m)   | 12  | 20  | 20  | 18  | 18  | 15  | 12  | 15  | 20  | 15  | 18  | 12  |
| Número de especies   | 28  | 26  | 25  | 20  | 19  | 21  | 10  | 8   | 19  | 13  | 10  | 12  |
| Número de orden  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| Características de asociación:                               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schldl. & Cham.               | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 4   | 3   | 2   | 5   | 4   | 4   |
| <i>Polystichum speciosissimum</i> (A. Braun ex Kunze) Copel. | +   | +   | +   | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |
| <i>Asplenium castaneum</i> Schldl. & Cham.                   | +   | +   | +   |     | +   | +   |     |     | +   |     |     |     |
| <i>Salix paradoxa</i> Kunth                                  | 2   |     |     | 1   |     | 2   | 3   | 3   |     |     | 1   |     |
| Transgresivas y compañeras:                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell          | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 3   | +   | 2   | 1   | 2   | 2   |
| <i>Lachemilla procumbens</i> (Rose) Rydb.                    | 2   | 1   | 1   | 2   | 1   | +   | +   |     | 3   | 3   | 1   | +   |
| <i>Asplenium monanthes</i> L.                                | 1   | +   | 1   |     | +   | +   | +   | 1   |     | +   |     | +   |
| <i>Packera toluccana</i> (DC.) W.A. Weber & Á. Löve          | 1   | +   | 1   | 1   | +   | +   | 2   |     | +   | 1   |     |     |
| <i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.                         | +   | +   | 1   | +   | +   |     |     |     |     | 1   |     |     |
| <i>Fuchsia microphylla</i> Kunth                             | 2   | +   | 1   |     | 1   | +   |     | +   |     |     |     |     |
| <i>Eryngium monocephalum</i> Cav.                            | 1   | 1   | +   | +   |     |     |     |     |     | +   |     | +   |
| <i>Lupinus elegans</i> Kunth                                 | +   | +   |     | 1   |     |     | +   |     |     |     |     | +   |
| <i>Ageratina pazcuarensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.    | +   |     |     |     | +   |     | 1   |     | 3   |     | +   |     |
| <i>Geranium seemannii</i> Peyr.                              | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |
| <i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i> (DC.) Anderb.       |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   |
| <i>Trisetum virletii</i> E. Fourn.                           |     |     |     |     | +   | +   |     |     |     |     | +   | +   |
| <i>Cerastium nutans</i> Raf.                                 |     |     | 1   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |
| <i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.                            | 1   |     |     | +   | +   |     |     |     |     |     | +   |     |
| <i>Stevia hirsuta</i> Hook. & Arn.                           |     | +   |     |     |     | +   |     |     |     | +   |     | +   |
| <i>Packera sanguisorbae</i> (DC.) C. Jeffrey                 |     |     | +   |     |     | +   | 2   | +   |     |     |     |     |
| <i>Acaena elongata</i> L.                                    |     | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Cheilanthes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf.                 |     | +   | +   |     | +   |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.                          | +   | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |
| <i>Lasiacis nigra</i> Davidse                                | 2   |     |     |     | +   | +   |     |     |     |     |     |     |
| <i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.                 |     |     |     | +   |     |     |     |     | +   | 1   |     |     |
| <i>Calamintha macrostema</i> (Moc. & Sessé ex Benth.) Benth. | 1   |     |     | 1   |     | +   |     |     |     |     |     |     |
| <i>Galium aschenbornii</i> S. Schauer                        |     | 1   | 1   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Quercus laurina</i> Bonpl.                                |     |     |     |     | 1   | +   |     |     |     |     |     |     |
| <i>Alnus jorullensis</i> Kunth                               |     |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |

**Cuadro 2a:** Continuación.

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| <i>Pinus montezumae</i> Lamb.                         |   |   |   | 2 | 3 |
| <i>Stevia monardifolia</i> Kunth                      |   | + |   |   | + |
| <i>Polypodium madrense</i> J. Sm.                     |   | + | + |   |   |
| <i>Castilleja arvensis</i> Schltdl. & Cham.           |   |   |   | + | + |
| <i>Salvia gesneriiflora</i> Lindl. & Paxton           | 1 |   |   | + |   |
| <i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene            |   | 1 |   |   | + |
| <i>Heuchera mexicana</i> W. Schaffn. ex Small & Rydb. | 1 |   | + |   |   |
| <i>Juniperus monticola</i> Martínez                   |   |   |   | 1 | 1 |
| <i>Hieracium schultzei</i> Fr.                        |   | 1 | 1 |   |   |
| <i>Pinus hartwegii</i> Lindl.                         |   | 2 |   | 2 |   |
| <i>Holodiscus argenteus</i> (L. f.) Maxim.            | 1 |   | + |   |   |
| <i>Festuca amplissima</i> Rupr.                       |   |   |   | 2 | 4 |

