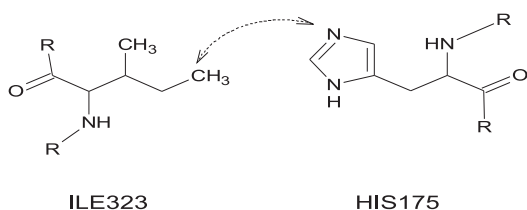


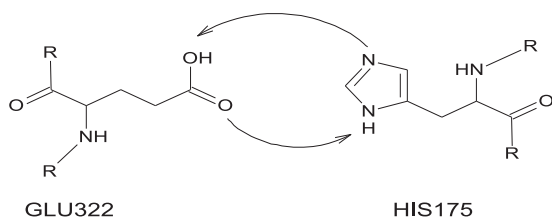
don existentes entre la cadena R de ARG304 y el



anillo aromático de HIS175.

Además también ocurren atracciones por fuerzas de London entre ILE323 e HIS175

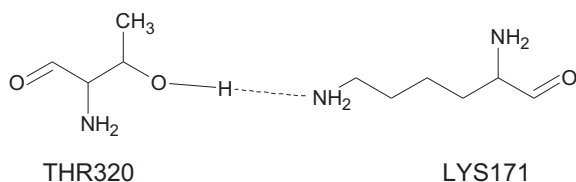
Se propone también que dada la cercanía espacial presente entre GLU322 e HIS175 se puedan formar intermediarios estabilizados



por resonancia entre estos aminoácidos.

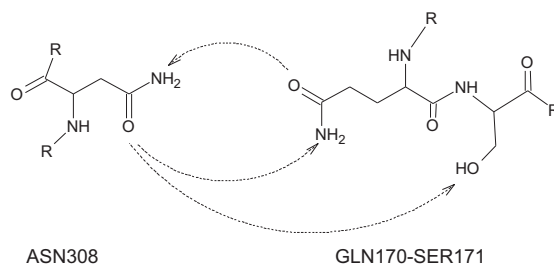
También debe observarse la existencia de un puente de hidrógeno entre THR320 y LYS171 que se puede observar en la Gráfica No.7.

ASN308 posee además una clara interacción con



GLN170 puesto que ambos grupos amida deben interactuar formando intermediarios cargados

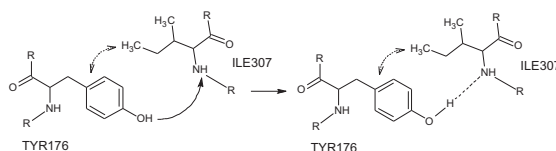
que favorecen la estabilidad de esta unión, además SER171 participa por medio de un hidrógeno hidroxílico presente en su grupo R, el



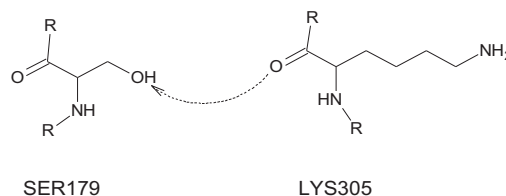
cual se acerca al grupo carbonilo.

Análisis de C8R1

En la Gráfica No.10 se aprecian las interacciones en C8R1. TYR176 posee un anillo aromático que atrae el grupo apolar de ILE307, mientras que el hidroxilo de TYR176 se ve fuertemente atraído por el grupo amino de la misma ILE307.



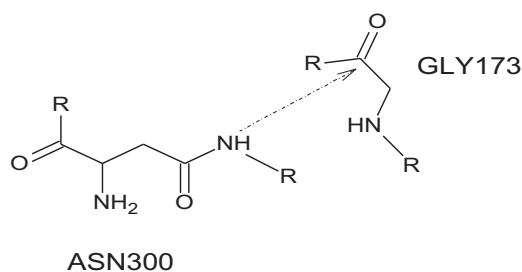
La serina que se encuentra en posición 179 también contribuye con la estabilidad de LYS305 por medio de un acercamiento de los orbitales electrónicos del oxígeno carboxílico en LYS305, hacia el hidrógeno hidroxílico en la serina 179



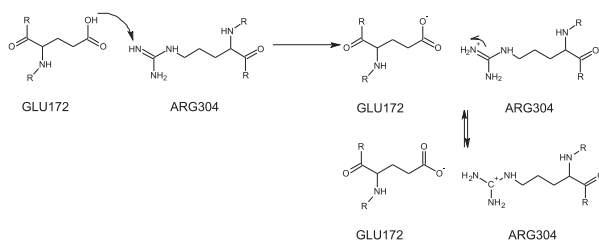
Gly173 forma un puente de hidrógeno con THR303 y aumentan la estabilidad de la unión,



y ASN300 posee una amina terminal altamente positiva que atrae el carboxilo peptídico presente en GLY173 que también contribuye a la estabilidad de la unión proteica.

