



Casa abierta al tiempo

---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD IZTAPALAPA**

**“Estructura y composición florística de los estratos arbóreo y arbustivo en Villa Alegría, Valle de Tehuacán, Puebla”**

**TESIS**

**Para obtener el grado de  
MAESTRA EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA**

**Biól. Abigail Elizabeth Conde Alonso**

**Co-Directoras: Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde**

**M. en C. Angélica Martínez Bernal**

**Asesora: Dra. María del Rocío Zárate Hernández**

**Ciudad de México**

**Diciembre, 2016.**



**La Maestría en Biología, de la Universidad Autónoma Metropolitana,  
pertenece al Padrón de Posgrados de Excelencia del CONACyT**

**Esta tesis se realizó en el Laboratorio de Biosistemática de Leguminosas,  
del Departamento de Biología, de la Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Iztapalapa, bajo la tutoría de:**

**Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde (Codirectora)**

**M. en C. Angélica Martínez Bernal (Codirectora)**

**Dra. María del Rocío Zárate Hernández (Asesora)**

**El jurado designado por la  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud  
de la Unidad Iztapalapa, aprobó la tesis que presentó  
Bióloga Abigail Elizabeth Conde Alonso**

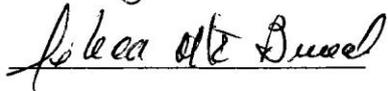
**El día 14 de diciembre del año de 2016**

**Comité Tutorial**

**Codirectora:** Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde



**Codirectora:** M. en C. Angélica Martínez Bernal



*p.a. Letecia Pacheco*  
**Asesora:** Dra. María del Rocío Zárate Hernández



**Sinodal:** Dra. Susana Adriana Montaña Arias



**Sinodal:** Dra. Rosalva García Sánchez



**Sinodal:** Dr. José Arturo de Nova Vázquez



## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada para la realización del proyecto de Tesis de Maestría (CVU: 637023/Becario: 570392)

A la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa, por haberme permitido ingresar y desarrollarme académicamente en tan grandiosa casa de estudios.

Agradezco mucho a mi Comité, por creer en este proyecto y unirse conmigo en esta aventura:

A la Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde, por su orientación académica y por brindarme su amistad. Le agradezco mucho el que me haya aceptado como su alumna y el haberme enseñado a ser una persona disciplinada, con objetivos claros mirando más allá de lo simple.

A la M. en C. Angélica Martínez Bernal, quien desde la licenciatura me permitió adentrarme en el fascinante mundo de la botánica y me enseñó las cosas más fundamentales para llevar a cabo un trabajo de vegetación y, además, por su grandiosa amistad acompañada de bellos consejos y palabras de aliento. Gracias por tanto.

A la Dra. María del Rocío Zárate Hernández, por tener la paciencia de compartirme sus conocimientos. Le agradezco por todo su apoyo y motivación en el desarrollo de este trabajo, el cual, a la larga, nos ha llevado a forjar una bella amistad.

A la Dra. Elia Ramírez Arriaga, por compartir su sitio de estudio (Villa Alegría) conmigo.

A todos mis grandes amigos/colegas quienes me ayudaron enormemente en el trabajo de campo, el cual no fue fácil, pero con su apoyo fue un gran disfrute, un verdadero alimento al alma: Angélica Martínez, Sara Camargo, Alberto Ayala, Adriana Estrada, Susana Montaña, Martha Ramírez, Xóchitl Morales, Montserrath Medina, Bárbara Vargas, Israel Reyes, Isabel Mejía y Luis García.

Al Herbario Metropolitano (UAMIZ) de la Universidad Autónoma Metropolitana.

También agradezco, de manera muy especial, al Instituto de Investigación de Zonas Áridas, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y al Herbario Isidro Palacios. Al Dr. José Arturo de Nova Vázquez, Dr. Pedro Castillo Lara y Dr. Rogelio Aguirre Rivera, quienes amablemente me brindaron su tiempo al orientarme en el desarrollo de este trabajo; aprendí mucho de ustedes y estoy profundamente agradecida. Así mismo, gracias al Tóx. José García Pérez y al M. en C. A. Hugo Alberto Castillo Gómez por toda su ayuda en la determinación taxonómica, por su paciencia y lecciones para tratar de mejorar mis habilidades en la botánica, pero, sobre todo, por su maravillosa amistad y todas esas bellas aventuras.

Doy las gracias al Laboratorio de Biosistemática de Leguminosas que me abrió las puertas para poder trabajar allí éste y otros proyectos. También agradezco a todos mis compañeros que pertenecen a él: Alejandra López, Víctor Velázquez, Beatriz Vásquez y Esteban González. Especialmente, a mis profesoras la M. en C. María Eugenia Fraile y la Dra. Rosaura Grether, quienes son parte importante de mi vida académica.

Finalmente, agradezco a mis amigos por su apoyo a lo largo de este trabajo: Silvia Zumaya, Elizabeth Becerril, Roberto Tenorio, Santiago Ramírez, Sara Rosales y Omar Beltrán.

Al Secretario General del Municipio de Santiago Miahuatlán, Lic. José Luis González, por su autorización para el muestreo en campo, y al Ing. Gerardo González, quien nos permitió el acceso a la Cantera Villa Alegría.

A la Dra. Susana Adriana Montaña Arias del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, a la Dra. Rosalva García Sánchez de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México, y al Dr. José Arturo de Nova Vázquez, del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por mejorar y enriquecer con sus observaciones esta tesis, al fungir como revisores y miembros del jurado.

*“Tienes razón, todo laberinto tiene una salida, pero la vida no es un laberinto y si tuviera que encontrar comparación, diría que se parece más a un enorme matorral...”*

*Cristóbal Briceño –Información sentimental, 2013.*

***Esta tesis la dedico con gran amor a toda mi familia,***

***A mi maravillosa madre:***

***Ana Lilia Alonso Rosas***

***A mi padre:***

***Juan Alberto Conde Navarrete***

***A mi hermano:***

***Sathyanarayana Conde Alonso***

***A mi cuñada:***

***Celeste Viridiana Galeazzi García***

***Y al gran:***

***Canek Aurelio Conde Galeazzi,***

***porque esto es lo que uno hace cuando ama y se maravilla mi niño...***

***En memoria de mi gran amigo:***

***Oddin***

## RESUMEN

Villa Alegría es un lacustre que forma parte de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, que data del Plioceno-Pleistoceno, que ha sido poco estudiado; por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la estructura y composición florística de dos laderas con diferente exposición (L1 y L2); así como el análisis del efecto de tres factores ecológicos (efecto de ladera, altitud y pendiente) y su relación con la vegetación. Se llevó a cabo el método de cuadrados centrados en un punto para conocer los valores de importancia ecológica de las especies. Se calcularon los Índices de Shannon-Wiener, de Equidad de Pielou y de Sörensen; así como la prueba de Correlación de Spearman. En las L1 y L2, se registraron 33 familias, 74 géneros y 89 especies; las familias más importantes fueron Asteraceae, Cactaceae, Leguminosae, y Verbenaceae. La vegetación está influenciada significativamente por la altitud (gradiente de baja variación, ca. 50 m) y el efecto de ladera; entre los 1,870-1,840 msnm se mezclan elementos del matorral xerófilo y de la selva baja caducifolia. Así mismo, ambas laderas presentan un 72% de semejanza florística. Además, a partir de una revisión bibliográfica, se registraron 53 especies con algún tipo de uso; las familias más utilizadas son Agavaceae, Asteraceae y Leguminosae. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, tres especies se encuentran en alguna categoría de riesgo. Este estudio pone de manifiesto la importancia de establecer planes de manejo, conservación y restauración en esta área.

**Palabras clave:** matorral xerófilo, selva baja caducifolia, zona semiárida

## **ABSTRACT**

Villa Alegría is a lacustrine that is part of the Biosphere Reserve Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, dating from the Pliocene-Pleistocene, which has been little studied; therefore, the aim of this study was to determine the structure and floristic composition of two hillsides having different exposition (L1 and L2); as well as the analysis of the effect of three ecological factors (hillside effect, altitude and slope) and their relationship with vegetation. It was carried out the point centered quarter method to know the ecological importance values of the species. The Shannon-Wiener, Pielou Equitability and Sørensen Indexes were calculated; as well as the Spearman's Correlation test. In L1 and L2, 33 families, 74 genera and 89 species were registered; the most important families were Asteraceae, Cactaceae, Leguminosae, and Verbenaceae. The vegetation is significantly influenced by altitude (low variation gradient, ca. 50 m) and the hillside effect; between 1,870 to 1,840 most elements of the tropical desert scrub and the tropical deciduous forest are mixed. Likewise, both hillsides present 72% of floristic similarity. In addition, from a literature review, 53 species with some sort of use were recorded; families most commonly used are Agavaceae, Asteraceae and Leguminosae; and according to the NOM-059-SEMARNAT-2010, three species are in a risk category. This study highlights the importance of establishing management, conservation and restoration plans in this area.

**Keywords:** tropical desert scrub, tropical deciduous forest, semiarid zone

<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
i. Agradecimientos.....	4
ii. Resumen.....	8
iii. Abstract.....	9
1. Introducción.....	17
2. Antecedentes.....	18
2.1 Parámetros para el estudio de la comunidad vegetal.....	18
2.2 Riqueza de especies: diversidades alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ).....	20
2.2.1 Diversidad alfa ( $\alpha$ ).....	20
2.2.2 Diversidad beta ( $\beta$ ).....	21
2.2.3 Diversidad gama ( $\gamma$ ).....	21
2.3 Zonas áridas y semiáridas de México.....	21
2.4 Ubicación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC).....	22
2.5 Estudios de vegetación en el Valle de Tehuacán, Puebla.....	23
2.5.1 Estudios Florístico-Taxonómicos.....	23
2.5.2 Estudios de Vegetación.....	25
2.5.3 Estudios Etnobotánicos.....	28
2.5.4 Estudios en Villa Alegría, Municipio Santiago Miahuatlán.....	30
3. Justificación.....	31
4. Preguntas de investigación.....	34
5. Hipótesis.....	34
6. Objetivos.....	34
6.1 Objetivo general.....	34
6.2 Objetivos particulares.....	34

<b>7. Área de estudio.....</b>	<b>35</b>
<b>7.1 Localización y extensión.....</b>	<b>35</b>
<b>7.2 Geomorfología.....</b>	<b>38</b>
<b>7.3 Formación geológica de Villa Alegría.....</b>	<b>38</b>
<b>7.4 Clima.....</b>	<b>42</b>
<b>7.5 Vegetación.....</b>	<b>42</b>
<b>8. Métodos.....</b>	<b>42</b>
<b>8.1 Muestreo de la vegetación.....</b>	<b>42</b>
<b>8.2 Composición florística.....</b>	<b>45</b>
<b>8.3 Análisis de la estructura vegetal.....</b>	<b>46</b>
<b>8.3.1 Distribución espacial.....</b>	<b>46</b>
<b>8.3.2 Diversidad alfa (<math>\alpha</math>).....</b>	<b>49</b>
<b>8.3.3 Diversidad beta (<math>\beta</math>).....</b>	<b>50</b>
<b>8.4 Análisis de factores ecológicos.....</b>	<b>51</b>
<b>9. Resultados.....</b>	<b>52</b>
<b>9.1 Muestreo de la Vegetación y Análisis de la Estructura Vegetal..</b>	<b>52</b>
<b>9.1.1 Composición florística.....</b>	<b>52</b>
<b>9.1.2 Distribución espacial.....</b>	<b>58</b>
<b>9.1.3 Diversidad alfa (<math>\alpha</math>).....</b>	<b>68</b>
<b>9.1.4 Diversidad beta (<math>\beta</math>).....</b>	<b>68</b>
<b>9.2 Análisis de factores ecológicos.....</b>	<b>69</b>
<b>9.3 Composición florística, usos y categoría de riesgo.....</b>	<b>70</b>
<b>9.3.1 Composición florística.....</b>	<b>70</b>
<b>9.3.2 Usos.....</b>	<b>71</b>
<b>9.3.3 Categorías de riesgo.....</b>	<b>79</b>

<b>10. Discusión.....</b>	<b>84</b>
<b>11. Conclusiones.....</b>	<b>94</b>
<b>12. Perspectivas.....</b>	<b>95</b>
<b>13. Bibliografía.....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS, CUADROS Y GRÁFICAS

ÍNDICE DE FIGURAS	PÁG
	.
<b>Figura 1.</b> Área de ocupación del matorral en el Municipio de Santiago Miahuatlán, Estado de Puebla. Imagen modificada de: Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Santiago Miahuatlán, Puebla. INEGI, 2009, Información Topográfica digital Escala 1:250 000.....	33
<b>Figura 2.</b> Factores de riesgo para la pérdida de la comunidad vegetal en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán: a) Asentamientos humanos, b) Extracción de material rocoso y c) Pérdida de la cubierta vegetal.....	33
<b>Figura 3.</b> Ubicación del Municipio de Santiago Miahuatlán y el área de Villa Alegría en el Estado de Puebla. Imagen modificada de: Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Santiago Miahuatlán, Pue. INEGI, 2009, Información Topográfica digital Escala 1:250 000 Serie III.....	36
<b>Figura 4.</b> Imagen satelital de la ubicación de Villa Alegría situada a 3 km al Sureste de la cabecera municipal de Santiago Miahuatlán, y a 5 km al Noreste de Tehuacán.....	37
<b>Figura 5.</b> Laderas en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.....	37
<b>Figura 6.</b> Imagen satelital del Sector D del Sistema de Fallas Geológicas de Oaxaca (SFO) que atraviesa el Municipio de Santiago Miahuatlán y Villa Alegría. Imagen satelital: Atlas de riesgos naturales Municipio de Santiago Miahuatlán, SEDESOL, 2011.....	41
<b>Figura 7.</b> Posible formación geológica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y formación Villa Alegría como zona lacustre del Plioceno-Pleistoceno, influenciada por el Segmento D del Sistema de Fallas Geológicas de Oaxaca (SFO). Imagen modificada de Rosales-Torres, 2016.....	41
<b>Figura 8.</b> Ladera 1 (L1), sitio de muestreo en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.....	44
<b>Figura 9.</b> Ladera 2 (L2), sitio de muestreo en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.....	44
<b>Figura 10.</b> Método de Cuadros Centrados en un Punto. Cada 10 m, se traza una línea perpendicular al transecto de 100 m. Al centro, el “punto central”, y a su alrededor los cuatro cuadrantes (I, II, III, IV) (Matteucci y Colma, 1982; Brower <i>et al.</i> , 1997).....	45

<b>Figura 11.</b> Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) <i>Yucca periculosa</i> (Agavaceae), b) <i>Actinocheita filicina</i> (Anacardiaceae), c) <i>Euphorbia rossiana</i> (Euphorbiaceae) y d) <i>Fouquieria formosa</i> (Fouquieriaceae).....	54
<b>Figura 12.</b> Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) <i>Croton hypoleucus</i> (Euphorbiaceae), b) <i>Gochnatia hypoleuca</i> (Asteraceae), c) <i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> (Euphorbiaceae) y d) <i>Schaefferia stenophylla</i> (Celastraceae).....	55
<b>Figura 13.</b> Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) <i>Mimosa lacerata</i> (Leguminosae), b) <i>Ipomoea murucoides</i> (Convolvulaceae), c) <i>Dalea bicolor</i> (Leguminosae), d) <i>Perymenium mendezii</i> (Asteraceae), e) <i>Calliandra hirsuta</i> (Leguminosae) y f) <i>Lippia graveolens</i> (Verbenaceae).....	56
<b>Figura 14.</b> Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) <i>Aeschynomene compacta</i> (Leguminosae), b) <i>Painteria elachistophylla</i> (Leguminosae), c) <i>Bouvardia erecta</i> (Rubiaceae), d) <i>Senna holwayana</i> (Leguminosae), e) <i>Jefea pringlei</i> (Asteraceae) y f) <i>Calliandropsis nervosus</i> (Leguminosae).....	57
<b>Figura 15.</b> Perfil de la Vegetación de Ladera 1 (L1). 1) <i>Agave potatorum</i> , 2) <i>Lippia graveolens</i> , 3) <i>Ferocactus robustus</i> , 4) <i>Mimosa lacerata</i> , 5) <i>Lippia bracteosa</i> , 6) <i>Acacia subangulata</i> , 7) <i>Euphorbia rossiana</i> , 8) <i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> , 9) <i>Ayenia mollis</i> , 10) <i>Ipomoea murucoides</i> , 11) <i>Plumeria rubra</i> , 12) <i>Opuntia pilifera</i> , 13) <i>Yucca periculosa</i> , 14) <i>Pilosocereus chrysacanthus</i> , 15) <i>Cytocarpa procera</i> , 16) <i>Schaefferia stenophylla</i> , 17) <i>Actinocheita filicina</i> , 18) <i>Calliandra hirsuta</i> y 19) <i>Fouquieria formosa</i> .....	66
<b>Figura 16.</b> Perfil de la Vegetación de Ladera 2 (L2). 1) <i>Painteria elachistophylla</i> , 2) <i>Salvia aspera</i> , 3) <i>Schaefferia stenophylla</i> , 4) <i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> , 5) <i>Mimosa lacerata</i> , 6) <i>Lippia graveolens</i> , 7) <i>Gochnatia hypoleuca</i> , 8) <i>Perymenium mendezii</i> , 9) <i>Plumeria rubra</i> , 10) <i>Acacia subangulata</i> , 11) <i>Ayenia mollis</i> , 12) <i>Actinocheita filicina</i> , 13) <i>Dalea bicolor</i> , 14) <i>Agave marmorata</i> , 15) <i>Yucca periculosa</i> , 16) <i>Beaucarnea purpusii</i> , 17) <i>Hibiscus longifilus</i> , 18) <i>Croton hypoleucus</i> , 19) <i>Ferocactus robustus</i> , 20) <i>Opuntia pilifera</i> y 21) <i>Mentzelia hispida</i> ..	67
<b>Figura 17.</b> Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) <i>Acacia cochliacantha</i> (Leguminosae), b) <i>Randia echinocarpa</i> (Rubiaceae), c) <i>Ageratum tehuacanum</i> (Asteraceae), d) <i>Mimosa calcicola</i> (Leguminosae), e) <i>Agave potatorum</i> (Agavaceae) y f) <i>Parthenium tomentosum</i> (Asteraceae).....	80
<b>Figura 18.</b> Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) <i>Ferocactus robustus</i> (Cactaceae), b) <i>Brahea dulcis</i> (Arecaceae), c) <i>Agave marmorata</i> (Agavaceae), d) <i>Lantana cámara</i> (Verbenaceae), e) <i>Lamourouxia viscosa</i> (Orobanchaceae) y f) <i>Echinopterys eglandulosa</i> (Malphigiaceae).....	81

**Figura 19.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) *Lippia alba* (Verbenaceae), b) *Opuntia pilifera* (Cactaceae), c) *Pilosocereus chrysacanthus* (Cactaceae), d) *Russelia polyhedra* (Plantaginaceae), e) *Galactia brachystachys* (Leguminosae), f) *Plumeria rubra* (Apocynaceae), g) *Euphorbia cymbifera* (Euphorbiaceae), h) *Jefea pringlei* (Asteraceae) e i) *Tillandsia makoyana* (Bromeliaceae)..... 82

**Figura 20.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) *Bouvardia longiflora* (Rubiaceae), b) *Salvia aspera* (Lamiaceae), c) *Senna atomaria* (Leguminosae), d) *Dalia coccinea* (Asteraceae), e) *Malpighia mexicana* (Malvaceae) y f) *Acacia subangulata* (Leguminosae)..... 83

## ÍNDICE DE CUADROS

PÁG

**Cuadro 1.** Listado florístico de especies muestreadas de los estratos arbóreo y arbustivo en las laderas 1 (L1) y 2 (L2) en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. Forma de Vida: Ab=Arbusto; Ar=Árbol; Ra=Rosetófila arborescente. Presente= X; No Presente=NP; \*=Endémicas de México, \*\*=Endémicas del Valle de Tehuacán. El arreglo de las especies es de acuerdo a Cronquist, 1981 52

**Cuadro 2.** Estructura vertical de estratos bajo, medio y alto en laderas 1 y 2 (L1, L2) mostrando número de individuos y porcentaje que representan. Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. No Presente=NP. En negritas se destacan los valores más altos..... 59

**Cuadro 3.** Especies muestreadas del estrato arbustivo, en las laderas 1 (L1) y 2 (L2). Se muestran los valores de densidad, frecuencia y cobertura relativos, así como el valor de importancia (VI). Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. En negritas se destacan los valores más altos. No Presente=NP; No Significativa=NS..... 62

**Cuadro 4.** Valores de densidad, frecuencia, cobertura e importancia relativos en las laderas 1 (L1) y 2 (L2) de las especies muestreadas en el estrato arbóreo, de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. En negritas se destacan los valores más altos. No Presente=NP..... 65

<b>Cuadro 5.</b> Valores de diversidad alfa ( $\alpha$ ) (índices de Shannon-Wiener y Equidad) y abundancia de especies presentes en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.....	68
<b>Cuadro 6.</b> Valores de Correlación de Spearman para las laderas 1 (L1) y 2 (L2) con factores ambientales, Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. En negritas se destacan los valores más altos.....	69
<b>Cuadro 7.</b> Listado florístico, y usos de las plantas colectadas en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Puebla. Se registraron 32 familias, 68 géneros y 82 especies. <b>Forma de Vida:</b> Ab=Arbusto, Ar=Árbol, Cd=Candelabro, H=Hierba, R=Rosetófila, Ra=Rosetófila arborecente. <b>Usos:</b> 1=Comestible, 2=Ceremonial, 3=Combustible, 4=Estimulante, 5=Forrajera, 6=Insecticida, 7=Herramienta/Construcción, 8=Medicinal, 9=Ornamental, 10=Tóxica, 11=Artesanal, 12=Bebida alcohólica, 13=Fibras. <b>Partes Usadas:</b> Es=Escapo, C=Corteza, Fl=Flor, Fr=Fruto, H=Hojas, M=Madera, R=Ramas, Rz=Raíz, S=Semilla, T=Tallo, Tp=toda la planta. *=Endémicas de México, **=Endémicas del Valle de Tehuacán. El arreglo de las especies es de acuerdo a Cronquist, 1981.....	73
<b>Cuadro 8.</b> Especies de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla, en Categoría de Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010). P=Peligro de extinción, A=Amenazada, Pr=Protección Especial. *Endémica de México, **Endémica del Valle de Tehuacán.....	79

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

## PÁG

<b>Gráfica 1.</b> Valores de importancia relativa referidos a las laderas 1 (L1) y 2 (L2) para el estrato arbustivo, de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.....	64
<b>Gráfica 2.</b> Valores de importancia relativa referidos a las laderas 1 (L1) y 2 (L2) para el estrato arbóreo, de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.....	65

## 1. INTRODUCCIÓN

Una comunidad vegetal se define como un conjunto de especies vegetales que representan una composición florística con un aspecto fisonómico y estructural, derivados o en respuesta de procesos funcionales de flujo de energía (*i.e.* radiación solar, disponibilidad de agua de lluvia, fotosíntesis, transpiración, etc.), biomasa (*i.e.* semillas, materia orgánica, niveles tróficos, etc.), estados de sucesión y patrones espaciales, los cuales se desarrollan en un área y que tienen una interacción o asociación entre sí (Noy-Mier, 1973; Granados-Sánchez y Tapia-Vargas, 1990; González-Medrano, 2003; Valiente-Banuet *et al.*, 2009).

La importancia de los estudios de las comunidades vegetales, consiste en describir a las especies de plantas presentes dentro de un área y analizar los parámetros de la vegetación como lo son su estructura (vertical: altura y estratos; horizontal: cobertura) y distribución (abundancia); así como posibles asociaciones generadas entre sí, conociendo el papel de cada especie dentro de la dinámica de la comunidad investigando si se encuentra asociada a factores bióticos (tipo de suelo, contenido materia orgánica, disponibilidad de agua, etc.) y abióticos (altitud, pendiente, temperatura, precipitación, luz, etc.) que permitan su desarrollo y estabilidad (Granados-Sánchez y Tapia-Vargas, 1990).

Particularmente, este trabajo consiste en el estudio de la comunidad vegetal, a partir del análisis de la estructura y la composición florística de dos laderas ubicadas en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Puebla. Este sitio se incluye dentro de las microrregiones del Valle de Tehuacán y está

influenciada por la Sierra de Zongolica y las provincias fisiográficas del Eje Volcánico Transversal y las Serranías Orientales (Raisz, 1964).

La importancia de este estudio radica en conocer como está conformada la comunidad vegetal en Villa Alegría y, además, analizar los factores ambientales y antropogénicos que influyen en el asentamiento de las especies; así como también, ayudar a presentar algunas bases para el desarrollo de planes de manejo de las especies vegetales presentes en el Municipio de Santiago Miahuatlán, el cual es considerado como Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE), al representar el 30% de la superficie de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) (DOF, 1995 y 1998).

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Parámetros para el estudio de la comunidad vegetal**

El estudio de las comunidades vegetales se basa generalmente en el análisis de los siguientes parámetros:

1. **Fisonomía:** Caracterizada por las formas de vida de las plantas, también llamadas formas de crecimiento, formas biológicas o tipos biológicos (Rzedowski, 1978; Granados-Sánchez y Tapia-Vargas, 1990; González-Medrano, 2003) que, de forma general, describen la forma o estructura que presenta una especie como producto de condiciones ambientales, adaptativas y evolutivas (Granados-Sánchez y Tapia-Vargas, 1990; Valiente-Banuet *et al.*, 2009). González-Medrano (2003) señala que las formas de crecimiento en las plantas incluyen cuatro grandes tipos: árboles, arbustos o matas, hierbas y lianas o bejucos.