Además: *Chaerophyllum toluacanum* (I.M. Johnst.) K.F. Chung + en 1; *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. + en 1; *Stellaria cuspidata* Willd. ex D.F.K. Schltdl. + en 1; *Fuchsia thymifolia* Kunth 1 en 1; *Salvia* sp. 1 en 1; *Roldana barba-johannis* (DC.) H. Rob. & Brettell 1 en 1; *Sibthorpia repens* (L.) Kuntze 1 en 1; *Vaccinium geminiflorum* Kunth 1 en 2; *Symphoricarpos microphyllus* Kunth + en 2; *Oxalis alpina* (Rose) Rose ex R. Knuth + en 2; *Cupressus lusitanica* Mill. 1 en 2; *Elaphoglossum* sp. + en 2; *Muhlenbergia quadridentata* (Kunth) Trin. + en 3; *Luzula racemosa* Desv. + en 3; *Senecio cinerarioides* Kunth. 1 en 3; *Stachys* sp. + en 3; *Ageratina mairetiana* (DC.) R. M. King & H. Rob. 1 en 6; *Ageratina glabrata* (Kunth) R. M. King & H. Rob. 1 en 8; *Abies guatemalensis* var. *jaliscana* Martínez 2 en 9; *Jaltomata procumbens* (Cav.) J.L. Gentry + en 9; *Cirsium toluacanum* (B.L. Rob. & Seaton) Petr. 1 en 9; *Geranium lilacinum* R. Knuth 1 en 9; *Hackelia mexicana* (Schltdl. & Cham.) I.M. Johnst. 1 en 9; *Buddleja parviflora* Kunth 1 en 9; *Didymaea alsinoides* (Schltdl. & Cham.) Standl. 1 en 9; *Romanschulzia arabiformis* (DC.) Rollins + en 9; *Piqueria trinervia* Cav. 2 en 9; *Hieracium dysonymum* S.F. Blake + en 10; *Deyeuxia toluensis* Kunth + en 10; *Pinus pseudostrobus* Brongn. 2 en 11; *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn + en 12.

**Cuadro 2b:** Localidades de los inventarios en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México.

1. Ladera N Pico Tancítaro, Tancítaro (19°26'26"N, 102°18'46"W).
2. Ladera convexa detrás de Caltzontzín, Caltzontzin, Nuevo Parangaricutiro (19°27'6"N, 102°16'10").
3. Ladera cóncava por debajo del arenal de Caltzontzin, Nuevo Parangaricutiro (19°26'50"N, 102°16'22").
4. Ladera cóncava por debajo del arenal de Caltzontzin, Nuevo Parangaricutiro (19°26'49"N, 102°16'25"W).
5. Barranca de Tancítaro, Nuevo Parangaricutiro (19°27'5"N, 102°16'22"W).
6. En ladera próxima a la cresta N del Tangarico, Tancítaro.
7. Ladera convexa, Tancítaro (19°27'27"N, 102°17'7"W).
8. Ladera cóncava, Tancítaro (19°27'29"N, 102°17'13"W).
9. Base cerro La Laguna, Tancítaro (19°26'29"N, 102°19'5"W).
10. Ladera de Tangarico, Calzontzin, Tancítaro (19°26'58"N, 102°17'07"W).
11. Ladera del Tangarico, Tancítaro (19°26'58"N, 102°17'07"W).
12. Cima del Cerro Parío, Nuevo Parangaricutiro (19°26'58"N, 102°17'07"W).

ción altitudinal, lo cual refuerza la separación de ambas asociaciones. Se distribuye en la franja altitudinal comprendida entre 3000 y 3300 m s.n.m. aproximadamente, sobre andosoles úmbricos, con preferencia por exposiciones umbrías y de pendientes moderadas (Fig. 4). En la zona de estudio, esta comunidad está relegada a las faldas del Volcán Tancítaro y a otros que lo circunvalan y que apenas alcanzan las altitudes requeridas para su existencia.

*Sibthorpia repens*-*Abietetum religiosae* G. Azcárate y Ramírez (2004) *quercetosum laurinae* subass. nova (Cuadros 3a y 3b)

Macrobosque dominado por oyamel (*Abies religiosa*), suelen acompañarle en el estrato arbóreo otros árboles como *Quercus laurina* Bonpl., *Pinus pseudostrobus* Brongn. y/o *Alnus jorullensis*. Individuos subadultos de todos ellos pueden aparecer perfilando un estrato subarbóreo. El estrato arbustivo es por lo general discontinuo

**Cuadro 3a:** Tabla de vegetación de la asociación *Sibthorpio repentis-Abietetum religiosae* subass. *quercetosum laurinae* en el macizo del Tancitaro, Michoacán, México.