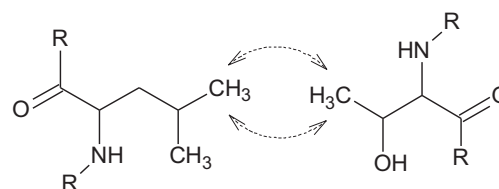


También es posible observar las interacciones que ocurren entre GLU1702 y ARG304 las cuales son de suma importancia debido a la posibilidad que presentan de formar un puente salino que provee de resonancia a ambos aminoácidos:



Otra atracción importante es la generada entre LEU174 y THR303 que dada la gran cercanía que presentan estos aminoácidos, deben interactuar

mediante fuerzas de London.



LEU174

THR303

En general se puede observar que los mecanismos de reacción propuestos justifican la estabilidad de las reacciones de V3 en gp120 con el segmento ECL2 de CCR5. Es razonable proponer entonces que si es posible conseguir una estabilidad en la interacción del segmento ECL2 con las tres diferentes regiones de V3 mencionadas anteriormente, lo cual implica que V3 es muy versátil en su enlace al segmento ECL2, lo cual facilita grandemente la infección de los linfocitos T_h CD4+.

Referencias

1. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Centro Nacional de Epidemiología Programa Nacional de Prevención y Control de ITS, VIH y SIDA. **Informe de notificación casos SIDA Enero1984 – Octubre 2007.** Guatemala 2007
2. Judith García Epidemióloga, FETP-GAP. **Situación de la epidemia de VIH-SIDA, Guatemala Enero 1984 - Octubre 2007** Centro Nacional de Epidemiología Guatemala, octubre 2007.
3. Navid Madani, Ana Luisa Perdigoto, Kumar Srinivasan, Jason M. Cox, Jason J. Chruma, Judith LaLonde, Martha Head, Amos B. Smith III,³ and Joseph G. Sodroski **Localized Changes in the gp120**

- Envelope Glycoprotein Confer Resistance to Human Immunodeficiency Virus Entry.** Inhibitors BMS-806 and #155 JOURNAL OF VIROLOGY, Apr. 2004, p. 3742–3752 Vol. 78, No. 7
4. Kwong P, Wyatt R, Robinson J *et al.* Structure of an HIV gp120 envelope glycoprotein in complex with the CD4 receptor and a neutralizing human antibody. *Nature* 1998; 393: 648-59.
 5. Madani N, Perdigoto A, Srinivasan K *et al.* Localized changes in the gp120 envelope glycoprotein confer resistance to HIV entry inhibitors BMS-806 and #155. *J Virol* 2004; 78: 7342-52
 6. Sophia Rits-Volloch, Gary Frey, Stephen C. Harrison and Bing Chen. **Restraining the conformation of HIV-1 gp120 by removing a flexible loop** *The EMBO Journal* (2006) 25, 5026–5035.
 7. Shuqun Liu · Shixiu Fan · Zhirong Sun **Structural and functional characterization of the human CCR5 receptor in complex with HIV gp120 envelope glycoprotein and CD4 receptor by molecular modeling studies** *J Mol Model* (2003) 9:329–336
 8. Chih-chin Huang, Son N. Lam, Priyamvada Acharya, Min Tang, Shi-Hua Xiang, Syed Shahzad-ul Hussan, Robyn L. Stanfield, James Robinson, Joseph Sodroski, Ian A. Wilson, Richard Wyatt, Carole A. Bewley, and Peter D. Kwong. **Structures of the CCR5 N Terminus and of a Tyrosine-Sulfated Antibody with HIV-1 gp120 and CD4** *Science*. 2007 September 28; 317(5846): 1930–1934.
 9. Morris, G. M., Goodsell, D. S., Halliday, R.S., Huey, R., Hart, W. E., Belew, R. K. and Olson, A. J. (1998), **Automated Docking Using a Lamarckian Genetic Algorithm and Empirical Binding Free Energy Function** *J. Computational Chemistry*, **19**: 1639-1662.
 10. 195- Paul R. Gorby, Rebecca L. Dunfee, Megan E. Mefforda, Kevin Kunstmand, Tom Morgane, John P. Mooree, John R. Mascolaf, Kristin Agopian, Geoffrey H. Holma, Andrew Mehlea, Joann Taylor, Michael Farzana, Hui Wang, Philip Ellery, Samantha J. Willey, Paul R. Clapham, Steven M. Wolinsky, Suzanne M. Crowe and Dana Gabuzda. **Changes in the V3 Region of gp120 Contribute to Unusually Broad Coreceptor Usage of an HIV-1 Isolate from a CCR5 32 Heterozygote** . *Virology*. 2007 May 25; 362(1): 163–178.