2. **Estructura:** Es la descripción de la disposición espacial o extensión del área cubierta de las especies vegetales (Braun-Blanquet, 1979; Granados-Sánchez y Tapia-Vargas, 1990;) que se define a partir del ordenamiento vertical (altura y estratos) y horizontal (abundancia y cobertura) de las formas de vida (Cortés, 2003; Acosta *et al.*, 2006).
3. **Fenología:** Las especies vegetales también se estructuran en el tiempo por medio de los cambios estacionales, los cuales explican distintos acontecimientos de patrones biológicos como los reproductivos que incluyen a la floración y a la fructificación (Aguado *et al.*, 1996; Terradas, 2001); también incluyen patrones vegetativos que abarcan la producción de follaje y cortezas exfoliantes en su caso (León de la Luz *et al.*, 1996; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).
4. **Composición florística:** Son las especies vegetales que conforman la flora y constituyen a una comunidad de un área determinada (Valiente-Banuet *et al.*, 2009), definiendo a los tipos de vegetación (González-Medrano, 2003).
5. **Factores ecológicos:** Es la relación de los componentes bióticos y abióticos presentes en un área que pueden determinar directa o indirectamente la distribución, el desarrollo y mantenimiento de la comunidad vegetal (Maass, 2003), y que además, ayudan a explicar la reacción o comportamiento de los individuos a diferentes niveles de condiciones ambientales como pueden ser los recursos (*i.e.* intensidad de la luz, nutrientes, disponibilidad de agua, etc.), el hábitat (*i.e.* rangos altitudinales, topografía, pH, etc.) e interacciones con otros organismos (*i.e.*

depredación competencia, mutualismo, etc.) (Noy-Mier, 1973; Terradas, 2001).

## **2.2 Riqueza de especies, diversidades alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ )**

El estudio de la biodiversidad se basa en el análisis de dos factores: i) Diversidad, referida a la abundancia de individuos de cada especie en un determinado lugar, y que es producto de una serie de complejos e irrepetibles procesos evolutivos, y ii) Riqueza, que es el conocimiento de la conformación de una asociación de especies determinada, las cuales determinan las características del ensamble o arreglo de una comunidad, su estructura y función en valor de cada una de las especies en el espacio (Moreno, 2001; Villareal *et al.*, 2004; Halffter y Moreno, 2005).

Así, la suma de ambos elementos de la biodiversidad a nivel histórico y ecológico, permiten obtener una estructura del paisaje, mismo que se puede separar en diferentes niveles para su análisis a través del uso de indicadores de las diversidades alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ) (Villareal *et al.*, 2004; Halffter y Moreno, 2005).

### **2.2.1 Diversidad alfa ( $\alpha$ )**

Involucra el conocimiento *per se* de las especies que componen un área determinada a estudiar y, a su vez, las muestra como resultado de un proceso evolutivo dentro de un hábitat (Moreno, 2001; Halffter y Moreno, 2005).

### **2.2.2 Diversidad beta ( $\beta$ )**

Se considera una medida de la heterogeneidad del paisaje; es decir, es un indicador de la diversidad que existe entre comunidades a través de la medición del recambio de las especies que ocupan el mismo o diferente espacio y/o tiempo (Sánchez-Velásquez y Pineda-López, 2000; Koleff, 2005; Halffter y Moreno, 2005).

### **2.2.3 Diversidad gamma ( $\gamma$ )**

Considera el número de especies de un conjunto de sitios o comunidades consideradas como un paisaje; así mismo, también se le considera como un promedio de la riqueza  $\alpha$  o una relación entre la riqueza total y el promedio de la diversidad  $\beta$  (Villareal *et al.*, 2004; Halffter y Moreno, 2005).

## **2.3 Zonas áridas y semiáridas de México**

Las zonas áridas y semiáridas de México, ocupan cerca del 60% del territorio (Challenger, 1998) y forman parte del Reino Neotropical, ocupando la Región Xerofítica Mexicana (Rzedowski, 1978), la cual está representada por cuatro desiertos: Sonorense, Chihuahuense, Hidalguense y Tehuacanense (Rzedowski, 1978; Briones, 1994; Godínez-Álvarez, 1998; Hernández, 2006). De acuerdo con González-Medrano (2012), las zonas áridas se definen como ecosistemas que se desarrollan en respuesta a diversos factores como son los altos niveles de insolación, influencia de altas cadenas montañosas que impiden el paso de vientos cargados de humedad creando bajos niveles de precipitación, y por efecto de corrientes marinas frías que originan inversiones térmicas. Estas zonas, se pueden clasificar de acuerdo a sus niveles de

precipitación anual, siendo estas: *i*) Árido extremas (>60-100 mm), *ii*) Áridas (60-100 mm a 150-250 mm), y *iii*) Semiáridas (150-250 mm a 250-500 mm) (Mc Ginnies *et al.*, 1968; Noy-Mayer, 1973).

Actualmente, las zonas desérticas de México, se distribuyen en mayores extensiones en la parte norte del territorio dentro de los desiertos Sonorense y desierto Chihuahuense y a razón de una franja latitudinal que va de los 14° a los 35° por efecto de la circulación de los vientos, mientras que en la parte sur son originadas principalmente por efecto de sombra orográfica en las zonas semiáridas Hidalguense y del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC).

En el VTC, los sistemas montañosos que provocan el efecto de sombra orográfica son el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre Oriental, principalmente por el extremo sur, donde este tramo es conocido como Sierra de Zongolica.

#### **2.4 Ubicación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC)**

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán, conformado por la Provincia Florística del mismo nombre (Rzedowski, 1978), se encuentra localizado en la parte suroriental del estado de Puebla y nororiental del estado de Oaxaca, coordenadas 17°48' y 18°58' longitud Norte, y los 97°03' y 97°43' longitud Oeste, destacando por ser un área con amplia diversidad biológica y una elevada riqueza florística con ca. de 2,621 especies (Dávila *et al.*, 2002), motivo por el cuál fue decretada en 1998 como “Reserva de la Biósfera Tehuacán–Cuicatlán” (RBTC) (DOF, 1998). A nivel fisiográfico, el VTC pertenece a la Provincia Mixteca-Oaxaqueña, la cual abarca cinco valles: Cuicatlán,

Huajuapán, Tehuacán, Tepelmeme y Zapotitlán, los que, a su vez, forman parte de la Cuenca Alta del Río Papaloapan y la Cuenca del Río Balsas; aunque, en menor porción (Villaseñor *et al.*, 1990). Estos valles, se encuentran rodeados al Este y Noreste por la Sierra Madre Oriental y al Sur por la Sierra de Juárez (Tamayo, 1962; Villaseñor *et al.*, 1990; Valiente-Banuet *et al.*, 2000); ambas sierras tienen un efecto de sombra orográfica provocando diferentes niveles de precipitación, motivo por el cual, se destacan diferentes tipos climáticos (Villaseñor *et al.*, 1990). Así mismo, poseen conformaciones geológicas de materiales ígneos, sedimentos aluviales y rocas sedimentarias de origen marino que forman costras de carbonato de calcio que propician características edáficas que, de cierta forma, determinan la vegetación presente (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

## **2.5 Estudios de vegetación en el Valle de Tehuacán, Puebla**

### **2.5.1 Estudios Florístico-Taxonómicos**

Los primeros trabajos fueron los elaborados para la familia Cactaceae por Helia Bravo Hollis (1930, 1931, 1956, 1969, 1978, 1991 a, b), los cuales fueron de carácter descriptivo, como guías de campo (*i.e.* “Las cactáceas de Tehuacán”, “Contribución al conocimiento de las cactáceas de Tehuacán”) reportando las especies existentes dentro del área; sus trabajos se llevaron a cabo, principalmente, en el Valle de Zapotitlán Salinas.

Otro trabajo importante fue el realizado por Dávila-Aranda (1984), esta autora, lleva a cabo un trabajo florístico basado en los géneros de gimnospermas y angiospermas presentes en el VTC; incluye descripciones

taxonómicas y claves genéricas; así como la descripción y distribución de 10 tipos de unidades fisonómico-estructurales: *i*) Chaparrales, *ii*) Matorrales crasirosulifolios espinosos, *iii*) Cardonales y tetecheras, *iv*) Matorral espinoso con espinas terminales, *v*) Nopaleras, *vi*) Matorral espinoso con espinas laterales, *vii*) Matorral subinermes parvifolio, *viii*) Selva baja caducifolia, *ix*) Selva baja espinosa caducifolia y *x*) Pastizales.

Casas *et al.* (1999) y Rodríguez-Arévalo *et al.* (2006), reportan al VTC como una de las zonas con mayor diversidad de cactáceas, especialmente columnares representadas por 20 especies de las cuales, 18 (*i.e.* *Pachycereus hollianus* (F.A.C.Weber ex J.M.Coult.) Buxb., *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console, *Escontria chiotilla* (A.A.Weber ex K.Schum.) Rose, etc.) se destinan a diversos usos, (*i.e.* comestibles, material de construcción, ornamental, entre otras) y poseen diversos grados de manejo (*i.e.* recolección y propagación). Así mismo, Miguel-Talonia *et al.* (2014), contabilizaron 71 especies de cactáceas de las cuales, 18 son endémicas (*i.e.* *Ferocactus recurvus* (Mill.) Borg, *Neobuxbaumia macrocephala* (F.A.C. Weber ex K. Schum.) E.Y. Dawson, *Peniocereus viperinus* (F.A.C. Weber) Buxb., entre otras) y que, en conjunto, ocupan el 70% del VTC.

Por otra parte, Dávila-Aranda y Lira-Saade (2002) realizaron un inventario florístico tomando en cuenta 780 localidades, reportando 2,621 especies de flora vascular, donde las angiospermas se presentan como grupo dominante de la región con 2,521 especies, conformadas por 2,012 dicotiledóneas y 509 monocotiledóneas; las plantas no vasculares suman 213 especies y nueve gimnospermas; así mismo, señalan que de las 180 familias reportadas, 76 tienen, al menos, una especie endémica, y dada la importancia

de éstas, Méndez-Larios *et al.* (2004), llevaron a cabo un estudio de endemismo estricto para Magnoliophyta, reportando 51 familias y 118 géneros, con 207 especies, de la porción xerofítica que, en conjunto, representan el 82% de endemismos de la Provincia Florística Tehuacán-Cuicatlán.

Dada la riqueza florística y el porcentaje de endemismos del VTC, fue necesaria la creación de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán que, se enfoca exclusivamente, en reportar la presencia y distribución precisa de las especies dentro de la RBTC, por lo que, desde 1993, se dio inicio a la edición de una serie de fascículos que describen, por familia, a los diferentes géneros y especies y, que actualmente, continúa editándose con la contribución de diferentes especialistas sumando, hasta el momento, ca. de 130 fascículos.

### **2.5.2 Estudios de Vegetación**

De acuerdo con Rzedowski (1978), el VTC puede considerarse como una “isla ecológica”, debido a que diversos factores ambientales como el tipo de suelo, la litología, los efectos de ladera, la pendiente y la altitud, entre otros, son elementos clave para el desarrollo de un alto índice de especies endémicas, de tal forma que, en conjunto, crean un escenario de diversificación de especies, con una gran variación en su distribución y, por ende, generando diferencias fisonómicas, florísticas y estructurales en cada sitio. Miranda (1948) llevó a cabo un estudio descriptivo de la fisonomía de la vegetación y de las asociaciones entre especies con el tipo de terreno en que se desarrollan; por ejemplo, entre *Yucca periculosa* Baker (Agavaceae) y terrenos rocosos o muy someros, siendo uno de los primeros en reportar datos sobre la vegetación en la Cuenca Alta del Río Papaloapan. Smith (1965), describe la geografía,

topografía, clima y cinco tipos de vegetación, *i*) Bosque húmedo de montaña, *ii*) Bosque de encino-pino, *iii*) Matorral espinoso con cactáceas, *iv*) Vegetación de suelos calcáreos, y *v*) Vegetación de suelos salinos, siendo este último el más destacado con desarrollo de matorrales, donde resalta a algunas especies forma de vida herbácea, como restringidas, (*i.e.* *Euphorbia revoluta* Engelm. (Euphorbiaceae), *Jacquemontia smithii* B.L. Rob. & Greenm. (Convolvulaceae), *Echeveria minutiflora* Rose (Crassulaceae), etc.); Jaramillo-Luque y González-Medrano (1983) analizaron la vegetación arbórea a lo largo de la Sierra de Juárez y Zongolica, con énfasis en el gradiente altitudinal, encontrando seis tipos de vegetación, *i*) Selva baja caducifolia, *ii*) Tetecheras de *Neobuxbaumia tetetzo* (F.A.C.Weber ex K.Schum.) Backeb. (Cactaceae), *iii*) Cardonal de *Stenocereus weberi* (J.M. Coult.) Buxb. (Cactaceae), *iv*) Quiotillal de *Escontria chiotilla* (Cactaceae), *v*) Matorral con *Acacia cochliacantha* Willd. (Leguminosae), y *vi*) Matorral con *Ipomoea wolcottiana* Rose (Convolvulaceae) y *A. cochliacantha* lo cual demuestra que la vegetación arbórea es heterogénea y variable en el arreglo de sus especies, las cuales responden a factores ambientales (*i.e.* clima, tipo de suelo sustrato, entre otros) e interacciones bióticas (*i.e.* competencia), y también a patrones de perturbación humana (*i.e.* desmonte de la vegetación, sobrepastoreo, entre otros). Resultados similares fueron hallados por Valiente-Banuet *et al.* (2000) a nivel de la distribución de especies; sin embargo, a partir de criterios fisonómicos-estructurales y tomando en cuenta distintos niveles altitudinales, reconocieron 29 asociaciones vegetales (*i.e.* matorral rosulifolio de *Dasyilirion* spp. (*Agave* spp. y *Hechtia* spp. etc.) considerando, además, que la vegetación se encuentra influenciada por la historia litológica de cada sitio en particular. Así mismo, Valiente-Banuet *et al.*,

(1998) denominan a un tipo de matorral de montaña que se ubica en altitudes entre los 1,700-2,800 msnm y se dispone en zonas intermedias entre el bosque de encino-pino y las comunidades xerofíticas como mexical.

Particularmente para el Valle de Zapotitlán, Zavala (1982), García-Oliva (1991), Osorio-Beristain *et al.* (1996) y López-Galindo *et al.* (2003), reportan cinco tipos de vegetación: *i*) Cardonales (especie representativa, *Cephalocereus columna-trajani* (Karw. Ex Pfeiff.) K. Schum y *C. hoppenstedtii* (Roezl) K.Schum.), *ii*) Matorrales espinosos (*Castela tortuosa* Liebm. (Simaroubaceae), *Prosopis laevigata* (Willd.) M.C.Johnst. (Leguminosae), *Opuntia tunicata* (Lehm.) Pfeiff. (Cactaceae), etc.), *iii*) Izotales (*Beaucarnea gracilis* Lem.), *iv*) Tetecheras (*N. tetetzo* con *Mimosa luisana* Brandegees (Leguminosae), *Mammillaria collina* J.A. Purpus (Cactaceae), etc.), y *v*) Selvas bajas caducifolias (*Mimosa lacerata* Rose (Leguminosae), *Senna holwayana* (Rose) H.S. Irwin & Barneby (Leguminosae), *Fouquieria formosa* Kunth (Fouquieriaceae), a partir de estudios de estructura y fisonomía de la vegetación, considerando a los factores ambientales como la altitud, pendiente, tipo de suelo y sus componentes edáficos, siendo dichos factores ambientales reconocidos como causantes del cambio gradual de los tipos de vegetación, al generar microambientes y microclimas con tendencia a crear unidades discretas. Por otra parte, Hernández-Ortega *et al.* (2008) y Sandoval-Palacios (2010), señalan la pérdida de la superficie vegetal de matorrales, tetecheras, chaparrales y selva baja, debido al desmonte de la vegetación original y a cambios de uso de suelo por factores antropogénicos (*i.e.* agricultura de temporal, ganadería extensiva, extracción de roca-ónix, travertinos, cal, etc.), al

describir los medios productivos de comunidades campesinas, indígenas y mestizas, y evaluando la estabilidad económica de dichas comunidades.

Por último, Camargo Ricalde *et al.* (2002), y Dhillion *et al.* (2004), con base en estudios ecológicos llevados a cabo con diversas especies del género *Mimosa* (Leguminosae), reportan a estas especies como importantes en la dinámica de la conservación del suelo, al señalar que pueden formar mosaicos de vegetación que, a su vez, crean islas de recursos y, por lo mismo, relaciones simbióticas con, por ejemplo, hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) que permiten el desarrollo de otras plantas de diversas familias como Agavaceae, Anacardiaceae, Cactaceae y Scrophulariaceae, entre otras.

### **2.5.3 Estudios Etnobotánicos**

En el VTC, los primeros trabajos de investigación florística se hicieron notar a partir de la importancia de su diversidad cultural (*i.e.* Miranda, 1948; Byers 1967, MacNeish, 1992), pues este sitio ha aportado información importante en la historia de los pueblos Mesoamericanos debido a que se han encontrado los primeros indicios del inicio de la agricultura y domesticación de plantas que, actualmente, son parte de la dieta básica del país, tales como el maíz (*Zea sp.*), chile (*Capsicum sp.*) y el frijol (*Phaseolus sp.*) (Byers, 1967). Actualmente, en el VTC se reconocen seis grupos indígenas Nahuas, Popolocas, Mazatecos, Chinantecos-Cuicatecos, Ixcatecos y Mixtecos (Valiente-Banuet *et al.*, 2000), quienes juegan un papel importante en la contribución al conocimiento de las especies vegetales a partir de información de los diversos usos y manejo de las plantas; con ello, se han logrado realizar

estudios de carácter etnobotánico (*i.e.* Casas *et al.*, 2001; Lira *et al.*, 2009; Arellanes-Cancino y Casas, 2011, etc.).

Guizar-Nolazco *et al.* (2005), en la subregión de Filo de Tierra Colorada y el de Canales-Martínez *et al.* (2006), para Coxcatlán, reportan, a través de entrevistas a los pobladores, categorías destacadas de uso: forraje (Leguminosae, Asteraceae), combustible (Agavaceae, Fagaceae), medicinal (Euphorbiaceae, Solanaceae) y alimenticia (Cactaceae, Verbenaceae), así como una alta dependencia de plantas silvestres.

Entre otros trabajos de este tipo, se destacan los realizados por Camargo-Ricalde *et al.* (2001) y Dhillion y Camargo-Ricalde (2005) para la subfamilia Mimosoideae (Leguminosae), en los que reportan a especies del género *Mimosa*, endémicas de México y del VTC, como elementos importantes en el medio social y natural, al funcionar como “especies multipropósito” debido a que algunas de ellas, tienen algún tipo de uso tradicional como los son: médico, construcción, ornamental, comestible, entre otros, destacando el de implemento agrícola, en el que las mimosas se usan como regeneradoras de suelos debido a sus relaciones simbióticas con HMA creando islas de recurso.

Por último, para el Valle de Zapotitlán Salinas, Dávila-Aranda y Lira-Saade (2002) y Paredes-Flores *et al.* (2007), mencionan que la mayoría de las plantas útiles (*i.e.* forrajeras, medicinales, combustibles, ornamentales y comestibles) pertenecen, principalmente, a cuatro familias: Asteraceae, Cactaceae, Leguminosae y Poaceae.

#### **2.5.4 Estudios en Villa Alegría, Municipio de Santiago**

##### **Miahuatlán**

La mayor parte de los estudios florístico-taxonómicos, de vegetación y etnobotánicos en el VTC, se han llevado a cabo en la parte sur del Valle, que incluye el sur de Puebla y Norte de Oaxaca, principalmente en lo que corresponde a la zona limítrofe de la RBTC, por lo que la zona menos analizada, no sólo a nivel florístico, sino también, en cuanto a la estructura y composición florística de la vegetación y etnobotánica, corresponde a la parte norte del VTC, en donde se ubica la localidad de Villa Alegría, en el Municipio Santiago Miahuatlán. En consecuencia, se tienen pocos estudios de la flora y de la vegetación de esta zona. En 2011, la Secretaría de Desarrollo Social Federal (SEDESOL) y la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP), realizaron un Atlas de Riesgos Naturales para este Municipio, en el que presentan un apartado relacionado con la caracterización de elementos del medio natural, el cual reporta para esta zona tres tipos de vegetación: *i)* Matorral desértico rosetófilo, sobre extensiones de lomeríos, laderas orientales y occidentales de la porción perteneciente a la Sierra Madre del Sur, *ii)* Izotales, en la parte Norte y Oeste del municipio, y *iii)* Chaparrales, asociados a vegetación secundaria. Además, también se menciona que, posiblemente, en zonas de mayor altitud, el municipio estuvo cubierto por bosques de pino y encino, los cuales desaparecieron debido al proceso de desmonte para su uso de suelo como tierras de cultivo.

Por último, en 2016, Rosales-Torres realizó un estudio paleopalinológico dentro de los lacustres Villa Alegría, reconstruyendo la paleoflora y reportando como posibles tipos de vegetación durante el Plioceno-Pleistoceno (5.8-1.3

Ma.) al bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, bosque de galería, bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo.

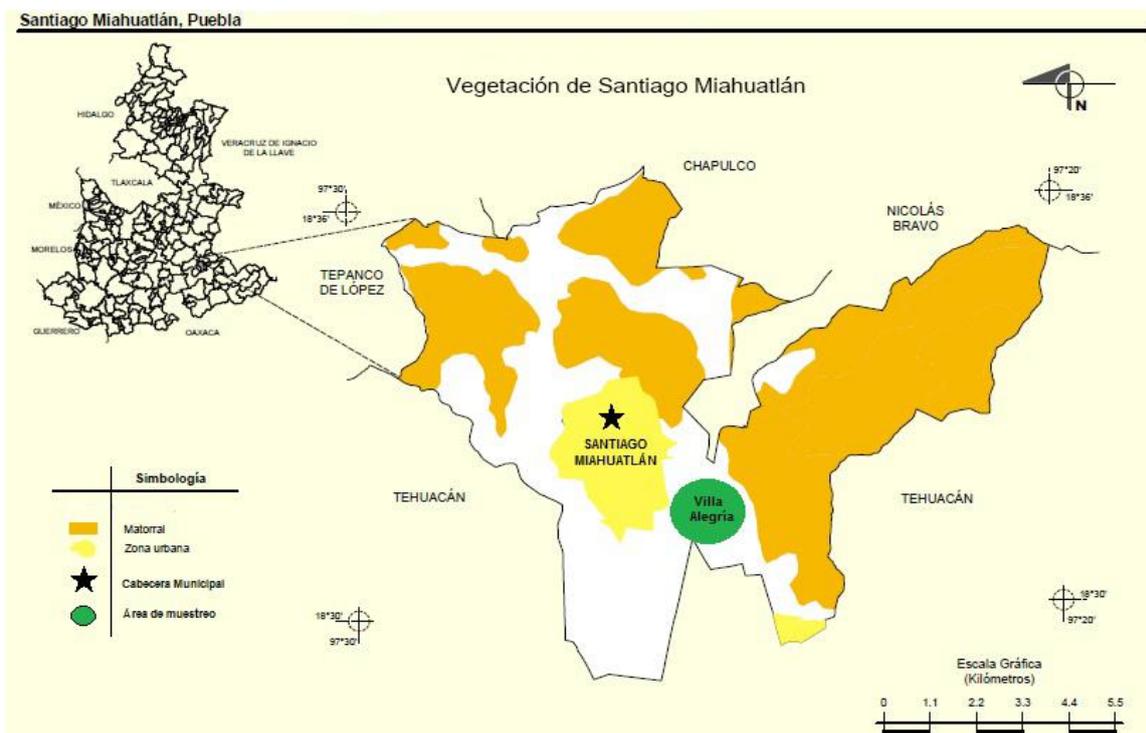
### **3. JUSTIFICACIÓN**

El Valle de Tehuacán–Cuicatlán es una zona con diferentes variantes climáticas y litológicas, con una amplia gama de tipos de vegetación que no han sido estudiados en su totalidad, a pesar de que esta provincia florística ha sido analizada por diversos investigadores (Valiente-Banuet *et al.*, 2000). El Municipio de Santiago Miahuatlán carece de un estudio de vegetación. Por su ubicación geográfica, probablemente sea un importante centro de riqueza vegetal, por ejemplo, por su amplia ocupación de matorral xerófilo (53%), ya que representa el 30% de la superficie de la RBTC (INEGI, 2009; SEDESOL, 2011) [Figura 1].

La localidad de Villa Alegría, ubicada dentro de este municipio, se encuentra debajo de la Barranca Yerbabuena, Cerro Zomaltepec, ambos pertenecientes a Cerro Prieto, con límites con la Sierra de Zongolica, los cuales tienen un efecto de sombra orográfica con variantes en gradientes altitudinales que, además, denotan manchones de vegetación conforme la pendiente varía; en conjunto, con la composición del suelo (SEDESOL, 2011). Así mismo, esta área destaca por ser una formación geológica con una zona lacustre que data del Plioceno-Pleistoceno (Dávalos-Álvarez, 2006; Rosales-Torres, 2016). Debido a su historia geológica, esta zona posee alta sismicidad y presenta fuertes deslaves en temporada de lluvias; además de un elevado crecimiento de asentamientos humanos y de contaminación, así mismo, se realiza

extracción de materiales rocosos como cantera que, por ende, traen un cambio de uso de suelo [Figura 2].