|   |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Altitud (dm)  | 278 | 283 | 281 | 273 | 262 | 294 |
| Exposición  | E   | SW  | SW  | W   | NW  | W   |
| Inclinación (%)   | 40  | 45  | 45  | 40  | 30  | 30  |
| Área (× 10 m²)  | 20  | 20  | 20  | 40  | 40  | 40  |
| Cobertura arbórea (%)                                     | 100 | 100 | 100 | 90  | 90  | 70  |
| Cobertura arbustiva (%)                                   | 25  | 20  | 30  | 10  | 25  | 80  |
| Cobertura herbácea (%)                                    | 90  | 40  | 50  | 30  | 90  | 80  |
| Altura (m)  | 25  | 20  | 20  | 25  | 25  | 30  |
| Número de especies  | 39  | 32  | 38  | 47  | 47  | 32  |
| Número de orden   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| Características de asociación:                            |     |     |     |     |     |     |
| <i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. & Cham.           | 5   | 5   | 5   | 4   | 3   | 4   |
| <i>Packera toluccana</i> (DC.) W.A. Weber & Á. Löve       | 2   | +   | 1   |     |     | +   |
| <i>Sibthorpio repens</i> (L.) Kuntze                      | 1   |     | +   |     | 1   |     |
| Diferenciales de quercetosum laurinae:                    |     |     |     |     |     |     |
| <i>Quercus laurina</i> Bonpl.                             | 2   | 2   | 1   | 1   | 2   | 2   |
| <i>Geranium seemannii</i> Peyr.                           | 2   | 1   | 2   | 1   | 1   |     |
| <i>Galium mexicanum</i> Kunth                             | 1   | 1   | 1   |     |     | 1   |
| <i>Berberis moranensis</i> Schult. & Schult.f.            | 2   | +   | 1   | 1   |     |     |
| <i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn.                        | 1   | 1   |     | 2   | 2   |     |
| <i>Alnus jorullensis</i> Kunth                            |     | 2   | +   |     | 1   |     |
| Transgresivas y compañeras:                               |     |     |     |     |     |     |
| <i>Lachemilla procumbens</i> (Rose) Rydb.                 | 2   | 1   | 1   | 1   | 2   | +   |
| <i>Fuchsia microphylla</i> Kunth                          | 2   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   |
| <i>Hieracium schultzei</i> Fr.                            |     | +   | 1   | +   | +   |     |
| <i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell       |     | 1   | 1   | 1   | 1   |     |
| <i>Polypodium madrense</i> J. Sm.                         | 1   |     | 1   | +   | +   |     |
| <i>Pseudognaphalium semiamplexicaule</i> (DC.) Anderb.    | 1   | 1   | +   | +   |     |     |
| <i>Eryngium longifolium</i> Cav.                          | 1   | 1   | 1   | +   |     |     |
| <i>Asplenium monanthes</i> L.                             |     | +   | +   |     | +   | 1   |
| <i>Cheilanthes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf.              | 1   |     |     | +   | +   |     |
| <i>Elaphoglossum erinaceum</i> (Fée) T. Moore             | 1   |     | +   | +   |     |     |
| <i>Asplenium praemorsum</i> Sw.                           | 1   | +   |     |     | +   |     |
| <i>Stellaria cuspidata</i> Willd. ex D.F.K. Schltdl.      | 1   | +   |     |     | 1   |     |
| <i>Lopezia racemosa</i> Cav.                              | 1   | 1   |     | 1   |     |     |
| <i>Aegopogon cenchroides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.     |     |     | 1   | 1   | +   |     |
| <i>Salvia elegans</i> Vahl                                | 2   |     | 1   |     |     | +   |
| <i>Festuca amplissima</i> Rupr.                           | 2   | 1   | 2   |     |     | 1   |
| <i>Bromus catharticus</i> Vahl.                           | 2   | 1   | 2   |     |     |     |
| <i>Adiantum andicola</i> Liebm.                           | 1   | 1   | 2   |     |     |     |
| <i>Stevia nelsonii</i> B.L. Rob.                          | 2   | 1   |     |     |     | +   |
| <i>Didymaea alsinoides</i> (Schltdl. & Cham.) Standl.     |     | 2   | 1   | 1   |     |     |
| <i>Ageratina pazcuarensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob. |     | 2   | 2   |     |     | 2   |



Cuadro 3a: Continuación.

|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| <i>Viola grahamii</i> Benth.                                   |   |   | + | + |
| <i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.                      |   | + | + |   |
| <i>Oxalis alpina</i> (Rose) Rose ex R. Knuth                   |   |   | + |   |
| <i>Lupinus elegans</i> Kunth                                   |   |   | + | + |
| <i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.                   |   |   | + |   |
| <i>Acourtia michoacana</i> (B.L. Rob.) Reveal & R.M. King      |   |   | 1 | + |
| <i>Ageratina glabrata</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.         |   |   | 1 | 3 |
| <i>Hieracium abscissum</i> Less.                               | 1 |   |   | + |
| <i>Didymaea alsinoides</i> (Schltdl. & Cham.) Standl.          | 2 |   | 2 |   |
| <i>Arracacia atropurpurea</i> (Lehm.) Hemsl.                   |   |   | + | + |
| <i>Holodiscus argenteus</i> (L. f.) Maxim.                     |   |   | 1 | + |
| <i>Smilax mollis</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.                  | 1 |   |   | + |
| <i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.                           |   | 1 | + |   |
| <i>Ageratina choriccephala</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob. |   | 1 | 1 |   |
| <i>Piptochaetium virescens</i> (Kunth) Parodi                  |   | 1 | 1 |   |
| <i>Smilax moranensis</i> M. Martens & Galeotti                 |   |   |   | 1 |
| <i>Adiantum andicola</i> Liebm.                                |   |   |   | + |
| <i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.                          |   |   |   | 1 |
| <i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth                       | 1 |   | 1 | + |
| <i>Lasiacis nigra</i> Davidse                                  | 2 |   | 2 |   |
| <i>Stevia</i> sp.  | 2 |   | 1 |   |
| <i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth                           | 2 | + |   |   |
| <i>Vaccinium geminiflorum</i> Kunth                            |   | + |   | + |
| <i>Galium aschenbornii</i> S. Schauer                          |   |   | 1 | + |
| <i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth                            |   |   | + | + |
| <i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.                          |   |   | + | + |
| <i>Heuchera orizabensis</i> Hemsl.                             | 1 |   | + |   |
| <i>Trisetum virletii</i> E. Fourn.                             |   |   | 2 | 1 |