Estudio de la Vegetación del Volcán San Pedro, Reserva de usos múltiples de la cuenca del lago de Atitlán, Sololá

Pardo P.¹, Véliz M.², Méndez C.³

¹ Profesor interino, Departamento de Zoología, Genética y Vida silvestre, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

² Curador del Herbario BIGU, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

³ Jefe del Departamento de Ecología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

“Ay a la parte del poniente deste pueblo (Santiago Atitlán) un bolcán grande (Volcán San Pedro) que la propia halda del llega a la laguna y bate el agua della en la misma halda y cerca la dicha laguna la dicha halda del bolcán tres leguas, antes mas que menos. Es alto y derecho y agusado a modo de pan de açúcar. Tiene muchas quebradas que baxan de arriba abaxo cabsadas de las lluvias e aguas que decienden de la punta del quando llueve. Del medio del para abaxo no tiene ninguna arboleda. Todo lo demás del para arriba es poblado de árboles grandes de pinales y encinales y alisos y madroñales. Puedese subir a él por muchas partes. En lo alto haze una manera de plaçuela que serán de alto de quinientos pasos. En la cumbre del haze frío aunque nunca jamás se ha visto nieve en ninguno de estos bolcanes. Algunos religiosos han subido en la cumbre deste bolcán y lo han visto y puesto una cruz en lo alto del”.

Relación del pueblo y cabecera de Atitlán,
por el corregidor Alonzo Páez Betancourt y Fray Pedro de Arboleda, 1585
(Anales de la Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala, 1964)

Resumen

El presente estudio analizó la distribución de la vegetación en el volcán San Pedro en términos de su riqueza, composición, estructura y abundancia, con base en la posible relación que esta guarde con los cambios de exposición y altitud observados en el volcán. Para el efecto, el área con cobertura vegetal se dividió en tres pisos de altitud a partir de los 2,400 msnm hasta la cumbre a 3,020 msnm, y en cuatro secciones verticales en relación a los cuatro puntos cardinales, dando como resultado el arreglo del área en 12 sub-áreas o estratos relativamente más homogéneos (en cuanto a altitud y exposición). En total se obtuvo una muestra de 36 unidades experimentales (parcelas de Whittaker de 0.1 Ha), correspondiendo 3 parcelas por cada estrato.

Se logró la colecta de 1,038 números de herbario, que incluyen 415 especies agrupadas en 102 familias. Las familias más abundantes fueron: Asteraceae con 72 especies (17.5%), Orchidaceae 27 (6.6%), Poaceae 19 (4.6%), Solanaceae 15 (3.6%) y Fabaceae 13 (3.2%). Además, por los hábitos de crecimiento observados fueron agrupadas en Hierbas (149 especies - 36%), Arbustos (91 sp. - 22%), Epifitas (56 sp. - 14%), Árboles (52 sp. - 13%), Lianas (45 sp. - 11%), y otros hábitos (18 sp. - 18%).

El análisis de agrupamiento empleando como medida de similitud al Índice de Sørensen, el análisis de clasificación con Twinspan y el de ordenación con DCA (PC-ORD Versión 3.12 y Past Versión 1.14), sustentan la posible existencia de dos ensambles vegetales, producto de los cambios de exposición y altura: la asociación *Quercus pilicaulis* / *Arbutus xalapensis* / *Ceanothus azureus* - *Galium mexicanum* - *Salvia lasiantha*; y la asociación *Saurauia subalpina* / *Meliosma dives* / *Synardisia venosa* - *Solanum appendiculatum* - *Maianthemum flexuosum*.

La elevada riqueza vegetal promedio (41 spp / 0.1 Ha) registrada en el bosque del volcán San Pedro presenta serias amenazas relacionadas al cambio en el uso del suelo, como los son el efecto de borde y la pérdida de conexión con otros fragmentos, por lo que se recomienda implementar estrategias de conservación y manejo que eviten un mayor deterioro del área.