En cuanto a la vegetación, se ha registrado el saqueo de plantas de uso medicinal y cactáceas, principalmente (SEDESOL, 2011), poniendo en riesgo a la comunidad vegetal del área; al carecer de estudios que pudieran servir como antecedentes para futuros planes de manejo y conservación de la región; de ahí, la relevancia de este estudio.



**Figura 1.** Área de ocupación del matorral en el Municipio de Santiago Miahuatlán, Estado de Puebla. Imagen modificada de: *Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Santiago Miahuatlán, Puebla. INEGI, 2009, Información Topográfica digital Escala 1:250 000.*



**Figura 2.** Factores de riesgo para la pérdida de la comunidad vegetal en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán: a) Asentamientos humanos, b) Extracción de material rocoso v c) Pérdida de la cubierta vegetal.

#### **4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Cómo es la estructura de la comunidad vegetal en Villa Alegría, Valle de Tehuacán, Puebla?
2. ¿Cuáles son las especies de árboles y arbustos que conforman la estructura de la comunidad vegetal (composición florística) en Villa Alegría, Valle de Tehuacán, Puebla?
3. ¿Cómo influyen: *i)* efecto de ladera, *ii)* altitud, y *iii)* pendiente, en la distribución de las especies vegetales en Villa Alegría, Valle de Tehuacán, Puebla?

#### **5. HIPÓTESIS**

Si el efecto de ladera, la altitud y la pendiente, influyen en la distribución de las especies vegetales, entonces, éstas tendrán una distribución diferencial, en Villa Alegría.

#### **6. OBJETIVOS**

##### **6.1 Objetivo General**

Con base en el efecto de ladera, la altitud y la pendiente, determinar la estructura de la comunidad vegetal en Villa Alegría y, de esta manera, contribuir al conocimiento florístico del Valle de Tehuacán, Puebla.

##### **6.2 Objetivos Particulares**

1. Describir la estructura de la comunidad vegetal en Villa Alegría.

2. Determinar las especies de árboles y arbustos que conforman la estructura de la comunidad vegetal (composición florística) en Villa Alegría.
3. Analizar la influencia del efecto de ladera, de la altitud y de la pendiente, en la distribución de las especies vegetales, en Villa Alegría.

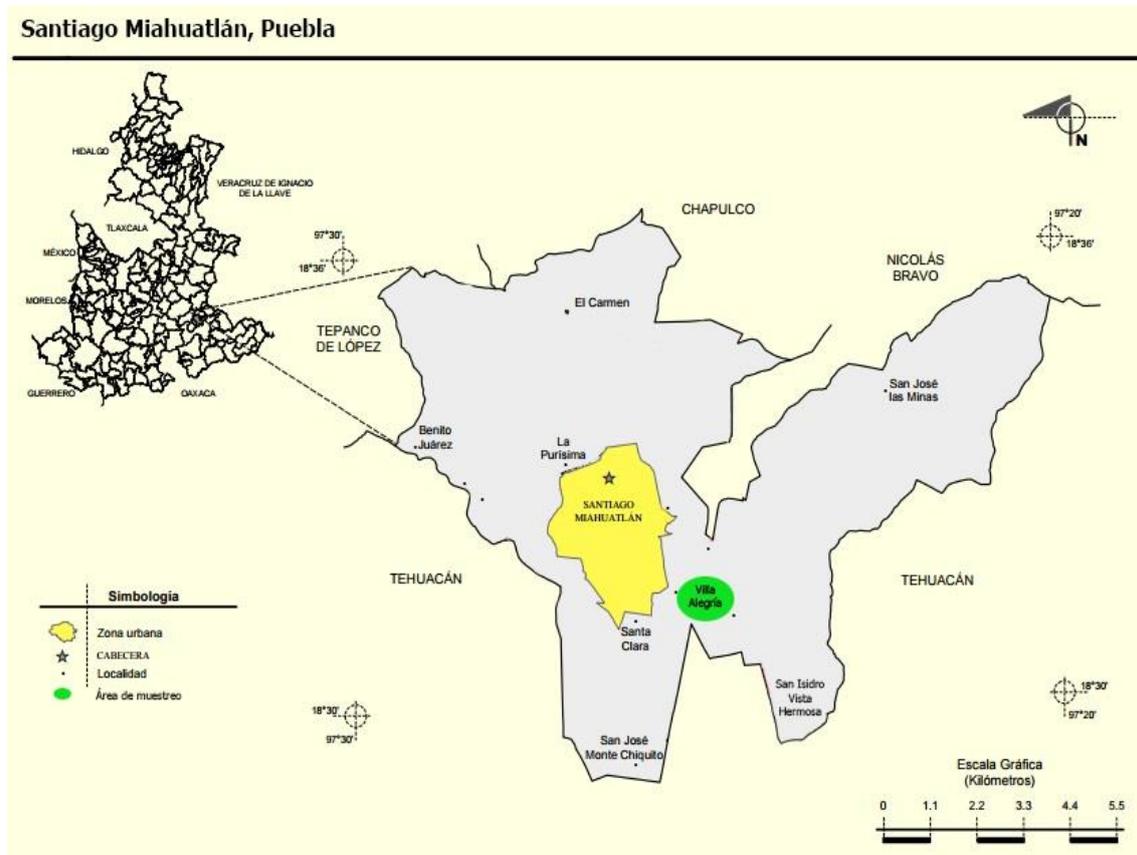
## **7. ÁREA DE ESTUDIO**

### **7.1 Localización y extensión**

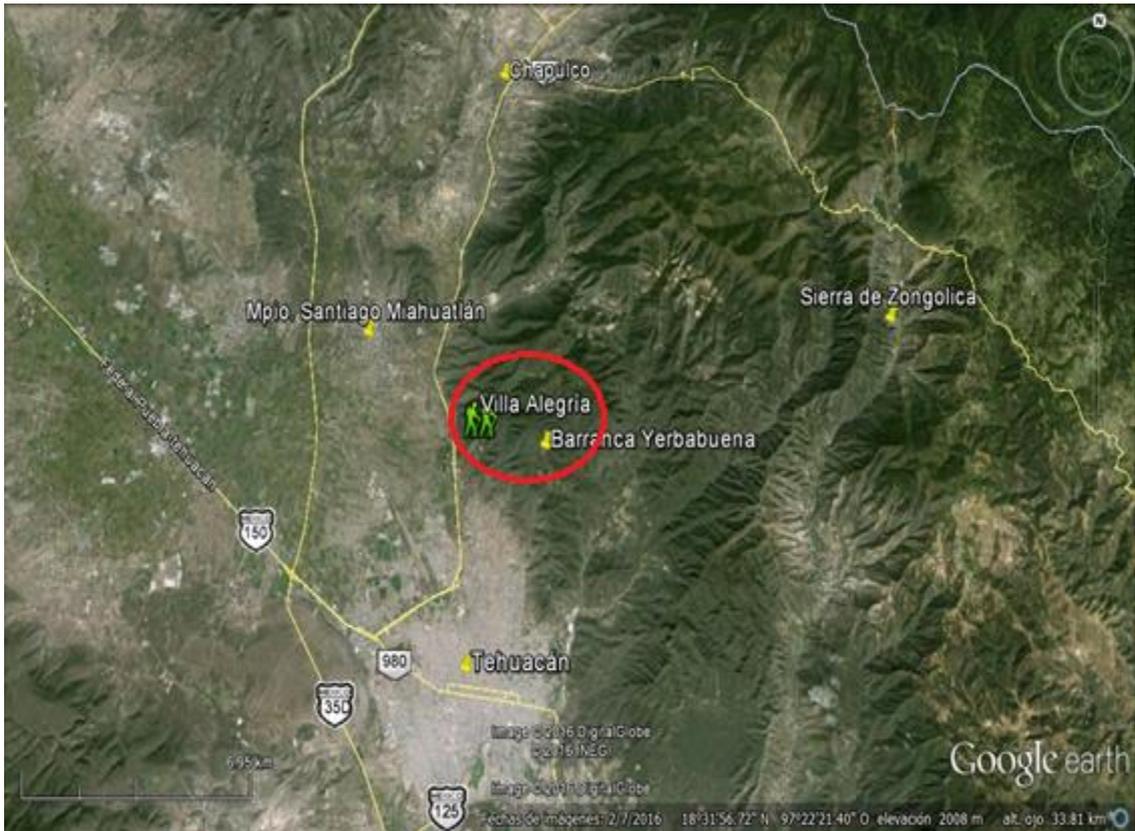
El Valle de Tehuacán-Cuicatlán abarca un área longitudinal de 179.68 km y 48.35 km de Este a Oeste, sumando en su totalidad un territorio de 500,000 ha (SEMARNAT-CONANP, 2013). Para el estado de Puebla, se reportan en el polígono de la RBTC 20 municipios, destacando para este estudio el de Santiago Miahuatlán, con una extensión territorial de 79.9 km<sup>2</sup> (18°09'30"-18°19'54" de latitud Norte y los meridianos 97°10'36"-97°24'24" longitud Oeste), situado al Norte de la ciudad de Tehuacán, al Sureste del estado de Puebla [Figura 3]. El Municipio cuenta con una zona urbana y tres asentamientos rurales principales: San José Las Minas, El Carmen y San José Monte Chiquito.

El área que se incluyó en este estudio es la localidad de Villa Alegría, situada a 3 km al Sureste de la cabecera municipal de Santiago Miahuatlán, y a 5 km al Noreste de Tehuacán [Figuras 4 y 5]. Este sitio, se incluye dentro de las microrregiones del Valle de Tehuacán, como parte de la región "Zongolica semiárida", debido a la influencia de los límites con la Sierra de Zongolica y de dos provincias fisiográficas (Raisz, 1964): i) Eje Volcánico Transversal, comprende el 75% del territorio municipal, como parte de la subprovincia de

Lagos y Volcanes de Anáhuac, donde los lomeríos y valles ocupan ca. del 39% y 36%, respectivamente, y *ii*) Serranías Orientales, cubren el 25% del territorio municipal en el lado Este (SEDESOL, 2011), siendo esta última la que ocupa la parte Sureste del municipio, lugar donde se encuentra la zona de estudio.



**Figura 3.** Ubicación del Municipio de Santiago Miahuatlán y el área de Villa Alegre en el Estado de Puebla. *Imagen modificada de: Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Santiago Miahuatlán, Pue. INEGI, 2009, Información Topográfica digital Escala 1:250 000 Serie III.*



**Figura 4.** Imagen satelital de la ubicación de Villa Alegre situada a 3 km al Sureste de la cabecera municipal de Santiago Miahuatlán, y a 5 km al Noreste de Tehuacán.



**Figura 5.** Laderas en Villa Alegre, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.

## **7.2 Geomorfología**

Villa Alegría se encuentra conformada por rocas datadas en el Mesozoico y Cenozoico (Dávalos-Álvarez *et al.*, 2007), que caracterizan a esta zona con presencia de rocas calizas de textura fina y cristalizaciones gruesas, formando lomeríos suaves de estratificaciones definidas y laderas de intemperismo intenso; también se presentan macizos de rocas volcánicas y metamórficas acompañadas de areniscas, yeso y limonitas de colores rojizos y amarillos que intemperizan a tonos crema, estratificadas muy porosas (INEGI, 1987). En su rasgo geomorfológico, predomina el Valle de Laderas Tendidas, relacionado con el Valle de Tehuacán, que presenta elevaciones hasta de los 1,800 msnm, que representa una depresión topográfica de origen tectónico. En Villa Alegría, el suelo posee un bajo desarrollo, pues presenta vertisoles pélicos de característica arcillosa, con texturas finas, drenaje interno lento, y profundidad de menos de 100 cm; en este tipo de suelo también es común encontrar vertisoles crómicos que presentan cromo y regosoles, formados por materiales no consolidados; es decir, de estructura arenosa, baja fertilidad, retención de humedad escasa y alta susceptibilidad a la erosión (Granados-Sánchez *et al.*, 2009; SEDESOL, 2011).

## **7.3 Formación geológica de Villa Alegría**

La región del Valle de Tehuacán-Cuicatlán es un área aislada geográficamente, debido a la actividad geológica a partir del surgimiento de las provincias fisiográficas que lo conforman: i) Eje Volcánico, y ii) Serranías Orientales, las cuales separaron geológicamente dicha zona; además de otros grandes macizos montañosos que han generado cambios altitudinales,

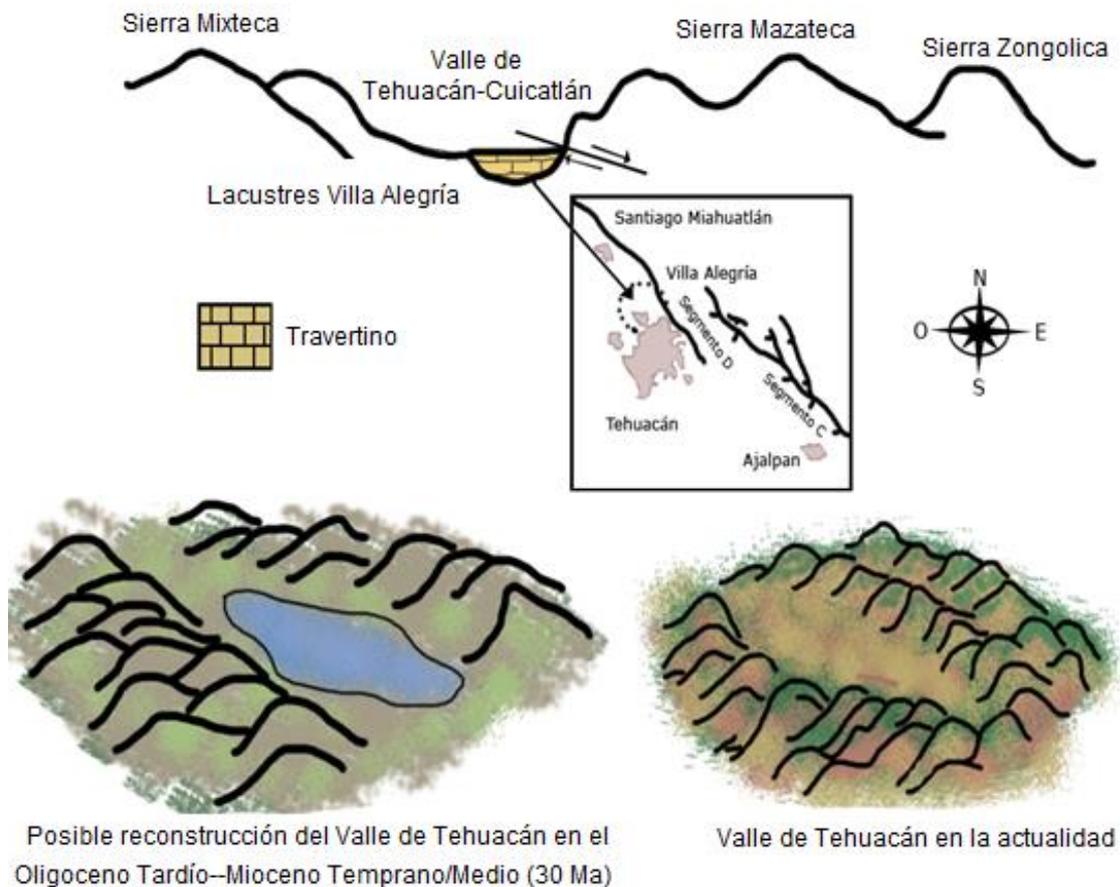
climáticos y una enorme radiación adaptativa de distintos taxa (Gómez-Tuena *et al.*, 2005; Ferrari *et al.*, 2005; Cevallos-Ferriz, *et al.*, 2012), y que tuvieron surgimiento durante el Mioceno Medio y Tardío (16-5 Ma) con el origen de una rotación antihoraria del arco que formó a la Sierra Madre Occidental con dirección E-O, la cual desencadenó la formación de la Faja Volcánica Transmexicana, misma que se unió con la Sierra Madre Oriental en la Era Cenozoica, (hace 65 Ma) durante la regresión marítima con dirección S-SE, a causa de la fuerte actividad Laramídica iniciada desde finales del Cretácico Superior (hace 99-65 Ma) (Cevallos-Ferriz *et al.*, 2012).

En el Cenozoico, específicamente entre el Oligoceno Tardío y el Mioceno Temprano/Medio (30 Ma), surgió la formación Tehuacán (Dávalos-Álvarez, *et al.*, 2007); periodo en el que existió una gran cuenca tectónica, la cual contenía un gran lago como lo demuestran los depósitos de sedimentos de origen químico y continental (travertinos, conglomerados, calizas, tobas, etc.) derivados de la erosión del surgimiento de nuevos macizos montañosos y también de sedimentos lacustres (limonitas y evaporitas). Más tarde, durante el Cuaternario ( $\leq 3$  Ma), esta cuenca se seccionó por fenómenos tectónicos (Valiente-Banuet *et al.*, 2009), siendo filtrado al río Papaloapan a inicios del Cuaternario y, a su vez, se vio afectada con la reactivación del Sistema de Fallas de Oaxaca (SFO) en su sector Norte, particularmente por el segmento D, el cual tiene actividad desde principios del Eoceno (ca. 56 Ma.) y cuenta con una longitud de 20 km con formaciones de desnivel entre 300 m y 400 m que se extiende desde Tehuacán hasta el borde septentrional donde está ubicado el Municipio Santiago Miahuatlán [Figura 6]. Es dentro de este municipio, que se encuentra la Formación Villa Alegría, la cual es una zona lacustre que data

del Plioceno-Pleistoceno (5.8-1.3 Ma.), y que contiene rocas generadas por zonas de inundación de aguas saturadas de carbonato de calcio, calcitas recristalizadas, micritas, lodotitas y otro tipo de conglomerados sedimentarios (Dávalos-Álvarez, 2006). Recientemente, Rosales-Torres (2016), llevó a cabo un estudio en este lacustre, sobre la reconstrucción paleoflorística a partir de los conjuntos palinológicos recuperados en esta zona [Figura 7].



**Figura 6.** Imagen satelital del Sector D del Sistema de Fallas Geológicas de Oaxaca (SFO) que atraviesa el Municipio de Santiago Miahuatlán y Villa Alegre. Imagen satelital: Atlas de riesgos naturales Municipio de Santiago Miahuatlán, SEDESOL, 2011.



**Figura 7.** Posible formación geológica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y formación Villa Alegre como zona lacustre del Plioceno-Pleistoceno, influenciada por el Segmento D del Sistema de Fallas Geológicas de Oaxaca (SFO). Imagen modificada de Rosales-Torres, 2016

## **7.4 Clima**

Villa Alegría se clasifica como una zona semiárida (400-600mm de precipitación total), provocada por el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre Oriental, principalmente por el efecto de sombra orográfica causado por la presencia de la Sierra de Zongolica, por lo que presenta un clima semiseco-templado (BS<sub>1</sub>Kw(w)). La temperatura media anual es de 12°C a 18°C, y la temperatura media del mes más cálido es inferior a los 18°C; mientras que la del mes más frío es entre 3°C y 8°C. Las precipitaciones medias anuales son inferiores a 600 mm con lluvias en verano y la precipitación invernal representa entre el 5% y 10.2% de la total anual (SEDESOL, 2011).

## **7.5 Vegetación**

El tipo de vegetación presente en el área de estudio corresponde a un matorral desértico rosetófilo, donde prevalecen las especies de *Yucca periculosa*, *Nolina parviflora* (Kunth) Hemsl., *Mimosa biuncifera* Benth., *Lippia graveolens* Kunth, entre otras. (SEDESOL, 2011).

## **8. MÉTODOS**

Este estudio se realizó durante un ciclo anual que abarcó de julio de 2014 a julio de 2015.

### **8.1 Muestreo de la vegetación**

Para el muestreo de la vegetación se utilizó el método de Cuadrados Centrados en un Punto (Mattucci y Colma, 1982; Brower *et al.*, 1997). Se seleccionaron dos laderas (L1 y L2) como sitios de muestreo con diferente

exposición solar y pendiente [Figuras 8 y 9]. La L1 presenta una orientación hacia el Oeste y la L2 hacia el Este; ambas a sotavento de la Sierra de Zongolica. La ladera de exposición Oeste (L1), se distingue por un efecto de umbría que cubre al área la mayor parte del tiempo de las altas temperaturas, provocando mayor almacenamiento de humedad. En cambio, la ladera con exposición hacia el Este (L2), presenta un efecto de solana, recibiendo mayor radiación solar a lo largo del día, por lo que presenta menor humedad y una mayor temperatura.

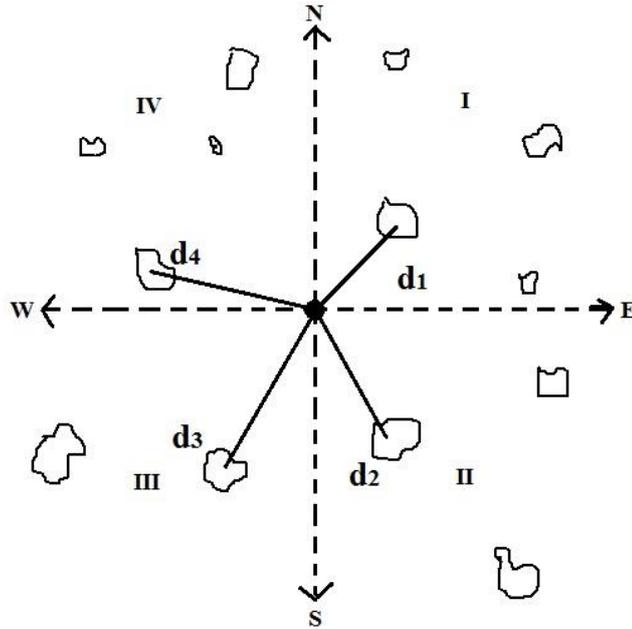
En cada ladera, se establecieron cinco transectos lineales, de 100 m cada uno y subdividido cada 10 m, "punto central", con una disposición estratificada de la parte basal a la media, y de la media hasta la cima de la ladera. En cada "punto central" se delimitaron cuatro cuadrantes en dirección a las manecillas del reloj (NE=I, SE=II, SO=III, NO=IV) [Figura 10]. A partir de este punto, se tomaron los siguientes datos: número del cuadrante (I, II, III y IV), coordenadas, altitud, pendiente, nombre de la especie incluida en el cuadrante, forma de vida (árbol o arbusto), altura, cobertura, diámetro a la altura del pecho (DAP, >1.30 m) y la distancia del punto central a la planta (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Mattucci y Colma, 1982; Krebs, 1985; Brower *et al.*, 1997).



**Figura 8.** Ladera 1 (L1), sitio de muestreo en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.



**Figura 9.** Ladera 2 (L2), sitio de muestreo en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.



**Figura 10.** Método de Cuadros Centrados en un Punto. Cada 10 m, se traza una línea perpendicular al transecto de 100 m. Al centro, el “punto central”, y a su alrededor los cuatro cuadrantes (I, II, III, IV) (Matteucci y Colma, 1982; Brower *et al.*, 1997).

## 8.2 Composición florística

Para obtener la composición florística en el Lacustre Villa Alegría, se realizó la colecta del material botánico (Lot y Chiang, 1986) en las laderas 1 y 2, incluyendo los sitios de muestreo donde se llevó a cabo el método de Cuadros Centrados en un Punto. Los ejemplares botánicos se procesaron, se determinaron y se depositaron en el Herbario Metropolitano (UAMIZ), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. La determinación se llevó a cabo por medio de las siguientes claves taxonómicas: Standley (1920-1926), Sánchez (1976), Mc Vaugh (1984), Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2001); y además, consultando los fascículos de la Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, Flora del Valle de Tehuacán y Flora de Veracruz; así mismo, el material determinado, se cotejó con los ejemplares de los herbarios: Metropolitano (UAMIZ) e Isidro Palacios (IIZD), del Instituto de Investigación de

Zonas Desérticas, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, y por consulta a diversos especialistas.

Por otra parte y con la finalidad de enriquecer este estudio, se investigaron los usos y partes usadas de las especies vegetales que conforman la vegetación de esta zona, a través de una revisión bibliográfica, consultando diferentes autores como: Camargo-Ricalde *et al.* (2001), Casas *et al.* (1999, 2001), Dávila-Aranda y Lira-Saade (2002), Guizar-Nolazco *et al.* (2005), Canales-Martínez *et al.* (2006), Paredes-Flores *et al.* (2007), Lira *et al.* (2009), y Martínez-Pérez *et al.* (2012); así como los sitios web de Malezas de México (<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>) y la Biblioteca de Medicina Tradicional Mexicana (UNAM) (<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/>).

Además, con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se analizó si alguna de las especies presentes en el área de estudio, se encuentra incluida en algún tipo de categoría de riesgo: Peligro de extinción (P), amenazada (A), o sujeta a protección especial (Pr).

### **8.3 Análisis de la Estructura Vegetal**

#### **8.3.1 Distribución espacial**

Para el análisis de la distribución espacial de los diversos elementos de la vegetación, en cada una de las laderas, se elaboró una base de datos con la siguiente información: nombre de las especies encontradas, abundancia, cobertura y las medidas de la distancia de cada especie al punto central de muestro, por cuadrante.