Además: *Roldana barba-johannis* (DC.) H. Rob. & Brettell 2 en 1; *Ageratina areolaris* (DC.) Gage ex B.L. Turner 2 en 1; *Psidium sartorianum* (O. Berg) Nied. 1 en 1; Scrophulariaceae 1 en 1; *Verbena carolina* L. 1 en 1; *Valeriana urticifolia* Kunth 1 en 1; *Daucus montanus* Humb. & Bonpl. ex Spreng. 1 en 1; *Senecio callosus* Sch. Bip. 1 en 1; *Muhlenbergia macroura* (Kunth) Hitchc. + en 2; *Zeugites americanus* Willd. + en 2; *Vaccinium confertum* Kunth 1 en 3; *Cerastium nutans* Raf. + en 4; *Salvia mexicana* L. 1 en 4; *Psacalium peltatum* (Kunth) Cass. + en 4; *Bidens* sp. + en 4; *Lamouroxia multifida* Kunth + en 4; *Lupinus aschenbornii* S. Schauer + en 4; *Cirsium ehrenbergii* Sch. Bip. + en 4; *Trifolium amabile* Kunth + en 4; *Cheilanthes* sp. + en 4; *Sedum neovolcanicum* Pérez-Calix et I. García + en 4; *Roldana lineolata* (DC.) H. Rob. & Brettell + en 4; *Quercus magnoliifolia* Née + en 4; *Arbutus xalapensis* Kunth + en 4; *Adiantum poiretii* Wikstr. + en 4; *Cheilanthes myriophylla* Desv. 1 en 4; *Galium praetermissum* Greenm. 1 en 4; *Cestrum anagyris* Dunal 1 en 4; *Stevia nelsonii* B.L. Rob. 1 en 4; *Pinus* sp. 2 en 4; *Adiantum braunii* Mett. ex Kuhn + en 5; *Cestrum thyrsoides* Kunth + en 5; *Epilobium ciliatum* Raf. + en 5; *Habenaria limosa* (Lindl.) Hemsl. + en 5; *Cheilanthes lerstenii* Mickel & Beitel + en 5; *Valeriana sorbifolia* Kunth + en 5; *Pseudognaphalium chartaceum* (Greenm.) Anderb. + en 5; *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. + en 5; *Heuchera mexicana* W. Schaffn. ex Small & Rydb. 1 en 5; *Peperomia hispidula* (Sw.) A. Dietr. 1 en 5; *Pinus teocote* Schltdl. & Cham. 1 en 5; *Stevia monardifolia* Kunth + en 5; *Baccharis conferta* Kunth + en 5; *Bromus* sp. + en 5; *Pinus devoniana* Lindl. + en 5; *Acaena elongata* L. + en 5; *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. 1 en 5; *Ageratina pazcuarensis* (Kunth) R.M. King & H. Rob. + en 5; *Ageratina petiolaris* (Moc. ex DC.) R.M. King & H. Rob. 1 en 5; *Elaphoglossum ipshookense* Mickel 1 en 5; *Stevia* sp. + en 6; *Andropogon* sp. + en 6; *Gnaphalium* sp. + en 6; *Lachemilla siboldiifolia* (Kunth) Rydb. + en 6; *Pinus douglasiana* Martínez 1 en 6; *Pinus montezumae* Lamb. 1 en 6; *Lamouroxia xalapensis* Kunth 1 en 6; *Salix paradoxa* Kunth 1 en 6; *Penstemon roseus* (Cerv. ex Sweet) G. Don 1 en 6; *Roldana platanifolia* (Benth.) H. Rob. & Brettell 2 en 6; *Calamintha macrostema* (Moc. & Sessé ex Benth.) Benth. 4 en 6.

**Cuadro 3b:** Localidades de los inventarios en el macizo del Tancítaro, Michoacán, México.

- 
1. Barranca la Culebra, Tancítaro (19°24'21"N, 102°16'00"W).
  2. Barranca próxima al Durazno, Nuevo Parangaricutiro (19°24'59"N, 102°15'58"W).
  3. Barranca próxima al Durazno, Nuevo Parangaricutiro (19°24'59"N, 102°15'58"W).
  4. Ladera convexa a barranca, Nuevo Parangaricutiro.
  5. Al E de La Escondida, Nuevo Parangaricutiro (19°26'51"N, 102°14'11"W).
  6. Al W del Cerro Prieto, Nuevo Parangaricutiro (19°26'25"N; 102°13'20"W).
- 