El análisis de distribución espacial de la vegetación se dividió en:

- **Estructura vertical:** se clasificó a los individuos por sus diferentes tamaños tomando en cuenta su altura y la forma de vida, logrando ubicar a los arbustos en estratos: bajo de  $\leq 1\text{m}$ , mediano de  $>1.1-2\text{m}$  y alto de  $2.1-\geq 4\text{m}$ ; y a los árboles y formas de vida arborescentes en estratos: bajos de  $\leq 4-15\text{m}$ , medianos de  $15.1-30\text{m}$  y altos de  $\geq 30\text{m}$  (González-Medrano, 2003).
- **Estructura horizontal:** la estructura se estudió a partir de la medición de las variables de acuerdo a Mattucci y Colma (1982) y Brower *et al.* (1997) tomando en cuenta lo siguiente:

**i) Densidad (D)** Esta medida permite conocer la abundancia de una especie; está constituida por una cantidad de individuos presentes en una unidad de área, donde  $u$  representa 1 hectárea ( $10,000\text{ m}^2$ );  $\sum n$  es el número total de individuos por especie;  $\pi = 3.1416$  y  $\sum d_i^2$  es la distancia del “punto central” de muestreo al individuo más cercado al cuadrado.

$$D = \frac{4u (\sum n - 1)}{\pi \sum d_i^2}$$

**ii) Densidad relativa (DR)** Expresa la densidad de una especie ( $n$ ) referida a la densidad de todas las especies ( $\sum n$ ) y es expresada como un porcentaje.

$$DR = \frac{n}{\sum n} * 100$$

**iii) Frecuencia (F)** Número de puntos de muestreo en las que se encuentra una especie ( $j$ ) referido al número total de puntos de muestreo ( $k$ ).

$$F = \frac{j}{k}$$

**iv) Frecuencia relativa (FR)** Esta medida está referida como un valor de porcentaje de probabilidad y es la frecuencia de una especie ( $F$ ) con referencia a la frecuencia total de todas las especies ( $\sum f$ ).

$$RF = \frac{F}{\sum f} * 100$$

**v) Cobertura (C)** Es la estimación de la extensión de área ocupada por el follaje de los estratos presentes en el área. Para el conocimiento de la cobertura se utilizaron dos fórmulas para estimar la cobertura media por especie ( $CM$ ) basadas en el diámetro a la altura al pecho y diámetro de la cobertura del follaje:

- Formas de vida arbóreas y arborescentes

$$CM_1 = \frac{\pi}{4} * DAP^2$$

En dónde DAP=diámetro a la altura del pecho considerado sólo para individuos cuya altura sea mayor a 1.30 m.

- Formas de vida arbustiva

$$CM_2 = \frac{\pi}{4} * D^2$$

Dónde D=diámetro de la copa del arbusto

Una vez obtenidos los valores referidos por especie ( $a$ ), estos se multiplicaron por la densidad ( $D$ ) y se consideraron entre el número total de individuos muestreados de esa especie ( $n_i$ ).

$$C = \frac{(a)(D)}{n_i}$$

**vi) Cobertura relativa (CR)** Es una medida expresada en porcentaje, donde  $\sum C$  es la cobertura total para todas las especies referida a la cobertura total.

$$CR = \frac{(C)}{\sum C} * 100$$

**vii) Valor de Importancia de las especies (VI)** Revela la importancia ecológica relativa de cada especie en el conjunto muestreado, se obtiene a partir de la suma de los valores relativos de densidad ( $DR$ ), frecuencia ( $FR$ ) y cobertura ( $CR$ ).

$$VI = DR + FR + CR$$

### 8.3.2 Diversidad alfa ( $\alpha$ )

Para conocer la diversidad alfa se realizó:

#### Índices de *Diversidad de Shannon-Wiener (H')* y *Equidad de Pielou (J')*

Con el programa MultiVarite Statical Package (MVSP), se obtuvieron los valores de los índices de:

- **Diversidad de Shannon-Wiener (H')**. Mide la heterogeneidad de una comunidad cuantificando la biodiversidad al considerar la riqueza de especies y la abundancia (Pla, 2006). Este índice funciona a partir de medir la incertidumbre de tomar un individuo al azar, y que éste sea un indicador de dominancia de alguna especie al repetirse constantemente en un muestreo; cuando esto sucede, entonces el

Índice tenderá al valor de cero y se considera que la comunidad es homogénea; en caso contrario, si la comunidad es más heterogénea, entonces habrá valores con tendencia a uno o más (1-3.5 (4.5)) (Somarriba, 1999; Pla, 2006). La fórmula para calcular este índice es:

$$H = -\sum p_i \log p_i$$

Donde  $p_i$  es la proporción de individuos de cada especie con respecto al total de todas las especies;  $p_i = n_i/N$ ,  $n_i$  es el número de individuos por especie y  $N$  es el total de individuos.

- **Equidad de Pielou ( $J$ ).** Este índice es utilizado para medir el grado de uniformidad de las especies. Funciona por medio de la diversidad observada ( $H'$ ) en relación con la diversidad máxima esperada ( $H'_{max}$ ). Su valor va de 0-1, donde valores cercanos a uno, representan condiciones con especies igualmente abundantes, y aquéllos cercanos a cero, representan la dominancia de una sola especie (Moreno, 2001). Se calcula mediante la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

### 8.3.3 Diversidad beta ( $\beta$ )

#### Índice de Sørensen ( $S$ )

Este índice es utilizado para reconocer si los sitios de muestreo comparten las mismas especies vegetales. Trabaja con datos de presencia-ausencia, y cuyos valores son representados en uno y cero, respectivamente.

Cuando las áreas evaluadas obtienen una  $S=1$  o cercana a este valor, significa que son similares en su composición de especies; en cuanto una  $S=0$ , significa lo contrario; es decir, son diferentes (Terradas, 2001). Su fórmula es:

$$S_{j,k} = \frac{2a}{2a + b + c}$$

En donde  $S$  representa la afinidad entre localidades  $j$  y  $k$ ;  $a$  es el número de especies comunes,  $b$  el número de especies que se encuentran en  $j$  pero no en  $k$ , y  $c$  el número de especies que se encuentran en  $k$  pero no en  $j$ .

#### **8.4 Análisis de Factores Ecológicos**

A la base de datos que se elaboró para el análisis para la estructura de la vegetación, se le añadieron dos variables más, pendiente y altitud, las cuales fueron categorizadas en rangos.

La pendiente se categorizó en dos rangos, donde el primero, es referido a pendiente suave, y corresponde de  $0 \leq 40\%$ , y el segundo es de  $41 \geq 80\%$  como pendiente pronunciada. Considerando la altitud (msnm) baja, media y alta, ésta se ajustó a tres rangos: 1=1,830-1,846; 2=1,847-1,863; y 3=1,864- $\geq 1880$ .

Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos subyacentes de normalidad y homocedasticidad, se utilizó una prueba de U Mann Whitney para determinar variaciones entre L1 y L2 con respecto a la abundancia, la cobertura, la riqueza, la diversidad y la equidad de especies. Así mismo, para determinar

la diferencia existente entre los tres niveles de altitud determinados, se utilizó una prueba de Kruskal Wallis.

Para determinar si existía alguna relación entre las laderas y los factores ecológicos (pendiente y altitud), se realizó un análisis de Correlación de Spearman. Este análisis es una medida de asociación lineal que utiliza rangos (*i.e.* los propuestos para evaluar la pendiente y altitud), números de orden de cada grupo de individuos, y compara dichos rangos; el resultado de este coeficiente toma valores de -1 (correlación negativa) a 1 (correlación positiva) (Martínez-Ortega *et al.*, 2009). Cabe señalar que todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa NCSS.

## 9. RESULTADOS

### 9.1 Muestreo de la Vegetación y Análisis de la Estructura Vegetal

#### 9.1.1 Composición florística

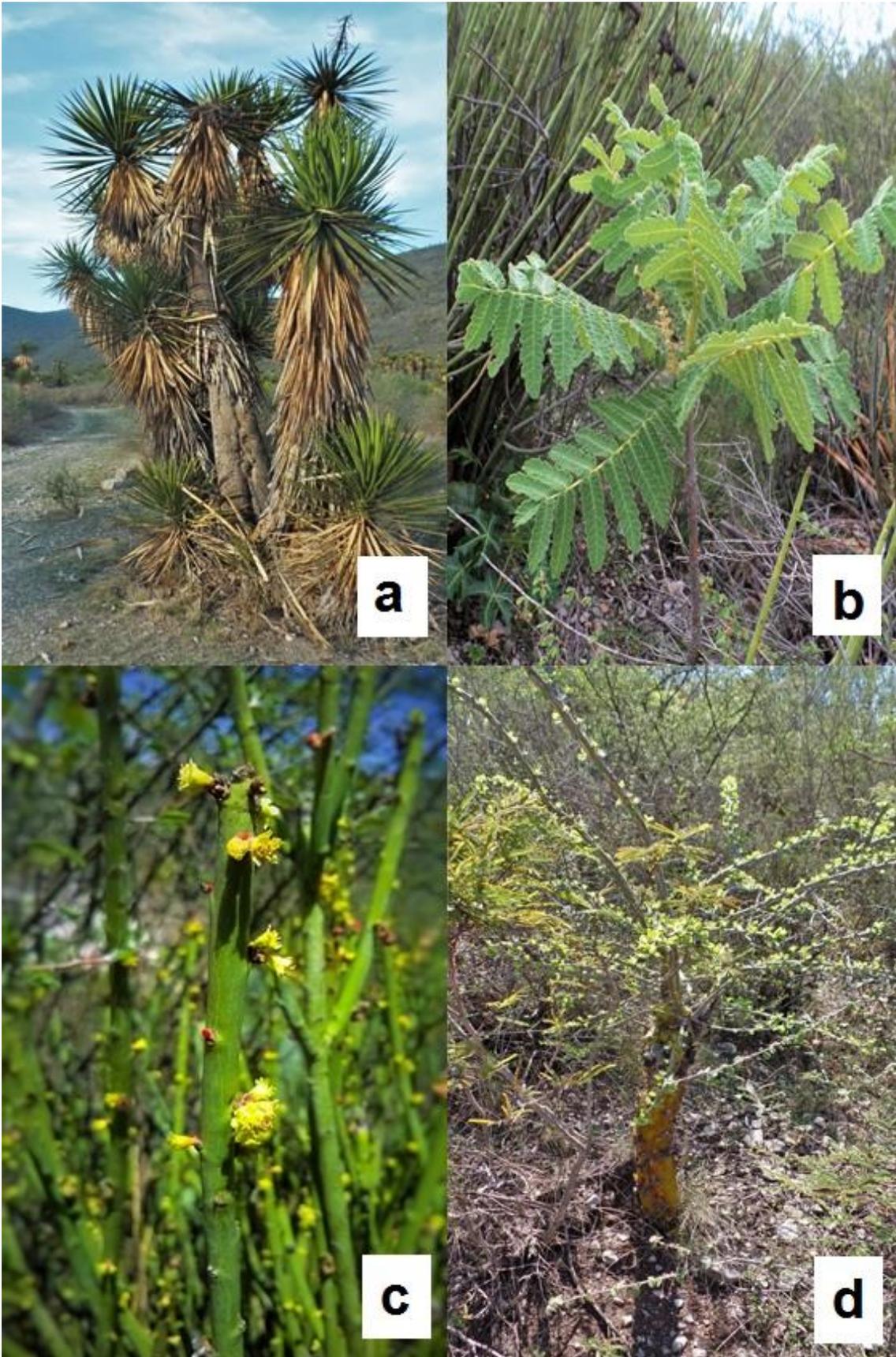
Dentro del muestreo de la vegetación en las dos laderas seleccionadas (L1 y L2), se contabilizaron 382 individuos que corresponden a 14 familias, 27 géneros y 28 especies, pertenecientes a los estratos arbustivo, arbóreo y arborescente [Figuras 11, 12, 13 y 14; Cuadro 1].

**Cuadro 1.** Listado florístico de especies muestreadas de los estratos arbóreo y arbustivo en las laderas 1 (L1) y 2 (L2) en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. Forma de Vida: Ab=Arbusto; Ar=Árbol; Ra=Rosetófila arborescente. Presente= X; No Presente=NP; \*=Endémicas de México, \*\*=Endémicas del Valle de Tehuacán. El arreglo de las especies es de acuerdo a Cronquist, 1981. Continúa

Clases, Familias y Especies	Forma de Vida	Laderas	
		L1	L2
<b>LILIOPSIDA</b>			
<b>AGAVACEAE</b>			
* <i>Yucca periculosa</i> Chabaud.	Ra	X	X
<b>MAGNOLIOPSIDA</b>			
<b>ANACARDIACEAE</b>			
* <i>Actinocheita filicina</i> (DC.) F.A. Barkley	Ar	X	X
<b>ASTERACEAE</b>			
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A.Gray	Ab	NP	X
<i>Jefea pringlei</i> (Greenm.) Strother	Ab	NP	X
<i>Perymenium mendezii</i> DC.	Ab	X	X
<b>CELASTRACEAE</b>			
* <i>Schaefferia stenophylla</i> Standl.	Ab	X	X
<b>CONVOLVULACEAE</b>			
<i>Ipomoea murucoides</i> Roem. & Schult.	Ar	X	NP
<b>EUPHORBIACEAE</b>			
<i>Croton hypoleucus</i> Schldl.	Ab	NP	X
* <i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> Breckon	Ab	X	X
* <i>Euphorbia rossiana</i> Pax	Ab	X	NP
<b>FOUQUERIACEAE</b>			
<i>Fouquieria formosa</i> Kunth	Ar	X	NP
<b>LABIATAE</b>			
** <i>Salvia aspera</i> M. Martens & Galeotti	Ab	X	X

**Cuadro 1. Continuación.**

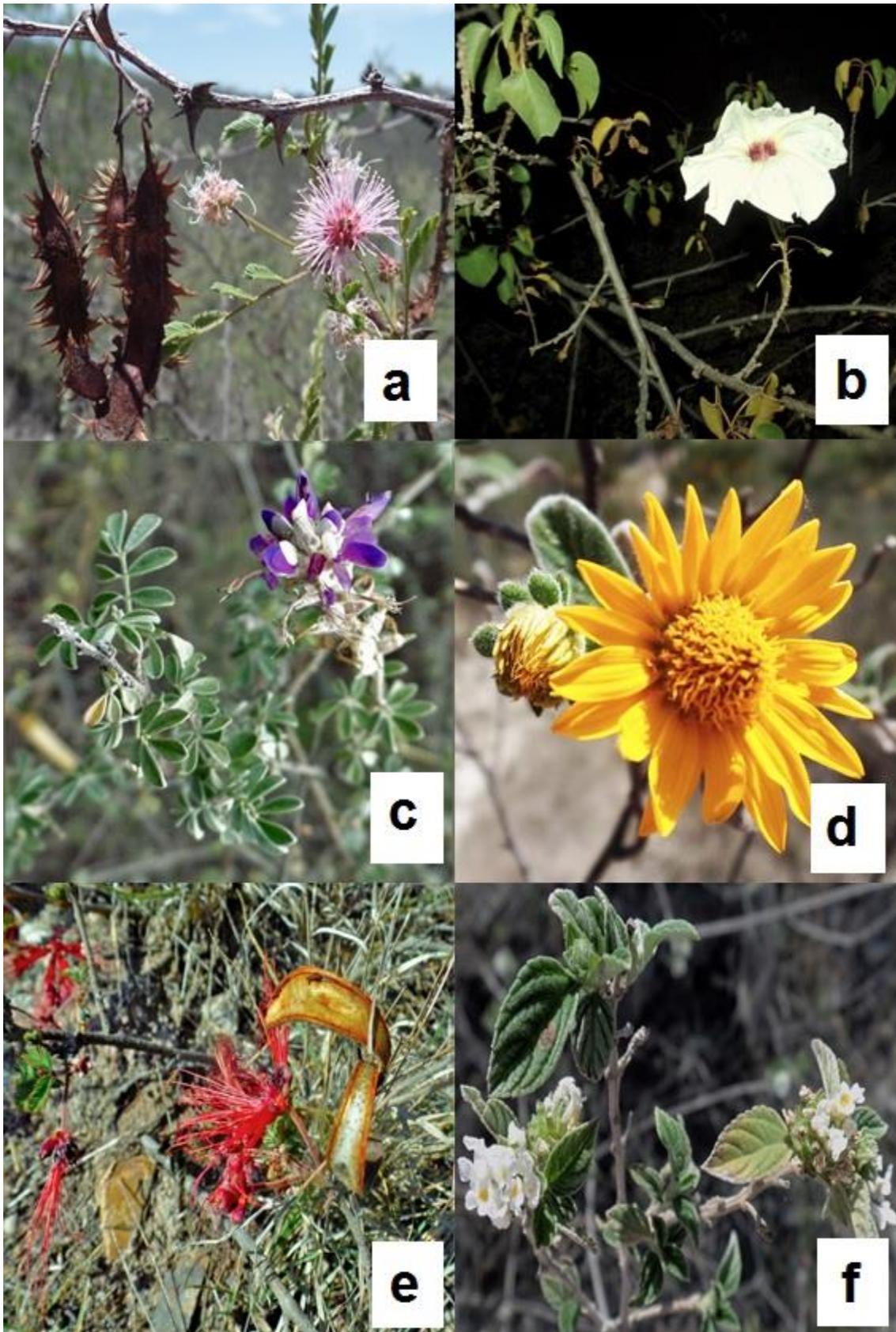
Clases, Familias y Especies	Forma de Vida	Laderas	
		L1	L2
<b>LEGUMINOSAE</b>			
<i>Acacia subangulata</i> Rose	Ab	X	X
<i>Aeschynomene compacta</i> Rose	Ab	X	X
<i>Calliandra hirsuta</i> (G.Don) Benth.	Ab	X	X
* <i>Calliandropsis nervosus</i> (Britton & Rose) H. M. Hern. & P.	Ab	X	X
<i>Dalea bicolor</i> Willd.	Ab	X	X
* <i>Mimosa lacerata</i> Rose	Ab	X	X
* <i>Painteria elachistophylla</i> (S. Watson) Britton & Rose	Ab	NP	X
<i>Senna holwayana</i> (Rose) H.S. Irwin & Barneby	Ab	X	X
<b>LOASACEAE</b>			
<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	Ab	NP	X
<b>MALVACEAE</b>			
<i>Ayenia mollis</i> Brandegee	Ab	X	X
** <i>Hibiscus longifilus</i> Fryxell	Ab	NP	X
<b>OPILIACEAE</b>			
* <i>Agonandra racemosa</i> (DC.) Standl.	Ab	NP	X
<b>RUBIACEAE</b>			
<i>Bouvardia erecta</i> (DC.) Standl.	Ab	X	NP
<b>VERBENACEAE</b>			
<i>Lantana involucrata</i> L.	Ab	NP	X
<i>Lippia bracteosa</i> (M. Martens & Galeotti) Moldenke	Ab	X	X
<i>Lippia graveolens</i> Kunth	Ab	X	X



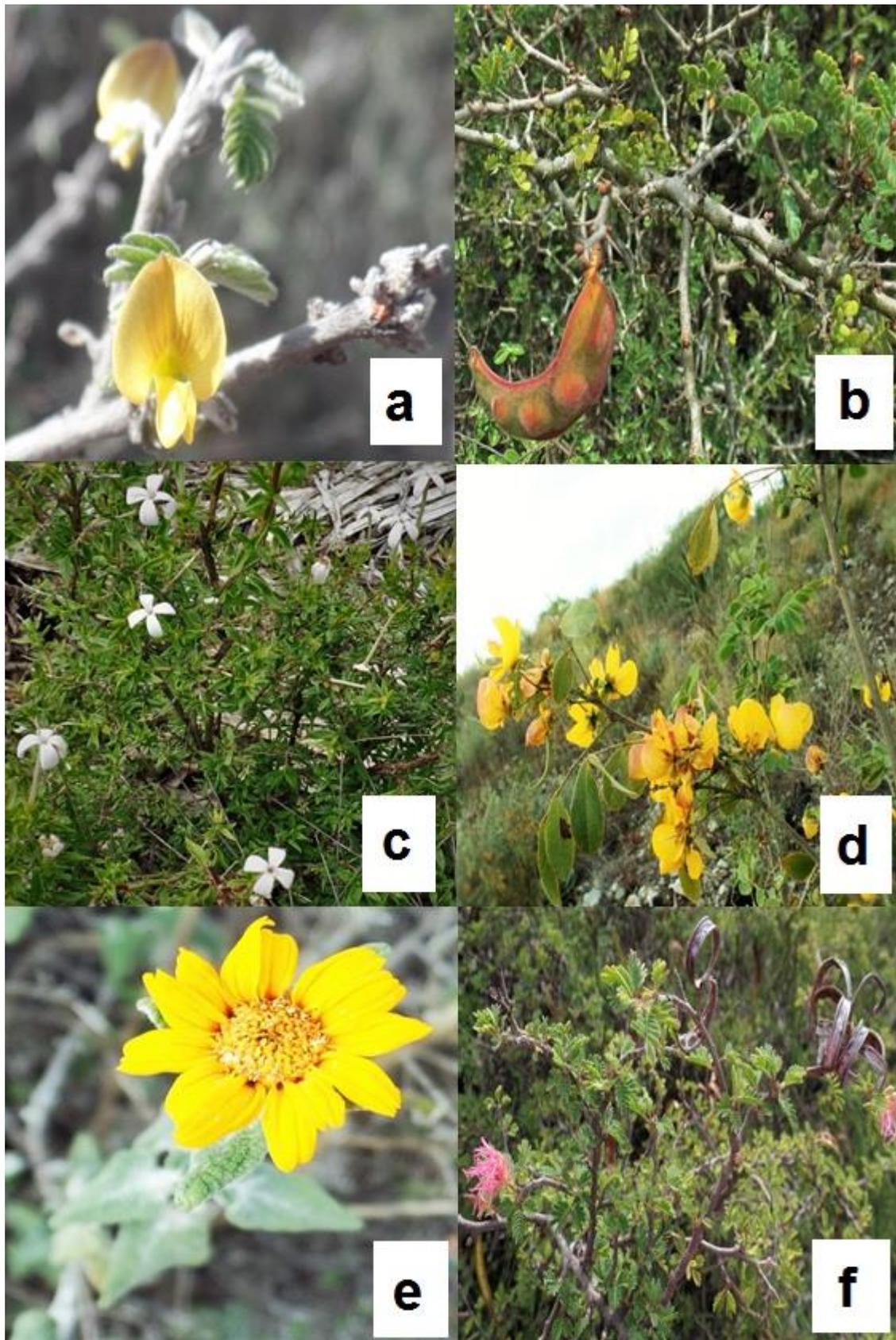
**Figura 11.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán. a) *Yucca periculosa* (Agavaceae), b) *Actinocheita filicina* (Anacardiaceae), c) *Euphorbia rossiana* (Euphorbiaceae), y d) *Fouquieria formosa* (Fouquieriaceae).



**Figura 12.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán. a) *Croton hypoleucus* (Euphorbiaceae), b) *Gochnatia hypoleuca* (Asteraceae), c) *Cnidocolus tehuacanensis* (Euphorbiaceae), y d) *Schaefferia stenophylla* (Celastraceae).



**Figura 13.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán. a) *Mimosa lacerata* (Leguminosae), b) *Ipomoea murucoides* (Convolvulaceae), c) *Dalea bicolor* (Leguminosae), d) *Perymenium mendezii* (Asteraceae), e) *Calliandra hirsuta* (Leguminosae) y f) *Lippia graveolens* (Verbenaceae).



**Figura 14.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán. a) *Aeschynomene compacta* (Leguminosae), b) *Painteria elachistophylla* (Leguminosae), c) *Bouvardia erecta* (Rubiaceae), d) *Senna holwayana* (Leguminosae), e) *Jefea pringlei* (Asteraceae) y f) *Calliandropsis nervosus* (Leguminosae).

### 9.1.2 Distribución espacial

- **Estructura vertical**

Para ambas laderas (L1 y L2), se registró un total de 382 individuos de los cuales, el estrato arbustivo fue el más representativo dentro del muestreo.

**L1.** Se contabilizaron 223 individuos, de los cuales 205 presentan forma de vida arbustiva (92%) siendo el estrato mediano (>1.1-2m) el mejor representado con 123 individuos (55.2%). En el estrato arbóreo se presentaron 18 individuos (8.1%), constituido por 10 árboles (4.5%) y ocho individuos arborescentes (3.6%), ambos de tamaño bajo ( $\geq 4-15\text{m}$ ).

**L2.** Se muestrearon 159 individuos, de estos, 153 (96.4%) son arbustos y 85 de ellos (53.5%), son de tamaño bajo ( $\leq 1\text{m}$ ). El estrato arbóreo presentó seis individuos de tamaño bajo (4-15m), de los cuales dos (1.3%) fueron árboles y cuatro arborescentes (2.51%) [Cuadro 2].

**Cuadro 2.** Estructura vertical de estratos bajo, medio y alto en laderas 1 y 2 (L1, L2) mostrando número de individuos y porcentaje que representan. Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. No Presente=NP. En negritas se destacan los valores más altos.

Forma de Vida (382 indiv.)	Arbustos			Arboles			Arborescentes		
	Bajo	Mediano	Alto	Bajo	Mediano	Alto	Bajo	Mediano	Alto
Estratos	≤ 1m	>1.1-2m	2-≥4m	≤4-15m	15.1-30m	≥ 30m	≤4-15m	15-30m	≥ 30m
<b>L1</b> (223 indiv.)	48 (21.5%)	<b>123</b> <b>(55.2%)</b>	34 (15.2%)	<b>10</b> <b>(4.5%)</b>	NP	NP	<b>8</b> <b>(3.6%)</b>	NP	NP
<b>L2</b> (159 indiv.)	<b>85</b> <b>(53.5%)</b>	57 (35.9%)	11 (7%)	2 (1.3%)	NP	NP	4 (2.51%)	NP	NP

- **Estructura horizontal**

En **L1** se registraron 223 individuos, concernientes a 20 especies; mientras que en la **L2**, se reportaron 159 plantas correspondientes a 24 especies [Cuadro 1].

- **Estrato arbustivo**

**L1.** Se contabilizaron 205 individuos, pertenecientes a 16 especies. Las especies que destacaron por su valor de importancia (VI) debido a su densidad y frecuencia relativa, fueron: *Lippia graveolens* (VI=31.45%, Den. Rel.=21.97%, Frec. Rel.=8.20%) y *Aeschynomene compacta*, (VI=27.31%, Den. Rel.=15.70%, Frec. Rel.=8.20%).

Otras especies que poseen un alto VI, basado en su cobertura vegetal, son: *Mimosa lacerata*; (VI=28.32%, Cob. Rel.=17.7%), *Senna holwayana*; VI=21.91%, Cob. Rel.=15.65%), *Perymenium mendezii*; (VI= 23.26%, Cob. Rel.=12.22%) y *Cnidosc ulus tehuacanensis*; (VI=18.17, Cob. 11%).

En cuanto a las especies que presentaron un bajo VI debido a su baja densidad de individuos están: *Bouvardia longiflora*, *Dalea bicolor* y *P. mendezii*, donde todas estas especies poseen el mismo VI=2.09% y Den. Rel.=0.45%.

**L2.** Se registraron 159 individuos, de 22 especies. Las mayores contribuciones del VI, asociado a la cobertura vegetal, son de *Mimosa lacerata* (VI=35.32%, Cob. Rel.=26.38%) y *Lippia bracteosa* (VI=21.55%, Cob. Rel.=15.31%).

Además, existen especies con altos valores de VI influenciados por la amplia cobertura y frecuencia, como son: *Cnidosc ulus tehuacanensis* (VI=

22.05%, Cob. Rel.=8.51%, Frec. Rel.=7.25%) y *Painteria elachistophylla* (VI=18.10% Cob. Rel.=7.25%, Frec. Rel.=5.80%).

Con relación a especies de VI elevados con una mayor densidad de individuos están: *Perymenium mendezii* (VI=23.88%, Den. Rel.=13.21%), *Lippia graveolens* (VI=21.71%, Den. Rel.=12.58%), y *Calliandriopsis nervosus* (VI=17.39%, Den. Rel.=9.43%).

Las especies que presentaron los VI más bajos por su baja densidad de individuos y su muy escasa cobertura vegetal fueron: *Gochnatia hypoleuca*, *Hibiscus longifilus*, *Mentzelia hispida* y *Calliandra hirsuta*; así mismo, estas especies presentaron los mismos valores de VI=2.08% y Den. Rel.=0.63% [Cuadro 3, Gráfica 1]

- **Estrato arbóreo**

**L1.** Se registraron 18 individuos, pertenecientes a cuatro especies y a cuatro familias. La especie que presentó mayor VI fue *Ipomea murucoides* (VI=11.18% Cob. Rel.=6.55%), el cual está asociado a su amplia cobertura vegetal. Las especies que basaron su VI en su frecuencia relativa fueron *Actinocheita filiciana* (VI=11.3%, Frec. Rel.=4.92), *Yucca periculosa* (VI=10.41% Frec. Rel.=4.92%), donde esta última destaca por tener mayor densidad de individuos (3.59%) y muy baja cobertura (1.91%) y, por último, *Fouquieria formosa* que fue la especie con el VI más bajo (2.09%).

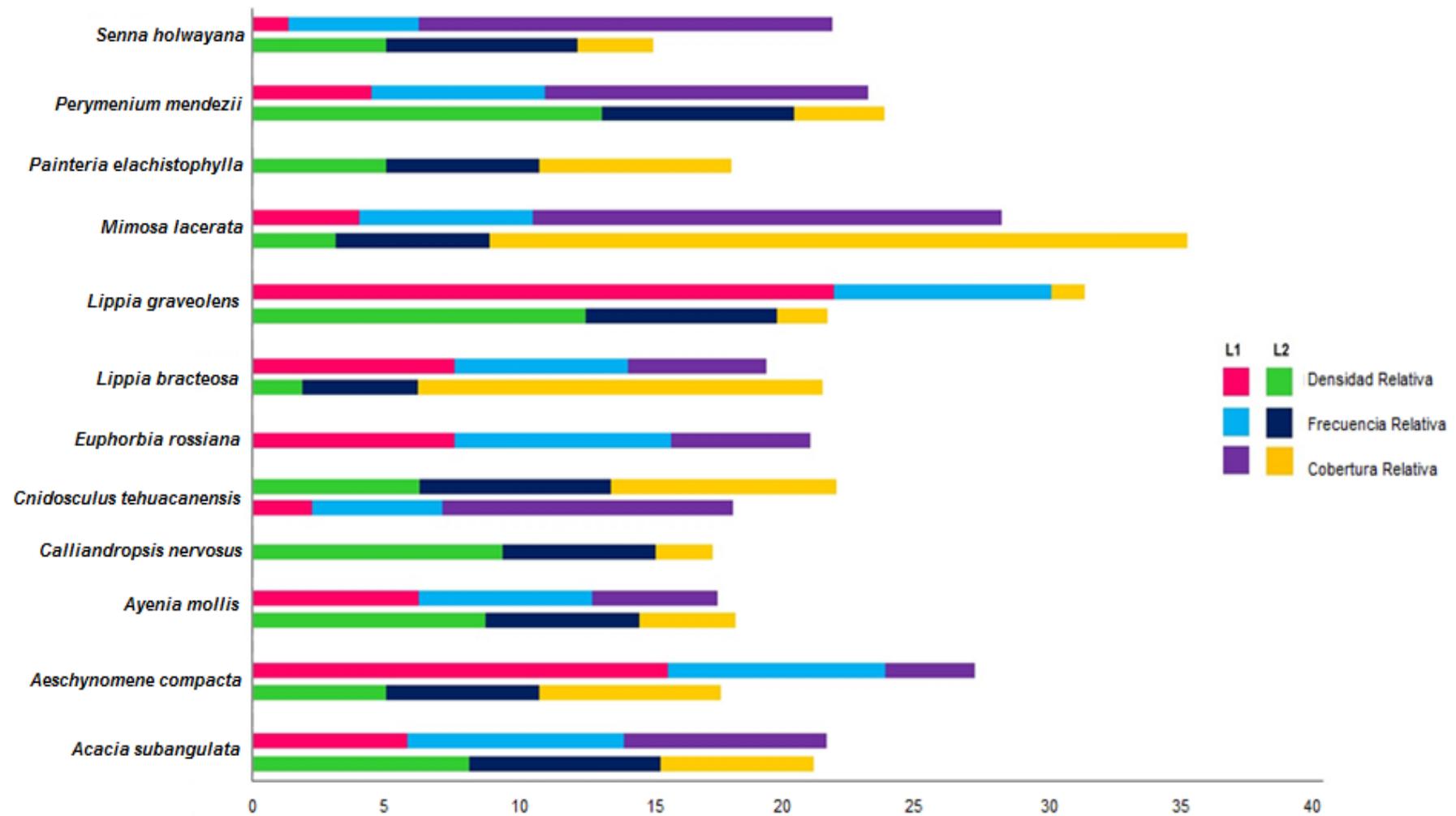
**L2.** Se contabilizaron únicamente seis individuos de dos especies, de las cuales *Actinocheita filicina* es la que presenta el mayor VI (7.44%) y cobertura vegetal (3.28%), y *Yucca periculosa* aportó la mayor densidad (2.52%) [Cuadro 4, Gráfica 2].

**Cuadro 3.** Especies muestreadas del estrato arbustivo, en las laderas 1 (L1) y 2 (L2). Se muestran los valores de densidad, frecuencia y cobertura relativos, así como el valor de importancia (VI). Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. En negritas se destacan los valores más altos. No Presente=NP. Continúa

Especies	Densidad Relativa		Frecuencia Relativa		Cobertura Relativa		Valor de Importancia	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
<i>Acacia subangulata</i>	5.83	<b>8.18</b>	<b>8.20</b>	7.25	<b>7.66</b>	5.78	<b>21.68</b>	<b>21.20</b>
<i>Aeschynomene compacta</i>	<b>15.70</b>	5.03	<b>8.20</b>	5.80	3.42	6.86	<b>27.31</b>	17.69
<i>Agonandra racemosa</i>	NP	1.26	NP	1.45	NP	0	NP	2.71
<i>Ayenia mollis</i>	6.28	8.81	6.56	5.80	4.74	3.63	17.58	<b>18.23</b>
<i>Bouvardia erecta</i>	0.45	NP	1.64	NP	0	NP	2.09	NP
<i>Calliandra hirsuta</i>	5.38	0.63	3.28	1.45	1.63	0	10.29	2.08
<i>Calliandropsis nervosus</i>	5.83	9.43	4.92	5.80	0.76	2.16	11.51	17.39
<i>Cnidosculus tehuacanensis</i>	2.24	6.29	4.92	<b>7.25</b>	11	8.51	<b>18.17</b>	<b>22.05</b>
<i>Croton hypoleucus</i>	NP	1.89	NP	2.90	NP	4.64	NP	9.42
<i>Dalea bicolor</i>	0.45	1.89	1.64	2.90	0	2.25	2.09	7.04
<i>Euphorbia rossiana</i>	7.62	NP	<b>8.20</b>	NP	5.25	NP	<b>21.07</b>	NP
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	NP	0.63	NP	1.45	NP	0	NP	2.08
<i>Hibiscus longifilus</i>	NP	0.63	NP	1.45	NP	0	NP	2.08
<i>Jefea pringlei</i>	NP	1.89	NP	1.45	NP	0	NP	3.34
<i>Lantana involucrata</i>	NP	1.26	NP	1.45	NP	0	NP	2.71
<i>Lippia bracteosa</i>	7.62	1.89	6.56	4.35	5.24	<b>15.31</b>	<b>19.43</b>	<b>21.55</b>
<i>Lippia graveolens</i>	<b>21.97</b>	<b>12.58</b>	<b>8.20</b>	<b>7.25</b>	1.28	1.88	<b>31.45</b>	<b>21.71</b>
<i>Mentzelia hispida</i>	NP	0.63	NP	1.45	NP	0	NP	2.08
<i>Mimosa lacerata</i>	4.04	3.14	6.56	5.80	<b>17.73</b>	<b>26.38</b>	<b>28.32</b>	<b>35.32</b>

**Cuadro 3. Continuación.**

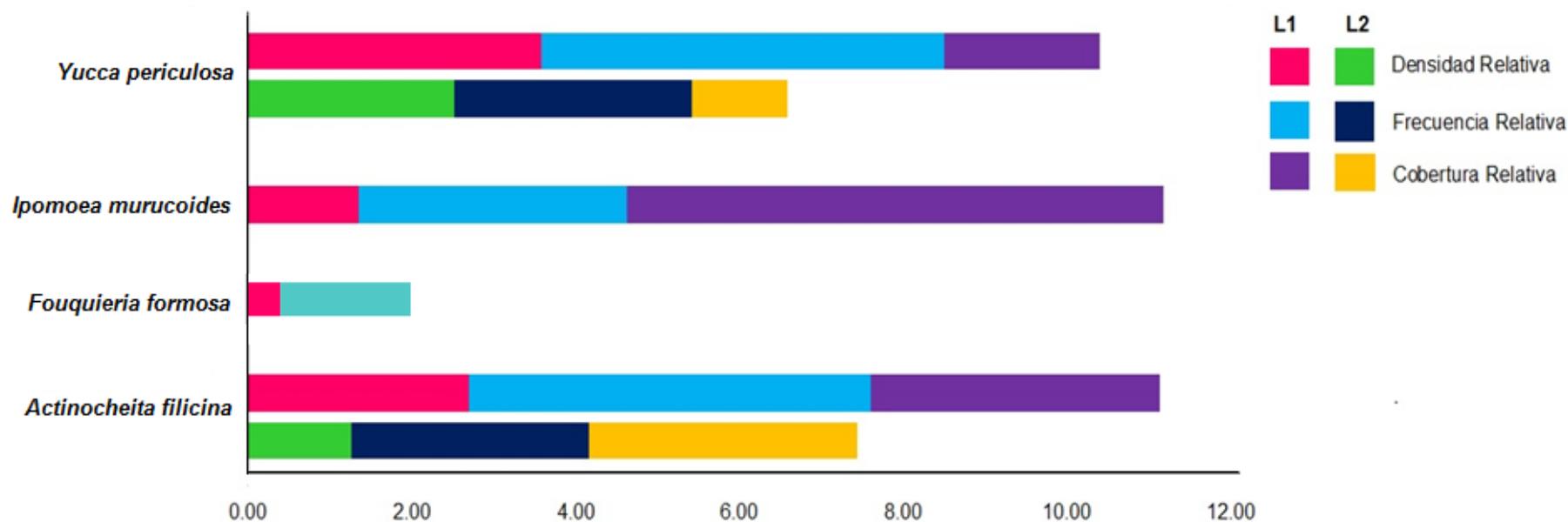
Especies	Densidad Relativa		Frecuencia Relativa		Cobertura Relativa		Valor de Importancia	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
<i>Painteria elachistophylla</i>	NP	5.03	NP	5.80	NP	7.27	NP	<b>18.10</b>
<i>Perymenium mendezii</i>	4.48	<b>13.21</b>	6.56	<b>7.25</b>	<b>12.22</b>	3.42	<b>23.26</b>	<b>23.88</b>
<i>Salvia aspera</i>	0.45	4.40	1.64	5.80	NP	2.15	2.09	12.35
<i>Schaefferia stenophylla</i>	2.24	2.52	3.28	2.90	1.45	2.44	6.97	7.85
<i>Senna holwayana</i>	1.35	5.03	4.92	7.25	<b>15.65</b>	2.85	<b>21.91</b>	15.13



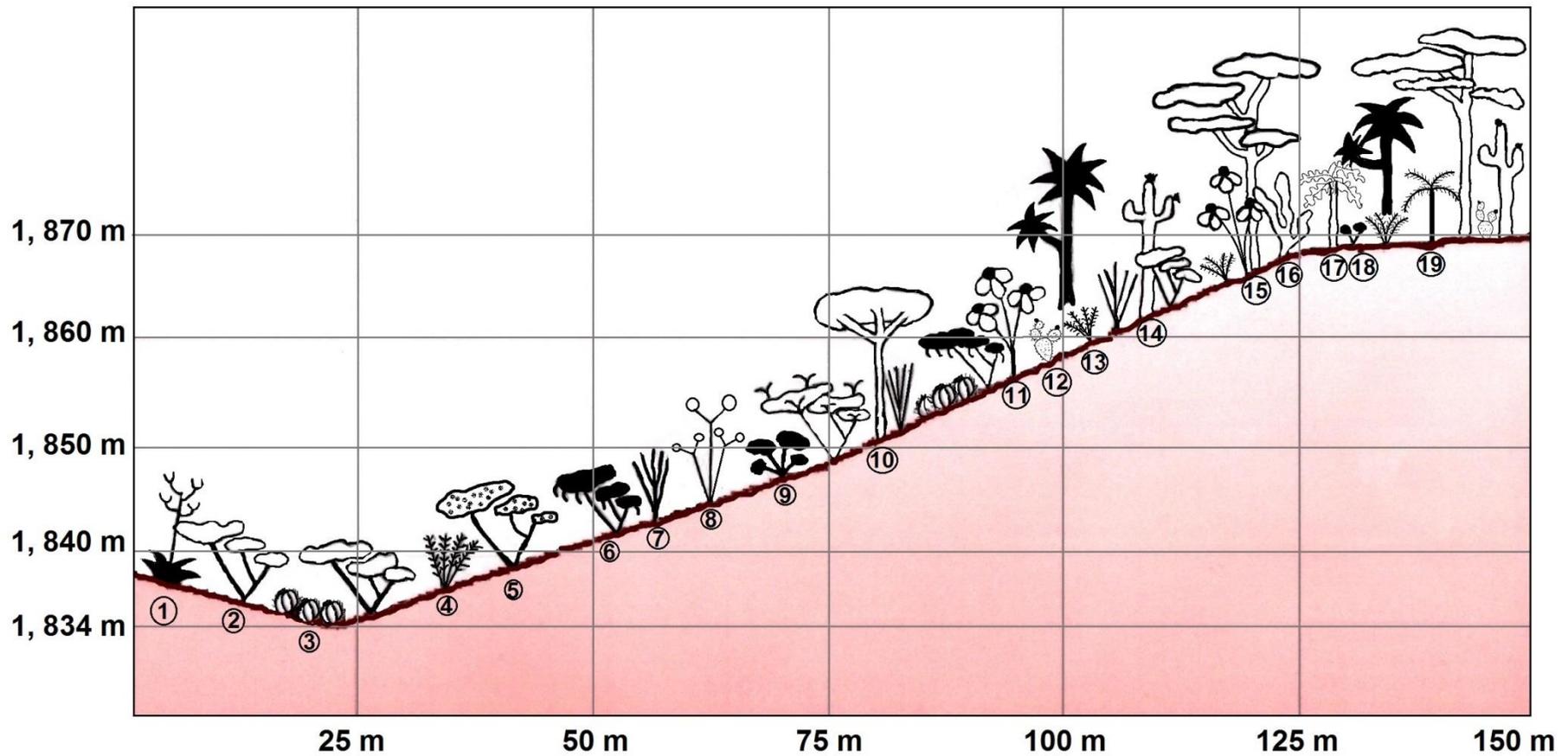
**Gráfica 1.** Valores de importancia relativa referidos a las laderas 1 (L1) y 2 (L2) para el estrato arbustivo, de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.

**Cuadro 4.** Valores de densidad, frecuencia, cobertura e importancia relativos en las laderas 1 (L1) y 2 (L2) de las especies muestreadas en el estrato arbóreo/arborescente?, de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. En negritas se destacan los valores más altos. No Presente=NP

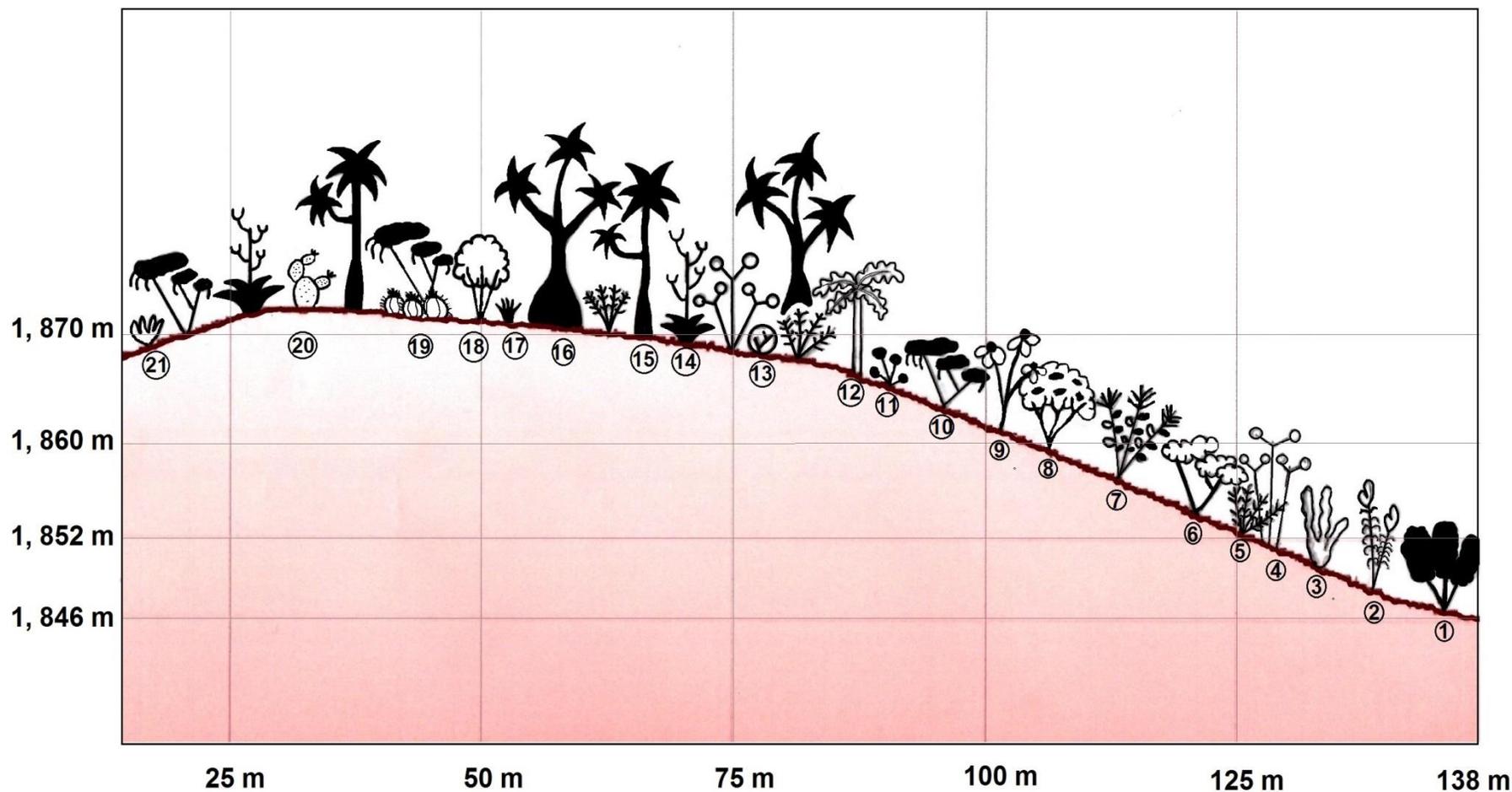
Especie	Densidad Relativa		Frecuencia Relativa		Cobertura relativa		Valor de Importancia	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
<i>Actinocheita filicina</i>	<b>2.69</b>	1.26	<b>4.92</b>	<b>2.90</b>	3.53	<b>3.28</b>	<b>11.13</b>	<b>7.44</b>
<i>Ipomea murucoides</i>	1.35	NP	3.28	NP	<b>6.55</b>	NP	<b>11.18</b>	NP
<i>Yucca periculosa</i>	<b>3.59</b>	<b>2.52</b>	<b>4.92</b>	<b>2.90</b>	1.91	1.18	<b>10.41</b>	6.59
<i>Fouquieria formosa</i>	0.45	0.45	NP	1.64	0	NP	2.09	NP



**Gráfica 2.** Valores de importancia relativa referidos a las laderas 1 (L1) y 2 (L2) para el estrato arbóreo, de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.



**Figura 15.** Perfil de Vegetación de la Ladera 1 (L1). 1) *Agave potatorum*, 2) *Lippia graveolens*, 3) *Ferocactus robustus*, 4) *Mimosa lacerata*, 5) *Lippia bracteosa*, 6) *Acacia subangulata*, 7) *Euphorbia rossiana*, 8) *Cnidocolus tehuacanensis*, 9) *Ayenia mollis*, 10) *Ipomoea murucoides*, 11) *Plumeria rubra*, 12) *Opuntia pilifera*, 13) *Yucca periculosa*, 14) *Pilosocereus chrysacanthus*, 15) *Cytocarpa procera*, 16) *Schaefferia stenophylla*, 17) *Actinocheita filicina*, 18) *Calliandra hirsuta*, y 19) *Fouquieria formosa*.



**Figura 16.** Perfil de Vegetación de la Ladera 2 (L2). 1) *Painteria elachistophylla*, 2) *Salvia aspera*, 3) *Schaefferia stenophylla*, 4) *Cnidoscopus tehuacanensis*, 5) *Mimosa lacerata*, 6) *Lippia graveolens*, 7) *Gochnatia hypoleuca*, 8) *Perymenium mendezii*, 9) *Plumeria rubra*, 10) *Acacia subangulata*, 11) *Ayenia mollis*, 12) *Actinocheita filicina*, 13) *Dalea bicolor*, 14) *Agave marmorata*, 15) *Yucca periculosa*, 16) *Beaucarnea purpusii*, 17) *Hibiscus longifilus*, 18) *Croton hypoleucus*, 19) *Ferocactus robustus*, 20) *Opuntia pilifera*, y 21) *Mentzelia hispida*.

### 9.1.3 Diversidad alfa ( $\alpha$ )

Considerando el análisis de diversidad del **Índice de Shannon-Wiener** ( $H' = 0.43$ ) y el **Índice de Equidad** ( $J = 0.89$ ), se encontró que ambas laderas no presentan diferencias [Cuadro 5].

**Cuadro 5.** Valores de diversidad alfa ( $\alpha$ ) (índices de Shannon-Wiener y Equidad) y abundancia de especies presentes en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla.

Ladera	Índice de Shannon-Wiener (H)	Índice de Equidad (J)	Riqueza de especies (S)	Abundancia No. Individuos
1	0.45	0.92	20	223
2	0.41	0.87	24	159

### 9.1.4 Diversidad beta ( $\beta$ )

El Índice de Sørensen mostró que las laderas L1 y L2 tienen un 72% de semejanza. Se encontró que sólo cuatro especies son exclusivas de la L1: *Euphorbia rossiana*, *Fouquieria formosa*, *Ipomoea murucoides* y *Bouvardia erecta*; mientras que en la L2, se registraron ocho especies únicas: *Gochnatia hypoleuca*, *Jefea pringlei*, *Croton hypoleucus*, *Painteria elachistophylla*, *Mentzelia hispida*, *Hibiscus longifilus*, *Agonandra racemosa* y *Lantana involucrata*.

De las 16 especies que comparten L1 y L2, la mitad pertenece a la familia Leguminosae (ocho spp.); las demás especies son de las familias: Agavaceae, Anacardiaceae, Asteraceae, Celastraceae, Lamiaceae, Malvaceae y Verbenaceae [Cuadro 1].