y de cobertura variable, con una altura entre 1 y 3 m. Sus especies más conspicuas son *Lachemilla procumbens*, *Fuchsia microphylla*, *Roldana angulifolia* y *Berberis moranensis* Schult. & Schult. f. El estrato herbáceo presenta generalmente un recubrimiento elevado y en él son frecuentes plantas tiernas como *Packera toluccana*, *Sibthorpia repens* (L.) Kuntze, *Geranium seemannii* Peyr., *Galium mexicanum* Kunth, *Lachemilla procumbens*, *Hieracium* sp., *Stellaria cuspidata*, *Lopezia racemosa* Cav., etc. Otros grupos menos representados son los helechos (*Elaphoglossum erinaceum* (Fée) T. Moore, *Asplenium monanthes*, *Polypodium* sp., *Cheilanthes* sp.), gramíneas (*Aegopogon cenchroides* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Brumus catharticus* Vahl) y compuestas (*Hieracium* L., *Pseudognaphalium* Kirp., *Stevia* Cav., *Eupatorium* L., *Gamochaeta* Wedd., etc.). Destaca la notable diversidad que alberga la comunidad, con promedio próximo a 40 especies por inventario, favorecida por la mayor trofia edáfica y las condiciones climáticas menos restrictivas que en las comunidades anteriores.

Su localización se restringe a cañadas y umbrías de las laderas del Volcán Tancítaro y de otros circundantes de menor altitud del parque homónimo, donde ocupan superficies fuertemente inclinadas sobre suelos poco desarrollados y ricos en materia orgánica, entre las cotas de 2600 y 3000 m s.n.m. Esta banda altitudinal se corresponde con la del horizonte Supratropical inferior de ombrotipo al menos húmedo. En los volcanes más bajos su presencia es menos relevante y está ligada a posiciones restringidas de áreas umbrías próximas a las cimas.

Al comparar los inventarios originales (Giménez de Azcárate y Ramírez, 2004) con los aquí presentados, comprobamos que éstos constituyen unas muestras empobrecidas de la asociación, con ausencia o baja presen-

cia de algunas de sus especies características (*Packera sanguisorbae* (DC.) C. Jeffrey, *Galium uncinulatum* DC., *Arracacia rigida* J.M. Coult. & Rose), lo cual no impide vincularlos con la asociación original, dado que además mantienen una posición catenal y ecológica análoga. Sin embargo, la cercanía de los bosques mixtos de pino-encino favorece la incorporación de especies de esta formación, lo que da pie a proponer la subasociación *Sibthorpio repentis-Abietetum religiosae quercetosum laurinae* vinculada a la presencia de las diferenciales *Quercus laurina*, *Geranium seemannii*, *Galium mexicanum*, *Pinus pseudostrobus* y *Alnus jorullensis*, situación que refleja la transición hacia las formaciones antes mencionadas.

Al igual que otras comunidades con alto potencial maderero, la presión de la tala ilegal ha incidido negativamente en su distribución y estado de conservación, en especial en las zonas carentes de planes de manejo forestal. Afortunadamente, la implementación de estos planes ha ralentizado esta tendencia, favoreciendo la concientización y la participación comunitaria en el manejo de sus recursos forestales (Fregoso et al., 2003).

## Discusión y conclusiones

La información aportada revela la importancia que tiene el enfoque florístico-fitosociológico en el estudio de la vegetación, de cara a discernir comunidades vegetales dentro de una misma formación vegetal. Los bosques de coníferas de las montañas del centro de México encierran una importante diversidad fitocenótica que pone de manifiesto la relevancia de las interacciones ecológicas, biogeográficas y antrópicas. Su expresión resultante se manifiesta a través de la composición y caracterización de las comunidades vegetales; en nuestro caso, con rango de asociación, sentando las bases para una propuesta de

clasificación jerárquica y sistematizada de la vegetación. Este enfoque complementa el tradicionalmente empleado en México, basado en la aproximación fisionómica-ecológica, y utilizado en las principales propuestas clasificatorias. En ellas se consideran los conceptos generales del bosque de coníferas (Rzedowski, 1978), pinares y bosque de abetos (Miranda y Hernández-X, 2014), bosque templado alto de linearifolios (González-Medrano, 2003) y bosque templado húmedo perenne aciculifolio de *Pinus* y lineari-latifoliado de *Abies*, *Quercus* y *Alchemilla* L. (Velázquez et al., 2016), entre otros. Dadas la diversidad y extensión que en el país ocupan estas formaciones, resulta conveniente distinguir las diferentes realidades que desde el punto de vista florístico, ecológico y biogeográfico encierran cada una de ellas.

Los inventarios reunidos en las respectivas tablas de vegetación permiten conocer la composición de las asociaciones, de manera que los recambios florísticos detectados responden a variaciones en las condiciones ambientales, en especial las relacionadas con el escalonamiento de los pisos bioclimáticos donde se distribuyen.