## 9.2 Análisis de Factores Ecológicos

En el análisis entre laderas de la abundancia ( $p=0.0013$ ), la riqueza de especies ( $p=0.3549$ ), la diversidad ( $p=0.6040$ ) y la equidad ( $p=0.3324$ ) se observó que solo la abundancia presentó diferencias.

Para el análisis de los tres niveles de altitud en la L1, la abundancia ( $H=13.42$ ,  $p=0.001$ ), la riqueza de especies ( $H=18.01$ ,  $p=0.0001$ ), la diversidad ( $H=17.41$ ,  $p=0.0001$ ) y la equidad ( $H=8.39$ ,  $p=0.015$ ) mostraron diferencias significativas, mientras que para la L2 solo se presentaron diferencias en la abundancia de especies ( $H=7.27$ ,  $p=0.02$ )

### *Correlación de Spearman*

El análisis de correlación mostró que en la L1 la abundancia, riqueza de especies (S), y los índices de diversidad ( $H'$ ) y equidad (J) están correlacionados; mientras que la L2, sólo se correlacionó con la abundancia de especies [Cuadro 6].

**Cuadro 6.** Valores de Correlación de Spearman para las laderas 1 (L1) y 2 (L2) con factores ambientales, Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla. En negritas se destacan los valores más altos.

	Pendiente				Altitud			
	L1		L2		L1		L2	
	R	p	R	p	R	p	R	p
<b>Abundancia</b>	0.24	0.07	-0.15	0.29	<b>0.32</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.38</b>	<b>0.00</b>
<b>Cobertura</b>	-0.04	0.74	0.40	0.78	0.05	0.66	-0.13	0.35
<b>Riqueza(S)</b>	0.21	0.12	0.01	0.94	<b>0.51</b>	<b>0.00</b>	-0.21	0.15
<b>Diversidad (<math>H'</math>)</b>	0.21	0.10	0.042	0.77	<b>0.51</b>	<b>0.00</b>	-0.16	0.27
<b>Equidad (J)</b>	0.24	0.06	0.05	0.73	<b>0.30</b>	<b>0.02</b>	-0.03	0.83

### **9.3 Composición florística, usos y categoría de riesgo**

#### **9.3.1 Composición florística**

Con base en la revisión bibliográfica, se reportan los usos y partes usadas de las especies vegetales que conforman la comunidad vegetal, incluyendo: *i*) arbustos, *ii*) árboles, y *iii*) hierbas, de ambas laderas (L1 y L2) [Cuadro 7].

De acuerdo al levantamiento florístico que se llevó a cabo en las dos laderas, se registraron 33 familias, 74 géneros y 89 especies; las familias más representativas fueron, Leguminosae con 13 géneros y 18 especies, y Asteraceae con 10 géneros y 10 especies; mientras que 17 familias estuvieron representadas sólo por un género y una especie [Figuras 17, 18, 19 y 20; Cuadro 7].

De acuerdo con García-Mendoza (2011), además de las tres formas de vida antes mencionadas, éstas pueden subdividirse en: *iv*) hierbas rosetófilas y *v*) arborescentes rosetófilas; lo anterior, con el fin de explicar las formas de vida más relevantes que se presentan en los matorrales xerófilos mexicanos.

De éstas, los arbustos se presentan como el dominante fisonómico, al representar el 59% (53 spp.) de la composición florística, siendo las familias Leguminosae (16 spp.), Cactaceae (6 spp.), Asteraceae (5 spp.) y Verbenaceae (5 spp.) las más importantes.

El 24.4% (22 spp.) lo representaron las herbáceas, con el mayor aporte dado por la familia Asteraceae (5 spp.); mientras que los árboles conforman el 10% (9 spp.) de la comunidad vegetal, representados por diversas familias que solamente presentan una única especie como Burseraceae, Convolvulaceae,

Fouquieriaceae, Leguminosae y Rutaceae, o dos especies como Anacardiaceae y Rubiaceae.

Las otras dos formas de vida, en conjunto, suman el 6.6% (6 spp.) de las familias Agavaceae (3 spp.) y Bromeliaceae (1 sp.), con cuatro especies rosetófilas (4.4%); y dos especies arborescentes rosetófilas (2.2%), de las familias Agavaceae y Nolinaceae.

Del total de las especies que conforman la composición florística de ambas laderas, el 36.6% (33 spp.) presentan algún tipo de endemismo. De éstas el 75.7% (25 spp.) están reportadas como endémicas de México, donde las más importantes por tener el mayor número de especies son las familias: Leguminosae (5 spp.), Agavaceae (4 spp.), Asteraceae (3 spp.), Cactaceae (3 spp.) y Celastraceae (3 spp.); mientras que sólo el 24.2% (8 spp.) son endémicas del VTC, como las familias Cactaceae, Lamiaceae, Leguminosae, Malvaceae y Nolinaceae [Cuadro 7].

### **9.3.2 Usos**

A partir de la revisión bibliográfica para conocer el usos de las plantas, éstas se clasificaron en 13 categorías: comestible, ceremonial, combustible, estimulante, forrajera, maleza de especies específicas, maderable (construcción, juguetes, etc.), medicinal, ornamental, tóxica, artesanal, elaboración de bebidas alcohólicas y utilización de fibras. Los usos más comunes fueron el medicinal (28 spp.), comestible (14 spp), forrajera (13 spp.) y ornamental (13 spp).

Así mismo, las familias más utilizadas son Agavaceae (7 usos), Asteraceae (6 usos) y Leguminosae (5 usos).

En cuanto a las partes aprovechadas, se mencionan diversos órganos o estructuras de las plantas como son: escapo, corteza, flor, fruto, hojas, madera, ramas, raíz, semilla, tallo o toda la planta.

Se encontró que de 22 especies, se utiliza toda la planta; por ejemplo, *Agave potatorum* Zucc., *Euphorbia cymbifera* (Schltdl.) V.W.Steinm. y *Calliandropsis nervosus*; mientras que en 11 especies, sólo se utilizan las hojas como en *Cnidoscolus tehuacanensis*, *Dalea bicolor*, *Lippia graveolens*; en diez fueron los frutos, como en *Brahea dulcis* (Kunth) Mart., *Pilosocereus chrysacanthus* (F.A.C.Weber ex K. Schum.) Byles & G.D.Rowley y *Hintonia latiflora* (Sessé & Moc. Ex DC.), y en siete especies únicamente las flores, como en *Bouvardia longiflora* (Cav.) Kunth, *Plumeria rubra* L. y *Gymnosperma glutinosum* (Spreng.) Less [Cuadro 7].

**Cuadro 7.** Listado florístico, y usos de las plantas colectadas en Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Puebla. Se registraron 32 familias, 68 géneros y 82 especies. **Forma de Vida:** Ab=Arbusto, Ar=Árbol, Cd=Candelabro, H=Hierba, R=Rosetófila, Ra=Rosetófila arborescente. **Usos:** 1=Comestible, 2=Ceremonial, 3=Combustible, 4=Estimulante, 5=Forrajera, 6=Insecticida, 7=Herramienta/Construcción, 8=Medicinal, 9=Ornamental, 10=Tóxica, 11=Artesanal, 12=Bebida alcohólica, 13=Fibras. **Partes Usadas:** Es=Escapo, C=Corteza, Fl=Flor, Fr=Fruto, H=Hojas, M=Madera, R=Ramas, Rz=Raíz, S=Semilla, T=Tallo, Tp=toda la planta. \*=Endémicas de México, \*\*=Endémicas del Valle de Tehuacán. El arreglo de las especies es de acuerdo a Cronquist, 1981.

Clases, Familias y Especies	Nombre Común	Forma de Vida	Usos	Parte Usada
<b>LILIOPSIDA</b>				
<b>AGAVACEAE</b>				
* <i>Agave marmorata</i> Roezl.	tepeztate, maguey curandero,	R	1, 3, 7, 8, 9, 11, 12	Tp, Es
* <i>Agave peacockii</i> Croucher	capulixtli, catashé, escobetilla, tlamotl, maguey fibroso	R	11, 13	Tp
* <i>Agave potatorum</i> Zucc.	papalometl, papalomé, maguey papalomé	R	1, 8, 12	Tp
* <i>Yucca periculosa</i> Chabaud.	izote, palmito verde, rasposo, cacayas (flores)	Ra	1, 7	Tp
<b>COMMELINACEAE</b>				
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	-----	H	-----	-----
<b>MAGNOLIOPSIDA</b>				
<b>ACANTHACEAE</b>				
<i>Dicliptera sexangularis</i> (L.) Juss.	pensamiento	H	-----	-----
<i>Justicia ramosa</i> (Oerst.) V.A.W. Graham	-----	H	-----	-----
<b>ANACARDIACEAE</b>				
* <i>Actinocheita filicina</i> (DC.) F.A. Barkley	teclatillo, teclate blanco	Ar	-----	-----
<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth	chupandía, chupandío	Ar	8	Tp

Cuadro 7. Continuación

Familias y Especies	Nombre Común	Forma de Vida	Usos	Parte Usada
<b>ARECACEAE</b>				
<i>Brahea dulcis</i> (Kunth) Mart.	palmilla, palma de sombrero, soyal	H	1, 7, 9	H, Fr
<b>ASTERACEAE</b>				
* <i>Ageratum tehuacanum</i> R. M. King & H. Rob.	-----	H	-----	-----
* <i>Bidens serrulata</i> (Poir.) Desf.	aceitilla	H	5	Tp
<i>Dalia coccinea</i> Cav.	dalia	H	1, 8, 9	Rz, H, Fr
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	tatalencho, xincuite	H	2, 8	H, Fl
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A.Gray	-----	Ab	-----	-----
<i>Jefea pringlei</i> (Greenm.) Strother	-----	Ab	-----	-----
<i>Parthenium tomentosum</i> DC.	otatillo, huasaraco	Ab	8	M, T
<i>Perymenium mendezii</i> DC.	-----	Ab	-----	-----
* <i>Porophyllum linaria</i> (Cav.) DC.	papalo, pipicha, cola de coyote, hierba de venado	Ab	1, 2, 4	-----
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	mal de ojo, San Miguel, flor de gallito	H	5, 8, 9	Tp
<b>APOCYNACEAE</b>				
<i>Plumeria rubra</i> L.	cacalosuchil, cacaloxochitl	Ab	2, 8	Fl, C
<b>BIGNONIACEAE</b>				
<i>Tecoma stands</i> (L.) Juss ex Kunth	tronadora	Ab	6, 7, 8, 11	Fl, Rz, H, M,C,R
<b>BROMELIACEAE</b>				
* <i>Hechtia podantha</i> Mez	lechuguilla	R	-----	-----
<i>Tillandsia makoyana</i> Baker f.	gallitos, piña	H	-----	-----
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	pastle	H	5, 8	Tp

**Cuadro 7. Continuación**

Familias y Especies	Nombre Común	Forma de Vida	Usos	Parte Usada
<b>BURSERACEAE</b>				
* <i>Bursera biflora</i> (Rose) Standl.	-----	Ar	-----	-----
<b>CACTACEAE</b>				
** <i>Coryphantha pallida</i> Britton & Rose	chiche de coneja	Ab	1, 9	Fr, Tp
** <i>Ferocactus robustus</i> (Pfeiff.) Britton & Rose	biznaga de piñita, cacto de piñita	Ab	9	-----
* <i>Pilosocereus chrysacanthus</i> (F.A.C.Weber ex K. Schum.) Byles & G.D.Rowley	barba de viejo, pitayo de abuelito,	Ar	1, 9	Fr, S
** <i>Mammillaria sphacelata</i> Mart.	caca de perro	Ar	2, 5, 9	Tp
* <i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber	nopal crinado, nopal de crines	Ab	1	Fr
* <i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	nopal cardón, cardón, cenizo, chaveño	Ab	1	Fr
<b>CELASTRACEAE</b>				
* <i>Schaefferia stenophylla</i> Standl.	cola de pavo	Ab	-----	-----
* <i>Wimmeria microphylla</i> Radlk.	palo de escoba	Ab	-----	-----
* <i>Wimmeria serrulata</i> Radlk.	-----	Ab	-----	-----
<b>CISTACEAE</b>				
<i>Lechea</i> sp.	-----	H	-----	-----
<b>CONVOLVULACEAE</b>				
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	ojitos azules, ojo de víbora,	H	8	-----
<i>Ipomoea murucoides</i> Roem. & Schult.	cazahuate, cazahuate blanco,	Ar	8, 10	Tp
<b>CUCURBITACEAE</b>				
<i>Cucumis melo</i> L.	melón	H	1	Fr
<b>EUPHORBIACEAE</b>				
<i>Croton hypoleucus</i> Schltld.	-----	Ab	-----	-----
* <i>Cnidocolus tehuacanensis</i> Breckon	mala mujer	Ab	8, 10	T, H, S

**Cuadro 7. Continuación**

Familias y Especies	Nombre Común	Forma de Vida	Usos	Parte Usada
* <i>Euphorbia rossiana</i> Pax	candelilla	Ab	8, 11	-----
<i>Euphorbia cymbifera</i> (Schltdl.) V.W. Steinm.	zapatito, zapatito del diablo	H	9	Tp
<b>FOUQUERIACEAE</b>				
<i>Fouquieria formosa</i> Kunth	palo santo, rabo de iguana, tlapacón	Ar	-----	-----
<b>LAMIACEAE</b>				
** <i>Salvia aspera</i> M. Martens & Galeotti	tripa borrego	Ab	8	-----
<i>Salvia lasiantha</i> Benth.	-----	Ab	-----	-----
<b>LEGUMINOSAE</b>				
<i>Acacia cochliacantha</i> Willd.	cubata	Ab	5, 8	R
<i>Acacia subangulata</i> Rose	sierrecilla	Ab	3	Tp
<i>Aeschynomene compacta</i> Rose	guajillo	Ab	-----	-----
<i>Brongniartia mollis</i> Kunth	-----	Ab	-----	-----
<i>Calliandra hirsuta</i> (G. Don) Benth.	-----	Ab	5	Tp
* <i>Calliandropsis nervosus</i> (Britton & Rose) H. M. Hern. & P.	-----	Ab	5	Tp
<i>Dalea bicolor</i> Willd.	cabeza de ratón, engorda cabra, escoba de chivo, mezquitillo, ramoncillo,	Ab	5, 8, 9	R, H
<i>Galactia brachystachys</i> Benth.	-----	H	-----	-----
<i>Hoffmannseggia humilis</i> (M. Martens & Galeotti) Hemsl.	-----	Ab	-----	-----
** <i>Lonchocarpus oaxacensis</i> Pittier	aguardientillo	Ab	7	Tp, M
* <i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	huicolote	Ab	-----	-----
* <i>Mimosa calcicola</i> Robinson	uña de gato	Ab	5	Tp
* <i>Mimosa lacerata</i> Rose	-----	Ab	-----	-----
** <i>Mimosa texana</i> (A. Gray) Small var. <i>filipes</i> (Britton & Rose) Barneby	-----	Ab	-----	-----
* <i>Painteria elachistophylla</i> (S. Watson) Britton & Rose	-----	Ab	-----	-----

**Cuadro 7. Continuación**

<b>Familias y Especies</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Forma de Vida</b>	<b>Usos</b>	<b>Parte Usada</b>
<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M. C. Johnst.	mezquite	Ar	3, 5, 7	Tp
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	frijolillo	Ab	3, 5, 7	Tp
<i>Senna holwayana</i> (Rose) H.S. Irwin & Barneby	-----	Ab	-----	-----
<b>LOASACEAE</b>				
<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	pega ropa, pegajoso, amor seco	Ab	8	-----
<b>MALPIGHIACEAE</b>				
<i>Gaudichaudia cycloptera</i> (Moc. & Sessé ex DC.) W. R. Anderson	-----	Ab	-----	-----
<i>Echinopterys eglandulosa</i> (A.Juss.) Small	-----	Ab	-----	-----
<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.	palo nanche	Ab	1, 8	C, Fr
<b>MALVACEAE</b>				
<i>Ayenia mollis</i> Brandegees	-----	Ab	-----	-----
** <i>Hibiscus longifilus</i> Fryxell	-----	Ab	-----	-----
<i>Sida rhombifolia</i> L.	malva, quesitos,	H	2, 4, 8	H, R
<b>NOLINACEAE</b>				
** <i>Beaucarnea purpusii</i> Rose	pata de elefante	Ra	9	Tp
<b>NYCTAGINACEAE</b>				
<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	maravillita	H	-----	-----
<i>Oxybaphus nyctagineus</i> (Michx.) Sweet	-----	H	8	-----
<b>OPILIACEAE</b>				
* <i>Agonandra racemosa</i> (DC.) Standl.	peinecillo, pega hueso, consuelda	Ab	8	H
<b>OROBANCHACEAE</b>				
<i>Lamourouxia viscosa</i> Kunth	chupamiel, najicoli	H	-----	-----
<b>PLANTAGINACEAE</b>				
<i>Russelia polyhedra</i> Zucc.	-----	Ab	-----	-----

Continúa Cuadro 7

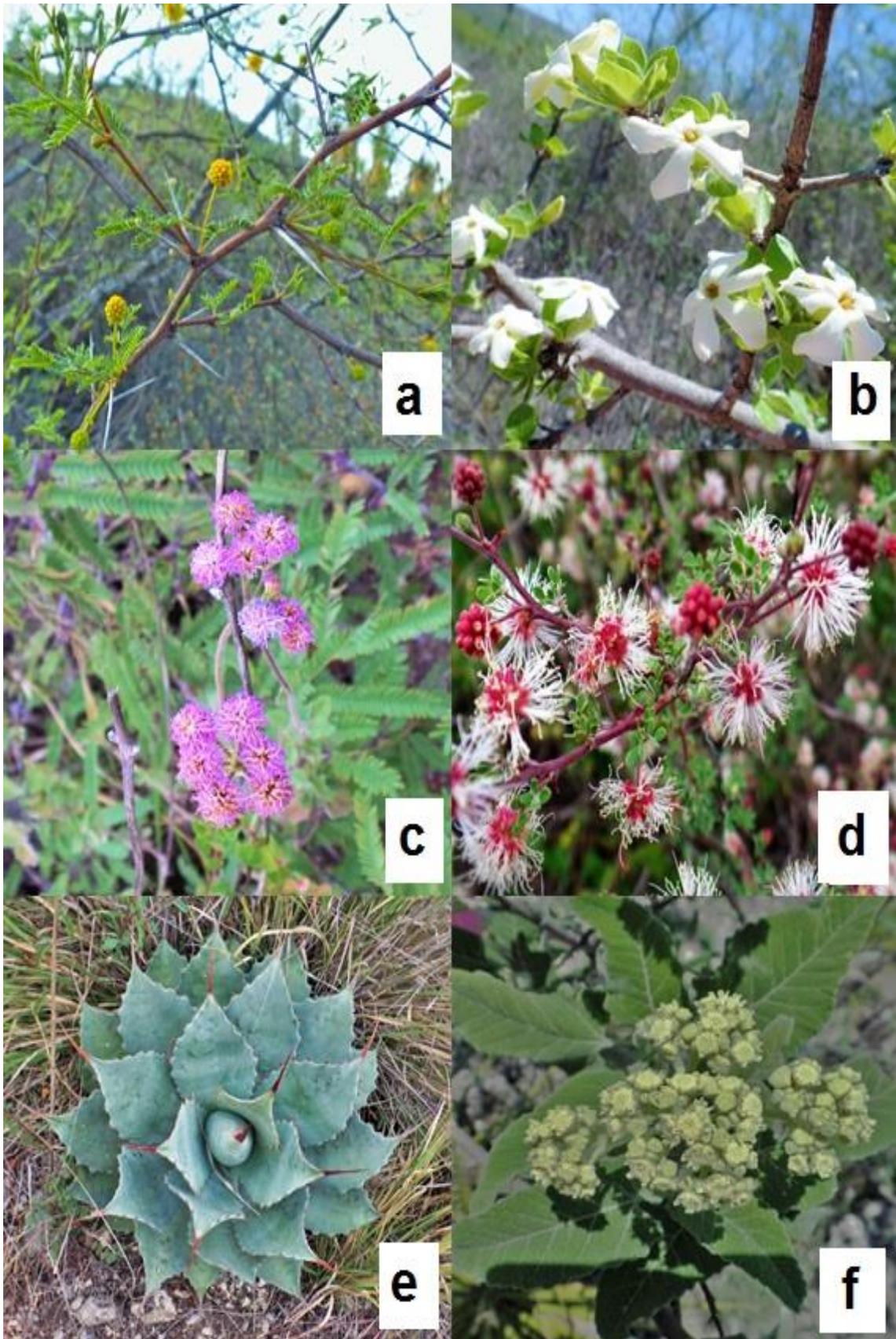
Familias y Especies	Nombre Común	Forma de Vida	Usos	Parte Usada
<b>RHAMNACEAE</b> <i>Karwinskia mollis</i> Schltld.	capulín, cualzorra	Ab	10	Tp
<b>RUBIACEAE</b> <i>Bouvardia erecta</i> (DC.) Standl. <i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth <i>Hintonia latiflora</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock <i>Randia echinocarpa</i> Sessé & Moc.	----- lágrima de María copalquín, quina amarilla grangel, cirián chino, crucecillo, crucillo chino	Ab Ab Ar Ar	5 9 2,8 8	Tp Fl C, Fr Fl, H, Fr
<b>RUTACEAE</b> <i>Ptelea trifoliata</i> L.	palo de zorrillo	Ar	8	Rz
<b>SELAGINELLACEAE</b> <i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	doradilla, siempre viva	H	4, 8, 9	-----
<b>SOLANACEAE</b> * <i>Physalis patula</i> Mill.	tomatillo pegajoso	H	6	Tp
<b>VERBENACEAE</b> <i>Lantana cámara</i> L. <i>Lantana involucrata</i> L. <i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson <i>Lippia bracteosa</i> (M. Martens & Galeotti) Moldenke <i>Lippia graveolens</i> Kunth	cinco negritos, hierba amarga, zapotillo orégano de monte ----- ----- orégano	Ab Ab Ab Ab Ab	----- 1, 8 ----- ----- 1, 3, 5, 8	----- Fl, H ----- ----- Fl, H

### 9.3.3 Categoría de riesgo

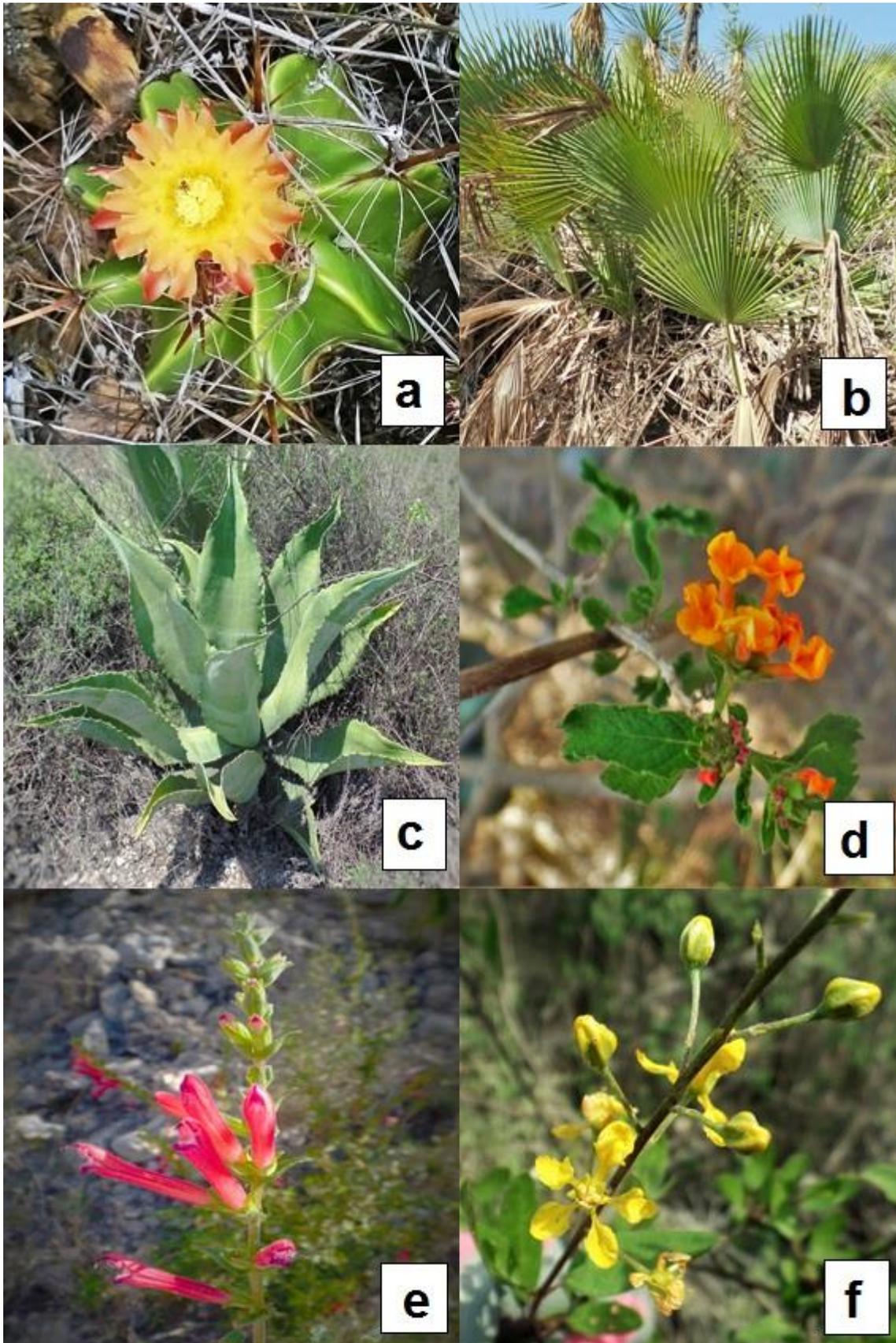
Así mismo, de acuerdo con la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 para Categoría de Riesgo, se encontraron tres especies en las categorías de: Peligro de extinción (P), amenazada (A), y sujeta a protección especial (Pr) [Cuadro 8].

**Cuadro 8.** Especies de Villa Alegría, Municipio de Santiago Miahuatlán, Valle de Tehuacán, Puebla, en Categoría de Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010). P=Peligro de extinción, A=Amenazada, Pr=Protección Especial. \*Endémica de México, \*\*Endémica del Valle de Tehuacán.

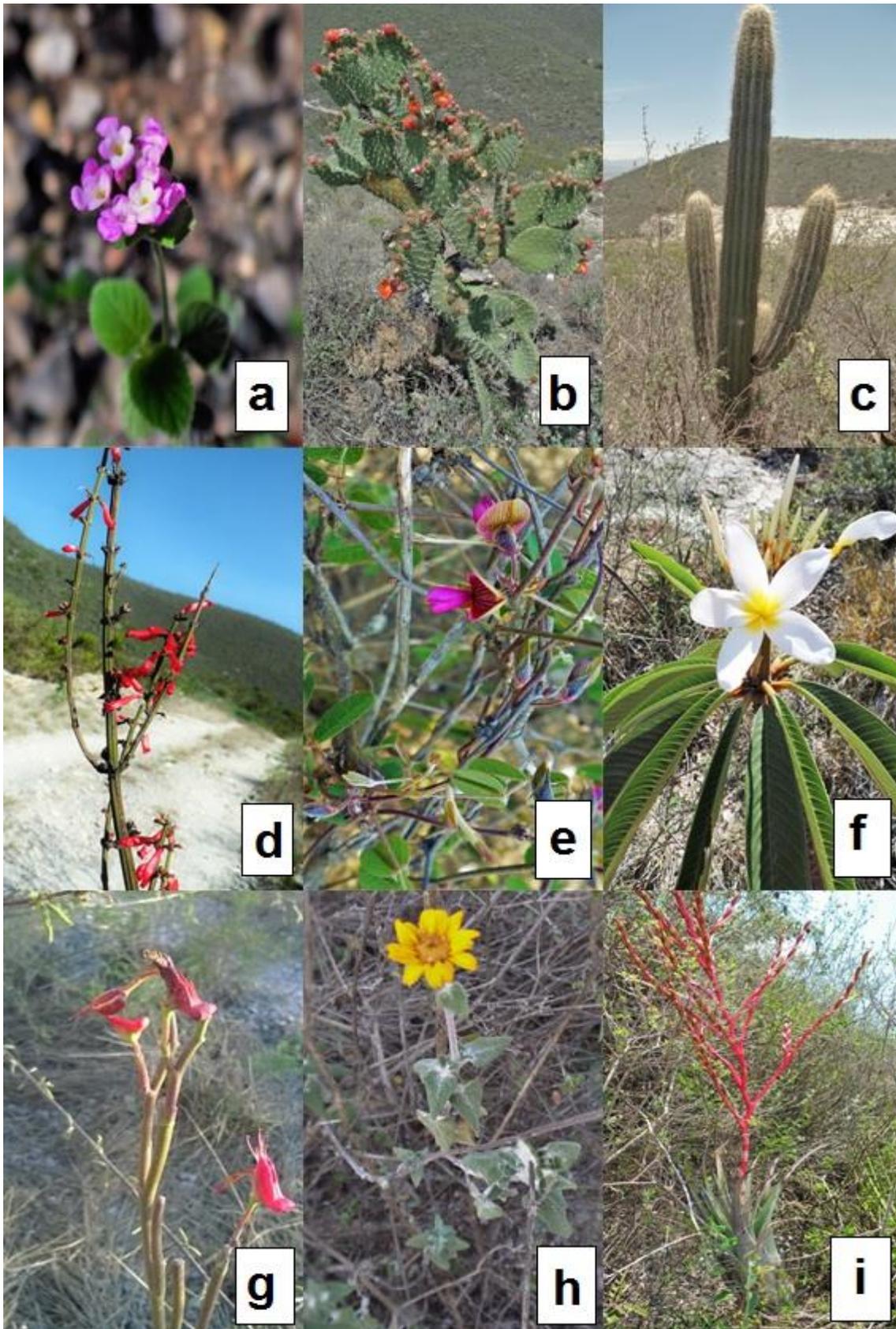
Familia	Especie	Categoría	Distribución
Agavaceae	<i>Agave peacockii</i> Croucher	Pr	*Endémica
Nolinaceae	<i>Beaucarnea purpusii</i> Rose	P	**Endémica
Rubiaceae	<i>Bouvardia erecta</i> (DC.) Standl.	A	No endémica



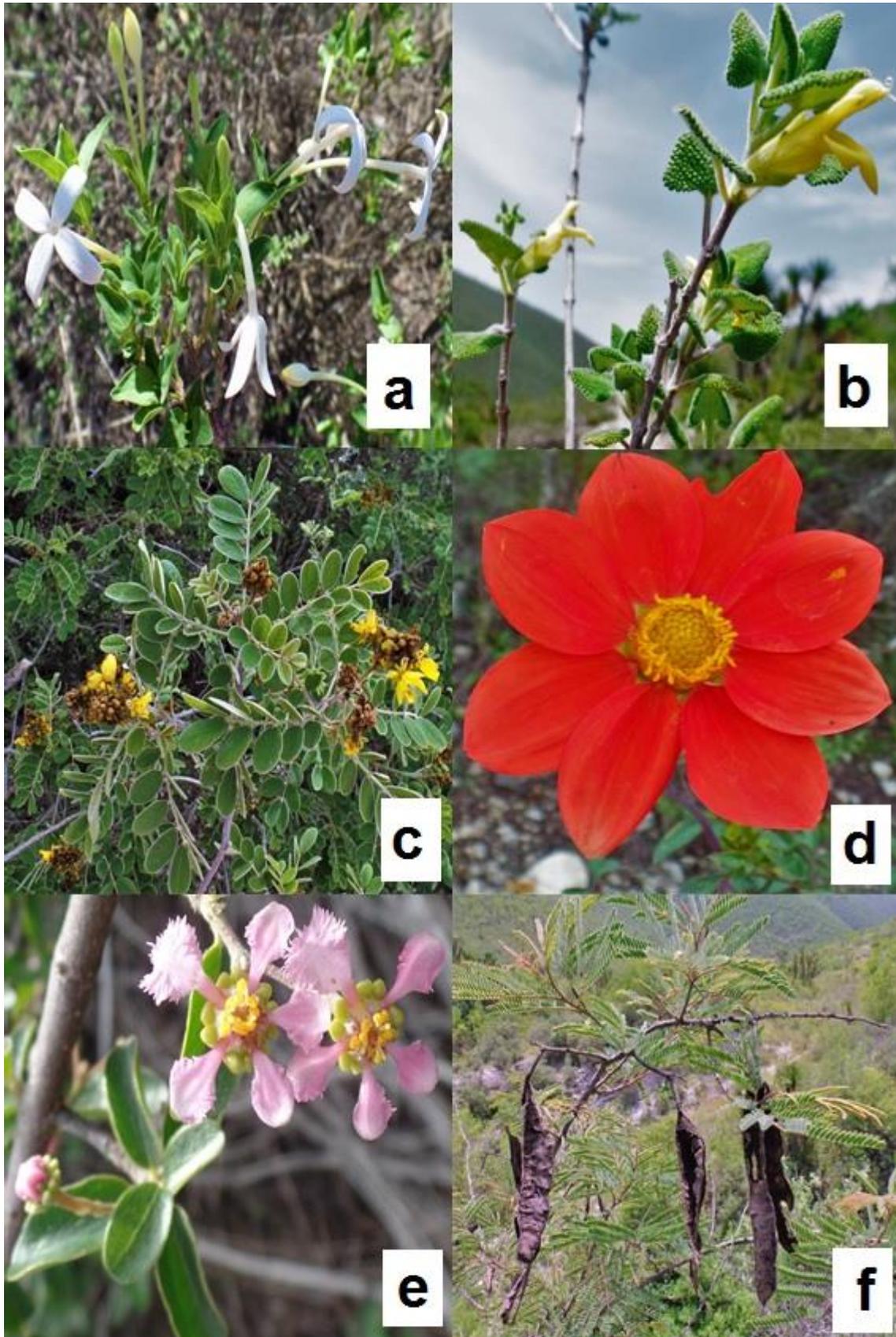
**Figura 17.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán. a) *Acacia cochliacantha* (Leguminosae), b) *Randia echinocarpa* (Rubiaceae), c) *Ageratum tehuacanum* (Asteraceae), d) *Mimosa calcicola* (Leguminosae), e) *Agave potatorum* (Agavaceae), y f) *Parthenium tomentosum* (Asteraceae).



**Figura 18.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) *Ferocactus robustus* (Cactaceae), b) *Brahea dulcis* (Arecaceae), c) *Agave marmorata* (Agavaceae), d) *Lantana cámara* (Verbenaceae), e) *Lamourouxia viscosa* (Orobanchaceae), y f) *Echinopterys eglandulosa* (Malphigiaceae).



**Figura 19** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán. a) *Lippia alba* (Verbenaceae), b) *Opuntia pilifera* (Cactaceae), c) *Pilosocereus chrysacanthus* (Cactaceae), d) *Russelia polyhedra* (Plantaginaceae), e) *Galactia brachystachys* (Leguminosae), f) *Plumeria rubra* (Apocynaceae), g) *Euphorbia cymbifera* (Euphorbiaceae), h) *Jefea pringlei* (Asteraceae), e i) *Tillandsia makoyana* (Bromeliaceae).



**Figura 20.** Especies presentes en Villa Alegría, Valle de Tehuacán a) *Bouvardia longiflora* (Rubiaceae), b) *Salvia aspera* (Lamiaceae), c) *Senna atomaria* (Leguminosae), d) *Dalia coccinea* (Asteraceae), e) *Malpighia mexicana* (Malvaceae), y f) *Acacia subangulata* (Leguminosae)

## 10. DISCUSION

**Análisis de la vegetación.** Diversos factores climáticos, topográficos y edáficos, han contribuido en la formación geológica y vegetal del VTC, particularmente de Villa Alegría, debido a su origen topográfico de tipo volcánico y tectónico (*i.e.* Eje Volcánico Transversal y Sierra Madre Oriental) (SEDESOL, 2011).

En el caso de la composición florística de Villa Alegría, de acuerdo con Rzedowski (1978), ésta se caracterizó por ser un matorral xerófilo, y bajo la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963), se puede considerar como un matorral espinoso con elementos de selva baja caducifolia (SBC).

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo señalado por Villaseñor *et al.* (1990), ya que de las 32 familias reportadas, once (34.3%) de ellas poseen afinidad meridional, destacando las siguientes: Leguminosae (18 spp.), Asteraceae (10 spp.), Cactaceae (6 spp.), Rubiaceae (5 spp.), Verbenaceae (5 spp.) y Euphorbiaceae (4 spp.). Esta afinidad meridional de la mayoría de las especies vegetales presentes en el VTC, también ha sido mencionada por Rzedowski (1978). Así mismo, tanto Axelrod (1950) como Briones (1994) consideran que el VTC, al igual que los desiertos Sonorense, Chihuahuense e Hidalguense, presentan un mayor número de especies de afinidad meridional, debido a que la vegetación de tipo xerófila se originó a partir de especies meridionales; particularmente, la vegetación del VTC tiene su origen, primeramente, por la influencia fitogeográfica de estos desiertos del norte del país y de algunas regiones tropicales del sur de México. Por ejemplo, Delgadillo-Rodríguez y Macías-Rodríguez (2002), en un estudio realizado en el

desierto de San Felipe de la región norte del desierto Sonorense, en Baja California, también observaron especies de afinidad meridional, siendo las familias más diversas Asteraceae, Cactaceae y Leguminosae ; Briones y Villareal (2001), reportan para el Desierto Chihuahuense, entre las provincias fitogeográficas del Altiplano y la Planicie Costera del noreste, Nuevo León, que la mayoría de las especies dominantes corresponden a leguminosas; y Rojas, *et al.* (2013), en el Valle de Tecozautla, Hidalgo, incluyen especies de las familias Malvaceae y Poaceae, además de todas las anteriores.

Además, en relación con las especies endémicas de Magnoliophyta mexicanas, sobresalen las reportadas para el matorral xerófilo, el cual es un tipo de vegetación con alta riqueza florística. Méndez-Larios *et al.* (2004), reportan que del total de la flora vascular registrada para el VTC, ca. 10.8% corresponde a especies endémicas, donde las familias que sobresalen por su mayor número de endemismos son Asteraceae, Cactaceae, Lamiaceae, Crassulaceae, Leguminosae y Euphorbiaceae; mientras que a nivel genérico, destacan *Salvia*, *Echeveria* y *Mammillaria*. En Villa Alegría, como parte de las especies endémicas para México, fueron registradas 11 familias y 25 especies, destacando Agavaceae (2 géneros y 4 spp.), Asteraceae (3 géneros y 3 spp.), Cactaceae (2 géneros y 3 spp.), Celastraceae (2 géneros y 3 spp.) y Leguminosae (3 géneros y 5 spp.). En cuanto a las familias y especies endémicas específicas para el VTC, se encontraron: Cactaceae (*Mammillaria sphacelata*, *Coryphanthapallida* y *Ferocactus robustus*), Leguminosae (*Lonchocarpus oaxacensis* y *Mimosa texana* var. *filipes*), Lamiaceae (*Salvia aspera*), Malvaceae (*Hibiscus longifilus*) y Nolinaceae (*Beaucarnea purpusii*). De igual manera, es importante señalar que la presencia de estas mismas

familias coinciden con las mencionadas por Dávila *et al.* (1993) y Méndez Larios *et al.* (2004) para el VTC.

En el caso del análisis de la vegetación de las dos laderas, éstas poseen una semejanza florística del 72% donde el 28% de diferencia, en su mayoría, se debe a la presencia de especies que sólo se encuentran en la L2 y que, por el efecto de ladera, ésta presenta un mayor número de horas de insolación y, por tanto, es más seca que la L1; por ejemplo, *Gochnatia hypoleuca* (Asteraceae), *Jefea pringlei*, *Croton hypoleucus*, *Painteria elachistophylla*, *Mentzelia hispida*, *Hibiscus longifolius*, *Agonandra racemosa* y *Lantana involucrata*. Mientras que en la L1, sólo cuatro especies son exclusivas: *Ipomoea murucoides*, *Euphorbia rossiana*, *Fouquieria formosa* y *Bouvardia erecta*.

A nivel del estudio de la estructura de la vegetación, cada ladera presentó diferencias en su arreglo florístico, debidas al gradiente altitudinal y al efecto de ladera.

Para la L1 (orientación Oeste), en donde el tiempo de umbría es mayor, la altitud mostró una correlación positiva con la abundancia, diversidad, equidad y distribución de la vegetación. De 1,830 a 1,846 msnm, se presenta el matorral xerófilo, donde los componentes florísticos más sobresalientes corresponden a *Lippia graveolens* y *Mimosa lacerata*. Si bien, a partir de los 1,850 msnm, comienzan a aparecer elementos arbóreos como *Ipomoea wolcottiana*, *Actinocheita filicina* y *Yucca periculosa*. No obstante, es importante señalar que el recambio de vegetación más notorio fue a partir de los 1,870 msnm, ya que se encontraron especies correspondientes a la SBC tales como: *Cytocarpa procera*, *Plumeria rubra*, *Zinnia peruviana*, *Tillandsia makoyana*,

*Bursera biflora*, *Schaefferia stenophylla*, *Pilosocereus chrysacanthus*, *Fouquieria formosa*, *Mimosa lacerata*, *Randia echinocarpa* y *Lippia graveolens*.

Resultados similares fueron obtenidos por Osorio-Beristain *et al.* (1996), al reportar que, a partir de los 1,700 msnm hay un recambio de vegetación que va del matorral xerófilo a una SBC en el Cerro Cutá, Municipio de Zapotitlán Salinas, registrando prácticamente las mismas especies como *Mimosa lacerata*, *Senna holwayana*, *Fouquieria formosa*, *Bursera biflora* y géneros de Leguminosae como , *Acacia* y *Prosopis*, así como las familias Agavaceae, Asteraceae, Cactaceae y Convolvulaceae. Así mismo, en otras áreas al sur del VTC, Valiente-Banuet *et al.* (2000) y Granados-Sánchez *et al.* (2009), reportan vegetación de SBC, en altitudes que van de los 900 a los 1,050 msnm, en Teotitlán del Camino y Cuicatlán, Oaxaca, y en Coxcatlán, Puebla, respectivamente, dominada por cuajiotales de *Bursera fagaroides* y por árboles espinosos de tallo fotosintético, principalmente de la familia Euphorbiaceae.

Aunque Jaramillo-Luque y González-Medrano (1983) y Valverde-Padilla (2002) no especifican rangos altitudinales, también señalan zonas en el VTC, donde se entremezclan elementos de la SBC con el matorral xerófilo. Además, Jaramillo-Luque y González-Medrano (1983), quienes llevaron también a cabo su estudio en laderas de posición Oeste, pertenecientes a la Sierra de Zongolica, consideraron que había ciertas áreas que podían ser representadas como zonas de transición entre matorrales xerófilos y la SBC dominados por *Acacia subangulata*, *Acacia cochliacantha*, *Parthenium tomentosum*, *Yucca periculosa* y *Beaucarnea gracilis*.

Estas zonas de transición, relacionadas con la altitud, se deben a que las especies que se encuentran a mayor altitud tienen mayor disponibilidad

hídrica a través de lluvias y neblinas, las cuales son importantes al aminorar la pérdida de agua por efecto de la transpiración (Braun-Blanquet, 1979; Noy-Mier, 1973; Osorio-Beristain *et al.*, 1996); mientras que al disminuir la altitud, la distribución de las especies está más relacionada con los factores bióticos (*i.e.* dispersores y polinizadores) y con el suelo (Hamilton y Perrott, 1981; Sánchez-González y López-Mata, 2003).

Igualmente, Rzedowski (1978) y Trejo-Vázquez (1999) consideran que la presencia de SBC en ambientes semiáridos, se debe a que se encuentran ocupando laderas de cerros con pendientes de moderadas a fuertes, sin una clara característica geológica y edáfica, lo que favorece que la selva se vea entremezclada con diferentes elementos florísticos. Estos autores señalan que estas zonas de transición también pueden encontrarse como manchones de vegetación al sur de los estados de Sinaloa, Tamaulipas y Baja California; en Sonora, en la vertiente occidental inferior, sin llegar a la planicie costera y en los límites con Chihuahua.

Por otra parte, Jaramillo-Luque y González-Medrano (1983) consideran a la mezcla entre el matorral xerófilo y la SBC como un posible indicador de perturbación o como una muestra de estados sucesionales a partir de adaptaciones de las especies vegetales a los cambios del medio ambiente. En el primer caso, se plantea que la vegetación de SBC pasa por una etapa de perturbación, usualmente provocada por el sobrepastoreo, en el que las especies dominantes espinosas (*i.e.* leguminosas), aumentan su densidad poblacional; mientras que en el segundo, proponen que el éxito de adaptación de las especies de hojas micrófilas y espinosas es mayor, por ejemplo, a

condiciones ambientales como una mayor sequía, disponibilidad de nutrientes, o mejores formas de dispersión primaria y secundaria de las semillas.

En el caso de la L2 (orientación Este), con mayor exposición a la radiación solar, la altitud se correlacionó positivamente con la abundancia de especies, y además, el 67% de los individuos se establecieron sobre pendientes suaves y el 33% restante sobre pendientes pronunciadas. De 1,846 msnm a los 1,860 msnm, se presenta el matorral xerófilo dominado por *Mimosa lacerata* y *Perymenium mendezii*; otros elementos importantes son *Gochnatia hypoleuca*, *Croton hypoleucus*, *Painteria elachistophylla*. A partir de los 1,860 msnm hasta la cima de la ladera (1,870 msnm), la densidad de los individuos va decreciendo poco a poco y comienzan a prevalecer individuos del estrato arbóreo como *Yucca periculosa* y *Beaucarnea purpusii*; así como escasos arbustos de *A. compacta*, y algunos individuos de la familia Cactaceae, *Opuntia pilifera*, *Opuntia streptacantha* y *Ferocactus robustus*, y agaves, *Agave marmorata* y *Agave peacockii*. Así mismo, también están presentes, aunque con menor frecuencia, algunas especies características de la SBC como *Plumeria rubra*, *Zinnia peruviana*, *Randia echinocarpa* y *Lippia graveolens*. Sin embargo, es importante mencionar que, a diferencia de la L1, la distribución de estos elementos fue a lo largo de la ladera y no a partir de algún rango altitudinal.

Por otro lado y considerando a la flora presente en la L2, así como su distribución a partir de una cota altitudinal mayor a los 1,800 msnm, este tipo de vegetación pudiera ser considerado como una mezcla de especies de matorrales de montaña que Valiente-Banuet *et al.* (2000) denominan como mexical, el cual se ubica en altitudes entre los 1,700-2,800 msnm y se dispone

en zonas intermedias entre el bosque de encino-pino y las comunidades xerofíticas, especialmente en zonas montañosas de la Sierra Madre Oriental y Occidental, y el Eje Neovolcánico (Valiente-Banuet *et al.*, 1998; Verdú *et al.*, 2002). Entre los géneros característicos del mexical presentes en el VTC, se encuentran *Acacia*, *Gochnatia*, *Ipomoea*, *Salvia*, *Mimosa* y *Yucca* (Valiente-Banuet *et al.*, 1998). Sin embargo, para el caso particular de Villa Alegría, no están presentes, como géneros dominantes, representantes de las familias Fagaceae (*Quercus* spp.), Anacardiaceae (*i.e.* *Rhus* spp.) y Rosaceae (*i.e.* *Amelanchier* spp.).

Así mismo y considerando la propuesta de la vegetación de tipo mexical, es importante continuar realizando estudios de vegetación para contrastar la hipótesis de Axelrod (1958) sobre que la vegetación del VTC es un relicto de la Geoflora Madro-Terciaria, la cual tuvo un gran desarrollo en la parte norte de México, conformada por chaparrales, matorrales áridos subtropicales y vegetación desértica a semidesértica y que, de acuerdo con Briones (1994), tuvo su máxima dispersión en el Mioceno con la expansión de los climas secos.

**Usos.** Por otra parte, el VTC se destaca por poseer una gran historia cultural debida a los diversos grupos indígenas que lo habitan ya que se han destacado por el manejo y domesticación de sus recursos naturales, principalmente los vegetales (*i.e.* *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, *Yucca periculosa*, *Agave paecockii*) (Dávila-Aranda *et al.*, 2002).

En el caso del Municipio de Santiago Miahuatlán, ca. del 38% de su superficie es aprovechada en prácticas agrícolas (INEGI, 2009), las cuales son llevadas a cabo como parte de la tradición familiar, comunitaria y regional; usando la diversidad florística de diversas formas; muchas de ellas silvestres y

algunas domesticadas en los huertos familiares como *Lippia graveolens*, *Tecoma stans*, *Agave marmorata* y *Yucca periculosa*; así como diversas especies de *Mimosa* y *Opuntia* (Granados-Sánchez *et al.*, 2009).

En este trabajo, de las 33 familias registradas, 53 especies tienen, al menos, algún tipo de uso; sin embargo, el área de estudio es muy poco visitada, ya que la “Cantera Villa Alegría” es privada y sólo tienen acceso los trabajadores de la misma. No obstante, algunas personas que viven cerca pueden ingresar y sólo extraen el qurote de algunas especies de agaves para comercializarlo como producto ornamental y/o de construcción, y de *Y. periculosa*, cuyas flores y frutos son comestibles. Así mismo, se observó que también utilizan ramas de algunos arbustos como combustible (Obs. pers.).

Al comparar Villa Alegría con otras comunidades pertenecientes a la subregión de Filo de Tierra Colorada (*i.e.* Santiago Miahuatlán, San Martín Esperilla, San José Ixtapa, San Pedro Chapulco, San Luis Temalacayuca y Piedra Hincada), se reporta el uso de 53 especies de plantas silvestres, de un total de 96, siendo los usos más comunes el forrajero, el comestible y el ornamental, y como las familias más representativas a Asteraceae y Agavaceae (Guízar-Nolazco *et al.*, 2005). En otras áreas como San Rafael Coxcatlán y Zapotitlán de las Salinas, Dávila-Aranda y Lira-Saade (2002) reportan los mismos usos como los más comunes, y a las familias Leguminosae, Poaceae y Cactaceae como las de mayor utilidad, en donde predominan los huertos familiares. En el caso del Municipio de Santiago Miahuatlán, Granados-Sánchez *et al.* (2009) mencionan que la práctica de los solares es común y las plantas cultivadas son usadas como alimento, medicina y ornamentales; aunque, la mayoría de éstas no son silvestres, excepto *por*

*Yucca periculosa*, *Lippia graveolens*, *Prosopis laevigata*, *Agave marmorata* y *Opuntia* spp.

Sin embargo, debido al crecimiento poblacional del VTC, la vegetación se ha visto amenazada por el desmonte de la cubierta vegetal y por la modificación del uso de suelo al transformarse de áreas naturales a áreas agrícolas y ganaderas (Zavala-Hurtado, 1982).