La comparación con otras asociaciones análogas de territorios vecinos del centro del Eje Volcánico Transmexicano, Provincia de las Serranías Meridionales (Rzedowski, 1978), permite en algunos casos vincular grupos de inventarios con asociaciones ya descritas, en las que las afinidades florísticas y ecológicas son suficientemente sólidas. Es el caso de la asociación *Sibthorpia repens*-*Abietetum religiosae*, descrita en la Sierra de Angangueo, situada entre el oriente de Michoacán y el occidente del Estado de México (Giménez de Azcárate y Ramírez, 2004). Pese a que los inventarios aquí presentados sólo comparan tres de las especies características de la asociación, *Abies religiosa*, *Sibthorpia repens* y *Packeria toluccana*, son muchas más las que se comparten como transgresivas y compañeras. Un grupo de ellas, con baja o nula presencia en la tabla original, ha sido seleccionado para identificar la subasociación propuesta y resaltar así la situación de transición entre la asociación y los pinares mixtos situados en cotas más bajas, generalmente por debajo de 2600 m s.n.m., coincidiendo con el cambio de piso bioclimático, del Supratropical húmedo al Mesotropical húmedo-subhúmedo.

La segunda asociación de oyametal, la *Polystichospeciosissimae-Abietetum religiosae*, presenta una originalidad florística a nivel de características que permite diferenciarla tanto de la primera, como de la *Cleyerointegrifoliae-Abietetum religiosae*. Esta última asociación se corresponde con la de un oyametal mesofítico y subtermófilo descrito en la Sierra de Angangueo, en cuya composición destaca la incorporación de indicadores del bosque mesófilo de montaña (Giménez de Azcárate y Ramírez, 2004), ausentes en nuestros inventarios.

El estado de conservación de las comunidades está condicionado tanto por el impacto de la erupción del Parícutín como por la acción antrópica. Las cenizas procedentes del Volcán recubrieron en distinta medida sus territorios circundantes, afectando la cubierta vegetal. Factores como la cercanía y la topografía influyeron en el espesor depositado y en el grado de su afectación (Bocco et al., 1998; Vázquez, 2003). Es muy probable que el bajo número de especies registradas en algunos inventarios obedezca a este motivo, aunque en general se puede constatar una óptima regeneración natural de la vegetación.

En cuanto a la incidencia antrópica, ésta se manifiesta a través de fuegos, entresacas y presencia de ganado; a la consiguiente perturbación y apertura de claros favorece la proliferación de flora especialista como las gramíneas amacolladas de carácter heliófilo y determinadas especies de *Lachemilla* (Focke) Rydb., *Roldana* La Llave, *Castilleja* Mutis ex L. f., *Stellaria* L., *Cerastium* L., *Acaena* Mutis ex L., etc.

En ciertas comunidades campesinas, el inventariado de sus recursos forestales, y la posterior elaboración y ejecución de planes de manejo forestal, han propiciado la conservación de representaciones óptimas de vegetación natural y la explotación sostenible de rodales destinados a producción, entre otros logros ambientales, socioeconómicos y técnico-silvícolas (Cortés et al., 2003). Lamentablemente esta situación no ha logrado el efecto mimético deseado en comunidades vecinas, donde las complicaciones sociales han favorecido el desmonte y la degradación de parte de sus bosques. Al igual que en otras áreas análogas, son los emplazamientos más abruptos, como determinadas barrancas, los que se mantienen a salvo de la explotación sin control, siendo en ellos



donde se encuentran las mejores representaciones de los bosques estudiados.

## Contribución de autores

CM y JGA determinaron la flora y delimitaron y caracterizaron las asociaciones. CM y AV realizaron el análisis estadístico y su interpretación. Todos los autores participaron en la toma de datos de campo, en la discusión y en la revisión del manuscrito.

## Financiamiento

Este trabajo pudo llevarse a cabo gracias a los fondos de los proyectos A/016235/08 y A/023310/09 de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), e IN202214 de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM-DGAPA).

## Agradecimientos

El Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM) facilitó la logística de los desplazamientos y los trabajos de gabinete. El personal del Herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C. (IEB) facilitó la consulta de sus ejemplares. Finalmente se dan las gracias a los colegas que durante los trabajos de campo nos acompañaron en las salidas; en especial a Fernando Gopar-Merino, Miguel Ángel Macías, Alejandra Larrazábal y Faustino López.

## Literatura citada

Almeida, L., A. M. Cleef, A. Herrera, A. Velázquez e I. Luna. 1994. El zacatonal alpino de la vertiente NW del volcán Popocatepetl, México y su posición en las montañas tropicales de América. *Phytocoenologia* 22(3): 391-346. DOI: <https://doi.org/10.1127/phyto/22/1994/391>

Almeida, L., J. G. Azcárate, A. M. Cleef y A. González-Trápaga. 2004. Las comunidades vegetales del zacatonal alpino de los Volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca, Región Central de México. *Phytocoenologia* 34(1): 91-132. DOI: <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2004/0034-0091>

Arriaga, L., C. Aguilar, J. M. Espinoza, L. Gómez, E. Loa y E. Martínez. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso

de la Biodiversidad. México, D.F., México. 609 pp.

Beaman, J. H. 1960. Vascular plants on the cinder cone of Parícutín volcano in 1958. *Rhodora* 62: 175-186.

Beaman, J. H. 1962. The timberline of Iztaccíhuatl and Popocatepetl, Mexico. *Ecology* 43(3): 377-385. DOI: <https://doi.org/10.2307/1933367>

Bello, M. A. y J. N. Labat. 1987. Los Encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. Centre d'Etudes Mexicaines et Centraméricaines. México, D.F., México. 93 pp. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000006321> (consultado julio de 2018).