**Categoría de Riesgo.** En Villa Alegría, se encontraron tres especies bajo alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010), siendo *B. erecta* la que presenta el estado más crítico al estar “amenazada”. Esta especie no es endémica del VTC, y aún con su baja frecuencia y baja densidad en el análisis de la vegetación, representa una de las especies con un valor significativo de importancia ecológica y sólo se reportó en la L1. Para esta especie, no se conocen trabajos enfocados a su conservación; aunque, en un estudio realizado por Baraza y Valiente–Banuet (2012), reportan que dentro del Valle de Zapotitlán, esta especie presenta “indicios” de adaptación al pastoreo al reducir su esfuerzo reproductivo y presentar inversión de sus órganos reproductivos, teniendo una buena adaptación a condiciones de aridez, pues al no presentarse condiciones de estrés provocadas por el ganado, su producción floral aumenta. Las otras dos especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 son *Agave peacockii* y *Beaucarnea purpusii*, para las cuales, actualmente, no existe un plan de manejo en el VTC; sin embargo, Delgado-Lemus *et al.* (2014) propusieron para la conservación de diversas especies del género *Agave*, el rescate de poblaciones de otros géneros por medio de la colecta de semillas, con la finalidad de cultivar dichas especies para su

propagación y tener un comercio legal de ellas; así como también para implementar medidas para la conservación de su polinizadores (*i.e.* murciélagos) evitando su erradicación.

Este trabajo, por ser el primero en estudiar la vegetación actual de Villa Alegría, aporta nueva información relacionada con la estructura y composición florística y con los factores ambientales que afectan la distribución de las especies vegetales (*i.e.* altitud, efecto de ladera), por lo que se requiere, realizar más estudios que continúen aportando información para entender, de manera integral, todos los factores que están involucrados en la distribución de las especies.

## 11. CONCLUSIONES

- La localidad de Villa Alegría despliega una diversidad florística que responde a diversos factores ecológicos, involucrados en la distribución de las especies presentes en el área de estudio: un variado relieve, diferentes niveles altitudinales y grados de pendiente, como producto de su ubicación a sotavento de la Sierra de Zongolica.
- A partir de un gradiente altitudinal de baja variación (ca. 50 m) y al efecto de ladera, se lleva a cabo un recambio de la vegetación; encontrándose, en las partes altas, una mezcla entre el matorral xerófilo y la selva baja caducifolia.
- El área de estudio además, presenta una gran diversidad de especies reportadas con algún tipo de uso en el Valle de Tehuacán.
- Aunque Villa Alegría presenta cierto grado de perturbación (Obs. pers.), la presencia de un gran número de especies vegetales usadas por la comunidad local y la presencia de especies amenazadas (NOM-59-SEMARNAT-2010), ponen de manifiesto la importancia de establecer planes de manejo, conservación y restauración en esta área.

## 12. PERSPECTIVAS

La distribución de las especies vegetales en Villa Alegría, responde probablemente a otros factores ecológicos como el suelo (*i.e.* cantidad de nutrimentos, pH, textura, densidad, etc.), además de la altitud y al efecto de ladera, por lo que sería importante continuar con el análisis de los factores abióticos y bióticos (*i.e.* mutualismo, herbivoría, etc.) que también afectan la distribución de estas plantas.

Así mismo, es importante conocer cuáles son las asociaciones vegetales que se desarrollan y cómo éstas ayudan en la integración de la comunidad vegetal en su conjunto.

Por otro lado, también es de igual importancia, proponer planes de manejo, conservación y restauración en el área de Villa Alegría, ya que cuenta con un gran número de especies con uso y resguarda otras ya clasificadas como amenazadas por la NOM-59-SEMARNAT-2010, que sean integrales con el desarrollo local (*i.e.* extracción de cantera).

### 13. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, V. H.; Araujo, P. A. e Iturre, M. C. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Sociología Vegetal y fitogeografía forestal. Argentina. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Serie Didáctica No. 22.
- Aguado Santacruz, G. A.; García-Montoya, E.; Velasco-González, C. y Flores-Flores, J. L. 1996. Importancia de los elementos climáticos en la variación florística temporal de pastizales semidesérticos. Acta Botánica Mexicana 35: 65-81.
- Alvarado-Cárdenas, L. O. 2004. *Plumeria* L. Pp. 27-31. En: Kelly, M. L.; Ochoterena, H.; Medina, L. R. y Sánchez-Ken, J. G. (Eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 38 Apocynaceae Juss. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arellanes-Cancino, Y. y Casas, F. A. 2011. Los mercados tradicionales del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Antecedentes y Situación Actual. Nueva Antropología 24 (74): 93-123.
- Axelrod, D. I. 1958. Evolution of the Madro-Tertiary Geoflora. The Botanical Review 24: 433-509.
- Axelrod, D. I. 1950. The Evolution of desert vegetation in western North America. Publication Carnegie Institute. Washington. 590: 215-306.
- Baraza, E. y Valiente-Banuet, A. 2012. Efecto de la exclusión de ganado en dos especies palatables del matorral xerófilo del Valle de Tehuacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83 (4): 1145-1151.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. España. Editorial H. Blume.

- Bravo-Hollis, H. 1930. Las cactáceas de Tehuacán. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Anales del Instituto de Biología, Botánica 1: 87-124.
- Bravo-Hollis, H. 1931. Contribución al conocimiento de las cactáceas de Tehuacán. Tesis Licenciatura, Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F.
- Bravo-Hollis, H. 1956. Iconografía de las cactáceas mexicanas, *Neobuxbaumia tetetzo*. Cactáceas y suculentas mexicanas. 1: 15-16.
- Bravo-Hollis, H. 1969. El género *Echinofossulocactus*. Cactáceas y suculentas mexicanas. 14: 11-70.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Autónoma de México. México.
- Bravo-Hollis, H. 1991a. Las cactáceas de México. Vol. II. Universidad Autónoma de México. México.
- Bravo-Hollis, H. 1991b. Las cactáceas de México. Vol. III. Universidad Autónoma de México. México.
- Briones, V. L. O. 1994. Origen de los desiertos mexicanos. Ciencia 45: 263-279.
- Briones, O. y Villareal-Q. J. A. 2001. Vegetación y flora de un ecotono entre las provincias del Altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. Acta Botánica Mexicana 55: 39-67.
- Brower, E. J.; Zar, H. J. y Von Ende, N. C. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. 3ª Edition. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa. 237 pp.
- Byers, D. S. 1967. The Prehistory of the Tehuacan Valley. Environment and Subsistence Vol. 1. Univ. Texas Press. Austin & London.

- Calderón de Rzedowski, G. 1992. *Mentzelia* L. Pp. 16-25 En: Rzedowski, R. J. y Calderón de Rzedowski, G. (Eds.). Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Fascículo 7 Loasaceae Juss. Instituto de Ecología, A.C.
- Camargo-Ricalde, S. L.; Grether, R.; Martínez-Bernal, A.; García-García, V. y Barrios del Rosal, S. 2001. Especies útiles del género *Mimosa* (Fabaceae-Mimosoideae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 68: 33-44.
- Camargo-Ricalde, S. L.; Dhillon, S.S. y Grether, R. 2002. Community structure of endemic *Mimosa* species and environmental heterogeneity in a semi-arid Mexican valley. Journal of Vegetation Science 13: 697-704.
- Canales-Martínez, M.; Hernández-Delgado, T.; Caballero-Nieto, J.; Romo de Vivar, R.; Duran-Díaz, A. y Lira-Suade, R. 2006. Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional de las plantas medicinales en San Rafael, Coxcatlán, Valle de Tehuacán, Puebla, México. Acta Botánica Mexicana 75: 21-43.
- Carranza-González, E. 2000. *Agonandra* Miers Pp. 5-6. En: Rzedowski, R.J. y Calderón de Rzedowski, G. (Eds.). Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Fascículo 81 Opiliaceae. Instituto de Ecología, A.C.
- Casas, A.; Caballero, J. y Valiente-Banuet, A. 1999. Use, management and domestication of columnar cacti in South-Central Mexico: A historical perspective. Journal of Ethnobiology 19 (1): 71-95.
- Casas, A.; Valiente-Banuet, A.; Viveros, J. L.; Caballero, J.; Cortés, L.; Dávila, P.; Lira, R. y Rodríguez, I. 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán, Valley, Mexico. Economic Botanic 55 (1): 129-166.

- Cevallos-Ferriz, S. R. S.; González-Torres, E. A.; Calvillo-Canadell, L. 2012. Perspectiva paleobotánica y geológica de la biodiversidad en México. *Acta Botánica Mexicana*. 100: 317-350
- Clevinger, C. y Clevinger, J. 2010. *Schaefferia* Jacq. y *Wimmeria* Schlttdl. & Cham. (Pp. 15-26). En: Medina Lemos (Ed.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 76 Celastraceae R. Br. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal: Objetivos y Metas. México
- Cortés, S. P. 2003. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la Serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 25 (1): 119-137.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. 1ª Edición. México, D.F. 620-621 pp.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York, USA.
- Dávalos-Álvarez, O. G. 2006. Evolución tectónica Cenozoica en la porción norte de la Falla de Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Juriquilla, Querétaro, México.
- Dávalos-Álvarez, O.; Nieto-Samaniego, A. F.; Alaniz-Álvarez, S. A.; Martínez-Hernández, E. y Ramírez-Arriaga, E. 2007. Estratigrafía Cenozoica de

- Tehuacán y su relación con el sector de la Falla de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 24 (2): 197-215.
- Dávila-Aranda, P. y Lira-Saade, R. 2002. La flora útil de dos comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Coxcatlán y Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. T015. México D.F.
- Dávila-Aranda, P. 1984. Flora Genérica del Valle de Tehuacán. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dávila-Aranda, P. Villaseñor-Ríos, J. L.; Medina-Lemos, R.; Ramírez-Roa, A.; Salinas-Tovar, A.; Sánchez-Ken, J. y Tenorio-Lezama, P. 1993. Listados florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Dávila-Aranda, P.; Del Coro-Arizmendi, M.; Valiente-Banuet, A.; Villaseñor, J. L.; Casas, A. y Lira, R. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity and Conservation*. 11: 421-442
- Delgadillo-Rodríguez, J. y Macías-Rodríguez, M. A. 2002. Componente florístico del desierto de San Felipe, Baja California. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 70: 45-65.
- Delgado-Lemus, A.; Casas, A y Téllez, O. 2014. Distribution, abundance and traditional management of *Agave potatorum* in the Tehuacán Valley, Mexico: bases for sustainable use of non-timber forest products. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10:63.
- Dhillon, S.S.; Aguilar-Støen, M. y Camargo-Ricalde, S. L. 2004. Integrative ecological restoration and the involvement of local communities in the

Tehuacán –Cuicatlán Valley, México. *Environmental Conservation* 31 (1): 1-3.

Dhillon, S. S. y Camargo-Ricalde, S. L. 2005. The cultural and ecological roles of *Mimosa* species in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany* 59 (4): 390-394.

Diario Oficial de la Federación de México (DOF, 1995, 12 diciembre). Decreto del Ejecutivo del Estado, que modifica las declaratorias de áreas naturales protegidas de las regiones conocidas como “Valle de Zapotitlán” y “Filo de la Tierra Colorada”. Disponible en: “Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales”. CONANP. Vol.2.

Diario Oficial de la Federación de México (DOF, 1998, 18 septiembre). Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Tehuacán-Cuicatlán ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla.

Ezcurra, E. y Medina, L. R. 1997. *Fouquieria* Kunth. Pp. 5-8. En: Dávila-Aranda, D.; Villaseñor-Ríos, J.L.; Medina Lemos, R y Téllez-Valdés, O. (Eds.), Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 18 Fouquieriaceae DC. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Fernández-Nava, R. 1996. *Karwinskia* Zucc. Pp.40-42 En: Rzedowski, R.J. y Calderón de Rzedowski, G. (Eds.) Flora del Bajío y Regiones Adyacentes Fascículo 43 Rhamnaceae Juss. Instituto de Ecología A.C.

Ferrari, L., Valencia-Moreno, M. y Bryan, S. 2005. Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 57(3): 343-378.

- Fryxell, P. A. 1993. *Hibiscus* L. y *Sida* L. Pp. 40-46 y 72-77. En: Dávila-Aranda, D.; Villaseñor-Ríos, J.L.; Medina Lemos, R y Téllez-Valdés, O. (Eds.), Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 1 Malvaceae A. L. Juss. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- García-Oliva, F. 1991. Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales en la cuenca del río Zapotitlán, Puebla. Boletín del Instituto de Geografía 23: 53-70.
- Godínez-Álvarez, H. 1998. Los desiertos mexicanos. Sus características e importancia. Ciencia y Desarrollo. 143: 17-22.
- Gómez Tuena, A.; Orozco-Esquivel, T. y Ferrari, L. 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín de la Sociedad Geológica de México 57 (3): 227-285.
- González-Medrano, F. 2003. Las comunidades vegetales de México. Primera Edición. INE-SEMARNAT. México. 63 pp.
- González-Medrano, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Primera Edición. México. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Granados-Sánchez, D. y Tapia-Vargas, R. 1990. Comunidades vegetales. 1ª Edición. México. Universidad Autónoma Chapingo.
- Granados-Sánchez, D.; López-Ríos, G. F. y Hernández-García, M. A. 2009. Valle de Tehuacán y Cañada de Cuicatlán. Historia, Ecología y Cultura. 1ª Edición. México. Universidad Autónoma Chapingo.

- Guízar-Nolazco, E.; Mota-Cruz, C. y Ortega-Paczka, R. 2005. Vegetación y plantas útiles en la subregión de Tierra Colorada, Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Revista Geografía Agrícola* 35: 67-84.
- Guizar-Nolazco, E.; Granados-Sánchez, D. y Castañeda-Mendoza, A. 2010. Flora y vegetación en la porción sur de la mixteca poblana. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16 (2): 95-118.
- Halffter, G. y Moreno, C. E. 2005. M3M Monografías Tercer Milenio. Alfa, Beta y Gamma. Cap. 1: Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. Vol. 4. S. E. A., Zaragoza, España. 5-18 pp.
- Hamilton, A. C. y Perrott, R. A. 1981. A study of altitudinal zonation in the montane forest belt of Mt Elgon, Kenia/Uganda. *Vegetation* 45: 107-125.
- Hernández, M. 2006. La vida en los desiertos mexicanos. Fondo de Cultura Económica. 1ª Edición. México, D. F. 47 pp.
- Hernández-Ortega, R., Ortega-Paczka, R., Zavala-Hurtado, J. A., Baca del Moral, J. y Martínez-Alfaro, M. A. 2008. Diagnóstico ambiental y estrategias campesinas en la Reserva de la BTC, Municipio Zapotitlán, Edo. Puebla. *Revista de Geografía Agrícola* 41: 51-71
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1987. Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Puebla. INEGI. 1ª Edición. México. 17-22 pp

- Jaramillo-Luque, V. y González-Medrano, F. 1983. Análisis de la vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán. Boletín de la Sociedad Botánica de México 45: 49-64.
- Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. M3M Monografías Tercer Milenio. S.E.A. Zaragoza, España. Vol. 4: 19-40.
- Krebs, C. J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 1ª Edición. Editorial Harla. México, D. F. 429, 502-504 pp.
- León de la Luz, J.L.; Coria, B. R. y Cruz, E.M. 1996. Fenología floral de una comunidad árido-tropical de Baja California Sur, México. Acta Botánica Mexicana 35: 45-64.
- Lira, R. y Rodríguez-Arévalo, I. 1999. *Cucumis* L. Pp. 11-14 En: Dávila-Aranda, D.; Villaseñor-Ríos, J.L.; Medina Lemos, R y Téllez-Valdés, O. (Eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 22 Cucurbitaceae A.L. Juss Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Lira, R.; Casas, A.; Rosas-López, R.; Paredes-Flores, M.; Pérez-Negrón, E.; Rangel-Landa, S.; Solís, L.; Torres, I. y Dávila, P. 2009. Traditional knowledge and useful plants richness in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. Economic Botany 63: 271-287.
- Lot, A. y Chiang, F. (Eds.). 1986. Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. 1ª Edición. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México.
- López-Ferrari, A.R.; Espejo-Serna, A. y Ceja-Romero, J. 2014. *Tradescantia* L. Pp.79-87 En: Castillo-Campos, G. (Ed.). Flora de Veracruz. Fascículo

- 161 Commelinaceae Mirb. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- López-Galindo, F.; Muñoz-Iniestra, D.; Hernández-Moreno, M.; Soler-Aburto, A.; Del Castillo-López, M. y Hernández-Arzate, I. 2003. Análisis integral de la toposecuencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación del suelo en la Subcuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 54 (1): 19-41.
- Maass, J. M. 2003. Principios generales sobre manejo de ecosistemas. In: Sánchez, O.; E. Vega; E. Peters y O. Monroy-Vilchis. (Eds.). *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre.* INE-SEMARNAT. México. 117-135 pp.
- MacNeish R. S. 1992. *The origins of agriculture and settled life.* University of Oklahoma press. Norman and London.
- Mares, M. A. 1979. Small mammals and creosote bush: pattern of richness, Larrea. E. Campos; T.J. Mabray y S. Fernández (Eds.). CIQA-CONZA, Saltillo, México. 57-94 pp.
- Martínez, E. y Hilda-Ramos, C. 2012. *Tecoma* Juss. Pp. 52-56. En: Medina-Lemos, R. (Ed.). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 104 Bignoniaceae* Juss. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Martínez-Bernal, A. y Grether, R. 2006. *Mimosa* L. Pp. 42-99 En: Novelo, R. A. y Medina-Lemos, R. (Eds.). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 44 Mimosaceae Tribu Mimoseae.* Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Martínez-Ortega, R. M.; Tuya-Pendás, L. C.; Martínez-Ortega, M.; Pérez-Abreu, A. y Cánovas, A. M. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman, caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*.
- Martínez-Pérez, A.; López, P. A.; Gil-Muñoz, A. y Cuevas-Sánchez, J. A. 2012. Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en La Mixteca Poblana, México. *Acta Botánica Mexicana* 98: 73-98.
- Mattucci, S. D. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de Biología. Monografía No. 22. 21-32 pp.
- Mc Ginnies, W. G.; Goldman, B. J.; Paylore, P. 1968. *Deserts of the World*. Tucson: Univ. Arizona. 188 pp.
- Mc Vaugh, R. 1987. *Flora Novo Galiciana. A descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico*. Vol. 5: Leguminosae.
- Medina-Lemos, R. y Fonseca, M. R. *Actinocheita* F.A. Barkley y *Cyrtocarpa* Kunth En: Medina-Lemos, R.; Sánchez-Ken, G. J.; García-Mendoza, A. y Arias-Montes, S. (Eds.). Fascículo 71 Anacardiaceae Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Méndez-Larios, I.; Ortiz, E. y Villaseñor, J. L. 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. Universidad Nacional Autónoma de México. *Serie Botánica, Anales del Instituto de Biología* 73(1): 87-104.
- Miguel-Talonia, C.; Téllez-Valdés, O. y Murguía-Romero, M. 2014. Las cactáceas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México: estimación de la calidad del muestreo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 436-444.

- Miranda, F. 1948. Datos sobre la vegetación de la cuenca alta del Papaloapan. Universidad Nacional Autónoma de México. Serié Botánica, Anales del Instituto de Biología 19: 333-364.
- Miranda, F. y Hernández-X., E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-176.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis. Zaragoza, España. SEA, Vol. 1.
- Mueller-Dombois D. y Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York-Toronto. 547 pp.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestre. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010. México, D.F.
- Noy-Mier, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. Annual Reviews 4: 25-51.
- Ochoa-Gaona, S.; Pérez, H. I. y de Jong, H.J.B. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. Revista Biología Tropical 56 (2):657-673.
- Osorio-Beristain, O.; Valiente-Banuet, A.; Dávila, P. y Medina, R. 1996. Tipos de vegetación y diversidad  $\beta$  en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 59: 35-58.

- Paredes-Flores, M.; Lira-Saade, R. y Dávila-Aranda, P. D. 2007. Estudio etnobotánico de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Acta Botánica Mexicana* 79: 13-61.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*. 31 (8): 583-590.
- Quero, J.H. 1994. *Brahea* C. Pp. 7-9. En: Dávila-Aranda, D.; Villaseñor-Ríos, J.L.; Medina Lemos, R y Téllez-Valdés, O. (Eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 7 Arecaceae C.H. Schultz. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Raisz, E. 1964. Landforms of Mexico, morphological map prepared for the geography oranch of the Office of naval research. Cambridge, USA.
- Ramírez, E. R. y Carpio-Panagos. C. U. 2011. Fenología de dos especies arbóreas nativas de la selva tropical en Chiapas, México. *Lacandonia* 5 (2): 81-86.
- Rico-Arce, L y Rodríguez, A. 1998. *Acacia* Mill. En: Dávila-Aranda, D.; Villaseñor-Ríos, J.L.; Medina Lemos, R y Téllez-Valdés, O. (Eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 20 Mimosaceae R. Br. Tribu Acacieae Benth. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Rodríguez-Arévalo, I.; Casas, A.; Lira, R.; y Campos, J. 2006. Uso, manejo y procesos de domesticación de *Pachycereus hollianus* (F.A.C. Weber) buxb. (Cactaceae), en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Asociación Interciencias* 31 (9):677-685.

- Rojas, S.; Castillejos-Cruz, C. y Solano, E. 2013. Florística y relaciones fitogeográficas del matorral xerófilo en el Valle de Tecozautla, Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 91 (3): 273-294.
- Rosales-Torres, S. 2016. Reconstrucción paleoflorística a partir de los conjuntos palinológicos recuperados de los lacustres Villa Alegría y Cerro Prieto en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla y Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. 3ª Edición. México, D. F. 237-261 pp.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Ecología. México, D.F.
- Sánchez, S. O. 1976. *La Flora del Valle de México*. Ed. Herrero, S. A.
- Sánchez-González, A. y López-Mata, L. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica, *Anales del Instituto de Biología* 74 (1): 47-71.
- Sánchez-Velásquez, L. R. y Pineda-López M. R. 2000. *Ecología cuantitativa en plantas. Métodos*. 1ª Edición. México. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Sandoval-Palacios, E. 2010. Patrones de variación espacio-temporal del matorral xerófilo en la subcuenca de Zapotitlán, Puebla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 2011. *Atlas de riesgos naturales*. Municipio de Santiago Miahuatlán, Puebla. 19-43 pp.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2013. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. 1ª Edición. México, D.F. 3 pp.
- Shreve, F. 1951 Vegetation of the Sonoran Desert, Carn Inst Wash Pbl. 591, 1-192.
- Smith, C. E. 1965. Flora, Tehuacán Valley. Fieldiana Botany 31: 101-143.
- Standley, P. C. 1920-1926. Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium 23: 1-1721.
- Somarriba, E. 1999. Diversidad de Shannon. Agroforestería en las Américas 6 (23): 72-74.
- Spellenberg, R. 2001. *Mirabilis* L. Pp. 70-73 En: Rzedowski, R. J. y Calderón de Rzedowski, G. (Eds.). Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Fascículo 93 Nyctaginaceae Juss. Instituto de Ecología, A.C.
- Tamayo, J.L. 1962. Geografía general de México. Segunda Edición. Instituto Mexicano de Investigación Económica, México. Vol. 4
- Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación. De la ecología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Barcelona, España. Ediciones Omega, S. A.
- Trejo-Vázquez, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. Investigaciones Geográficas (Mx). Instituto de Geografía. 39: 40-52.
- Valiente-Banuet, A.; Flores-Hernández, N.; Verdú, M. y Dávila, P. 1998. The Chaparral Vegetation Climate: The Convergence and Madrean–Tethyan Hypotheses Reconsidered. American Journal of Botany 85 (10):1398-1408.

- Valiente-Banuet, A.; Casas, A.; Alcántara, A.; Dávila, P.; Flores-Hernández, N.; Del Coro-Arizmendi, M.; Villaseñor, J. L. y Ortega-Ramírez, J. 2000. La Vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Boletín de la Sociedad Botánica de México 67: 24-74.
- Valiente-Banuet, A.; Solís, L.; Dávila, P.; del Coro-Arizmendi, M.; Silva-Pereyra, C.; Ortega-Ramírez, J.; Treviño-Carreón, J.; Rangel-Landa, S y Casas, A. 2009. Guía de la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. UNAM, CONABIO, INAH, Universidad Autónoma de Tamaulipas y Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán.
- Villareal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña, A. M. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia, 236 pp.
- Villaseñor, J. L.; Dávila, P. y Chang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Boletín de la Sociedad Botánica de México 50: 135-149.
- Valverde-Padilla, P. L. 2002. Cambios en la abundancia, dominancia y diversidad de formas de vida vegetales entre laderas norte y sur en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. ContactoS 45: 45-50.
- Verdú, M.; Barrón-Sevilla, J. A.; Valiente-Banuet, A.; Flores-Hernández, N. y García-Fayos, P. 2002. Mexical plant phenology: Is it similar to Mediterranean communities? Botanical Journal 138 (3): 297-303.
- Willmann, D; Schmidt, E.M.; Heinrich, M y Rimpler, H. 2000. *Lantana* L. y *Lippia* L. En: Kelly, L. M.; Hernández-Macías, H. M.; Ochoterena-Booth, H y

Medina-Lemos, R. (Eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 27 Verbenaceae J.St.-Hil. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Zavala-Hurtado, J. A. 1982. Estudios ecológicos en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especies. *Biótica* 7 (1): 99-120.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm> (Consultado en Diciembre, 2016).

<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/> (Consultado en Diciembre, 2016).