Bocco, G., A. Torres, A. Velázquez y C. Siebe. 1998. Managing natural resources in developing countries. *Conservation Voices* 16: 71-84.

Bocco, G., M. Mendoza y A. Velázquez. 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphologic mapping - A tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39(3-4): 211-219. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00027-7)

Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ediciones Blume. Madrid, España. 820 pp.

CONABIO (ed.). 1999. Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México.

CONANP (ed.). 2008. Estudio previo justificativo para la recategorización del Parque Nacional Pico de Tancitaro como Área de Protección de Flora y Fauna, Michoacán, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). México, D.F., México. 132 pp.

Cornejo-Tenorio, G., A. Casas, B. Farfán, J. L. Villaseñor y G. Ibarra. 2003. Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 73: 43-72. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1678>

Cortés, G., A. Velázquez, A. Torres y G. Bocco. 2003. Contribución al plan de manejo forestal de la comunidad. In: Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco (eds.). *Las enseñanzas de San Juan*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. Pp. 473-488.

Demant, A. 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Revista*

- Mexicana de Ciencias Geológicas 2(2): 172-187.
- Eggler, A. 1948. Plant communities in the vicinity of the volcano El Parícutín, México, after two and a half years of eruption. *Ecology* 29(4): 415-436. DOI: <https://doi.org/10.2307/1932635>
- Eggler, A. 1959. Manner of invasion of volcanic deposits by plants with further evidence from Parícutín and Jorullo. *Ecological Monographs* 23: 267-284. DOI: <https://doi.org/10.2307/1942281>
- Eggler, A. 1963. Plant life of Parícutín volcano, Mexico, eight years after activity ceased. *American Midland Naturalist* 69: 38-68. DOI: <https://doi.org/10.2307/2422843>
- Ern, H. 1976. Descripción de la vegetación montañosa de los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. *Willdenowia* 10: 1-105
- Escamilla, M., L. Almeida y J. Giménez de Azcárate. 2001. Las comunidades tropoalpinas del volcán Popocatepetl, México, y su relación con el medio. In: Cabello, J. (ed.). *Vegetación y cambios climáticos*. Universidad de Almería. Almería, España. Pp. 71-84.
- Farjón, A., J. Pérez de la Rosa y B. T. Styles. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens. Kew, Reino Unido. 151 pp.
- Ferrusquía, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye y A. Lot (eds.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. Pp. 3-108.
- Fregoso, A., A. Velázquez y G. Cortés. 2003. La vegetación, sus componentes y un análisis jerárquico del paisaje. In: Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco (eds.). *Las enseñanzas de San Juan*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. Pp. 201-233.
- Fuentes, J. y G. Bocco 2003. El agua: dinámica y análisis regional. In: Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco (eds.). *Las enseñanzas de San Juan*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. Pp. 95-126.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Serie Libros No. 6. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 90 pp.
- García Ruiz, I., J. Nava, R. Flores, M. Cházaro, A. Machuca y E. del Río. 2002. Flora del Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán. Gobierno del estado de Michoacán y Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional de Michoacán. Juiquilpan de Juárez, Michoacán, México. 135 pp.
- Garduño, V. H., P. Corona, I. Israde, L. Mennella, E. Arreygue, B. Bigioggero y S. Chiesa. 1999. Carta geológica del Estado de Michoacán, Escala 1:250,000. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Morelia, México.
- Gehú, J. M. y S. Rivas-Martínez. 1981. Notions fondamentales de phytosociologie. In: Tüxen, R. (ed.). *Syntaxonomie; Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung Vegetationskunde*. Ed. Cramer. Vaduz, Liechtenstein. Pp. 5-33.
- Giménez de Azcárate, J. y M. Escamilla. 1999. Las comunidades edafoxerófilas (enebrales y zacatonales) en las montañas del centro de México. *Phytocoenologia* 29(4): 449-468.
- Giménez de Azcárate, J. e I. Ramírez. 2004. Análisis fitosociológico de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. y Schlecht.) de la Sierra de Angangueo, Región Central de México. *Fitosociologia* 41(1) suppl. 1: 91-100.
- Giménez de Azcárate, J., M. Escamilla y A. Velázquez. 1997. Fitosociología y sucesión en el Volcán Parícutín (Edo. de Michoacán, México). *Caldasia* 19(3): 487-505. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia>
- Giménez de Azcárate, J., I. Ramírez y M. Pinto. 2003. Las comunidades vegetales de la Sierra de Angangueo (Estados de Michoacán y México, México): clasificación, composición y distribución. *Lazaroa* 24: 87-111.
- González-Medrano, F. 2003. Las Comunidades Vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología (INE) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F., México. 77 pp.
- Gopar-Merino, F., A. Velázquez y J. Giménez de Azcárate. 2015. Bioclimatic mapping as a new method to assess effects of climatic change. *Ecosphere* 6(1): 2-12. DOI: <https://doi.org/10.1890/ES14-00138.1>
- Hill, M. O. 1979. TWINSpan-A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by

- classification of the individuals and attributes. Cornell University. Ithaca, EUA. 90 pp.
- Islebe, G. y A. Velázquez. 1994. Affinity among mountain ranges in Megamexico: A phytogeographical scenario. *Vegetatio* 115(1): 1-9.
- Jardel, P. 1990. Conservación y uso sostenido de recursos forestales en ecosistemas de montaña. In: Rojas, R. (coord.). *En busca del equilibrio perdido: El uso de los recursos naturales en México*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Pp. 209-235.
- Labat, J. N. 1995. Végétation du nord-ouest du Michoacán, Mexique. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes VIII*: 1-401.
- Lauer, W. 1978. Timberline studies in Central Mexico. *Arctic Alpine Research* 10(2): 383-396.
- Leavenworth, W. C. 1946. A Preliminary Study of the Vegetation of the Region Between Cerro Tancítaro and the Río Tepalcatepec, Michoacán, Mexico: The University of Notre Dame. *American Midland Naturalist* 36(1): 137-206.
- Luhr, T. F. y T. Simkin. 1993. *Parícutín: The volcano born in a Mexican cornfield*. Geoscience press, Smithsonian Institution. Phoenix, EUA. 427 pp.
- Madrigal, X. 1982. Claves para la identificación de las coníferas silvestres del estado de Michoacán. *Boletín Divulgativo* 58: 1-100.
- Medina, C. 2010. Introducción al conocimiento de los pisos bioclimáticos, la vegetación y la flora del transecto Pico del Tancítaro-Valle de Apatzingán (Michoacán, México). Tesis de maestría. Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, España. 54 pp.
- Medina, C., F. Guevara, M. A. Martínez, P. Silva, M. A. Chávez e I. García Ruíz. 2000. Estudio florístico en el área de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 52: 5-41. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm52.2000.853>
- Medina, C., F. Gopar, J. G. Azcarate y A. Velázquez. 2012. Análisis bioclimático y estudio de la vegetación del transecto Pico del Tancítaro-Valle de Apatzingán, Michoacán, México. In: Mas, J. F. y G. Cuevas (comps.). *Memorias XIX Reunión Nacional Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, México. Pp. 293-301.
- Mendoza, M., A. Toledo, A. Velázquez, V. Garduño y H. Plascencia. 2010. La regionalización fisiográfica. In: Mendoza, M., A. Velázquez, A. Larrazábal y A. Toledo (comps.). *Atlas fisicogeográfico de la cuenca del Tepalcatepec*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto nacional de Ecología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (Universidad Nacional Autónoma de México) y Colegio de Michoacán. México, D.F., México. Pp. 15-27.
- Mickel, J. T. y M. J. Beitel. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico. *Memoirs of New York Botanical Garden* 46: 568.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. 2014. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Sociedad Botánica de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México, D.F., México. 214 pp.
- Perry, J. P. 1991. *The pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, EUA. 231 pp.
- Rejmánek, M., R. Haagerova y J. Haager. 1982. Progress of plant succession on the Parícutín volcano: 25 years after activity ceased. *American Midland Naturalist* 108: 194-198. DOI: <https://doi.org/10.2307/2425309>
- Rivas-Martínez, S., S. Rivas-Sáenz y A. Penas. 2011. Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany* 1: 1-634. DOI: <https://doi.org/10.5616/gg110001>
- Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Ed. Limusa. México, D.F., México. 432 pp.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1985-2019. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, México.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México. 1406 pp.
- Siebe, C., G. Bocco, J. Sánchez y A. Velázquez. 2003. Suelos: Distribución, características y potencial de uso. In: Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco (eds.). *Las enseñanzas de San Juan*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. Pp. 127-164.

- Troll, C. 1973. The upper timberlines in different climatic zones. Arctic and Alpine Research 5(3): 3-18. DOI: <https://doi.org/10.1080/00040851.1973.12003712>
- TROPICOS. 2018. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (consultado octubre de 2019).
- Van der Maarel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio 39: 97-114
- Vázquez, L. 2003. El escenario paleoambiental de la región. In: Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco (eds.). Las enseñanzas de San Juan. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. Pp. 79-94.
- Velázquez, A. y A. Cleef. 1993. The plant communities of the volcanoes Tláloc and Pelado, México. Phytocoenologia 22(2): 145-191. DOI: <https://doi.org/10.1127/phyto/22/1993/145>
- Velázquez, A., Giménez de Azcárate J., M. Escamilla, G. Bocco y E. van der Maarel. 2000. Vegetation dynamics on Parícutín, a recent Mexican volcano. Acta Phytogeographica Suecica 87: 71-78.
- Velázquez, A., C. Medina, E. Durán, A. Amador y L. F. Gopar. 2016. Standardized Hierarchical Vegetation Classification-Mexican and Global Patterns. Springer Verlag. Berlin, Alemania. 160 pp.
- Weber, H. E., J. Moravec y J. P. Theurillat. 2000. International Code of Phytosociological nomenclature. Journal of Vegetation Science 11(5): 739-768. DOI: <https://doi.org/10.2307/3236580>
- Werger, M. 1974. On concepts and techniques applied in the Zurich-Montpellier method of vegetation survey. Bothalia 11: 309-323. <https://doi.org/10.4102/abc.v11i3.1477>
- Westhoff, V. y E. van der Maarel. 1978. The Braun Blanquet approach. In: Whittaker, R. H. (ed.). Classification of Plant Communities. 2nd ed. W. Junk. The Hague, The Netherlands. Pp. 287-399.