Introducción

MacVean y Schuster (1981), y posteriormente Monzón, Bayley y Schuster (2000), describen la posibilidad de la existencia de un corredor continuo durante períodos glaciales del pleistoceno entre los volcanes que forman la cordillera volcánica que corre paralela a la costa del pacífico de Guatemala, razón por la cual la identifican como la zona biogeográfica más diversa y con mayor endemismo del país. Este endemismo es apoyado por estudios de flora y fauna llevados a cabo en distintas cumbres volcánicas (Véliz, 1989; Viñals, 1993; Islebe, Velásquez y Cleef, 1995; Marroquín, 1995; Véliz y Páiz, 2000; Bermúdez y Sánchez, 2000; Valdéz et al., 2000; Véliz et al, 2001; Suchini et al., 2001; Dix et al, 2003; MacVean, 2006). No obstante, el conocimiento biológico del área aun es limitado, en contraste con la importancia ecológica que esta

región posee y la creciente destrucción o deterioro de los bosques que aún conserva. Entre ellos el bosque localizado en la cima del volcán San Pedro, en la cuenca del lago de Atitlán, cuya composición, estructura y abundancia se buscó conocer. Esto con el propósito que, al contar con la suficiente información sobre la cobertura vegetal del volcán, sea posible la implementación de planes de manejo establecidos sobre una adecuada zonificación del área natural. Dicha zonificación será la más apropiada si logrará advertir la heterogeneidad espacial del área, la cual se reflejada en la variedad de ensambles vegetales encontrados a lo largo de los gradientes ambientales del volcán. Derivado de esto, en términos generales, se pretende mejorar el entendimiento acerca de los factores ambientales que condicionan en cierta medida la distribución de la vegetación en regiones en las que existen gradientes ambientales pronunciados, como sucede en los volcanes.

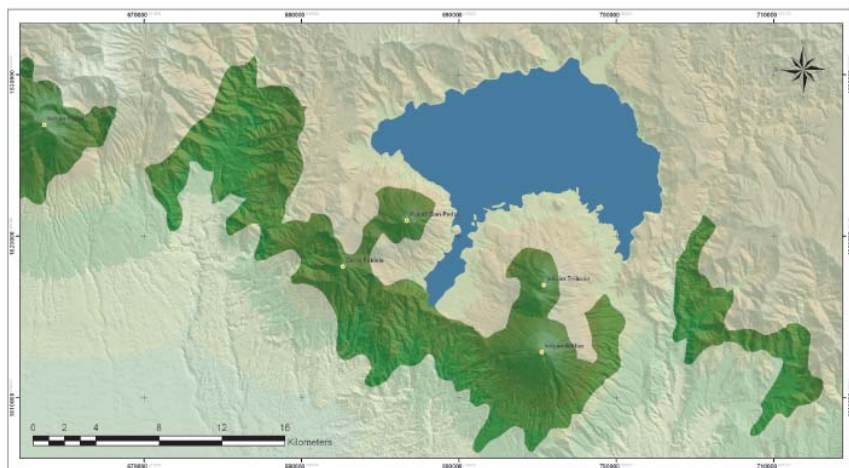


Figura 1. Cadena volcánica y Zonas con cobertura bosque Latifoliado en la región sur de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán. Escala 1: 131,000, con base en el Mapa de Cobertura Forestal MAGA-1,999.

Materiales y Métodos

El volcán San Pedro es uno de tres volcanes originados durante el período terciario, encontrados en la región sur de la cuenca del lago de Atitlán, en el departamento de Sololá (región occidental de Guatemala) (figura 1 y 2a). Este volcán se encuentra cubierto por bosque desde los 2,400 msnm hasta la cima a 3,020 msnm, abarcando un área aproximada de 3.78 kilómetros cuadrados (378.23 Ha). (figura 2)

Con el propósito de probar la hipótesis que supone que la riqueza, composición, abundancia, y aspectos estructurales de la vegetación varían en relación a los cambios de exposición y altura, se establecieron 12 estratos que representan combinaciones de estos dos factores (figura 2b), en cada uno de los cuales se distribuyó 3 parcelas de Whittaker (0.1 Ha), consistiendo la muestra de 36 parcelas.

En el campo las parcelas se levantaron siguiendo la metodología de Whittaker para el muestreo de árboles, arbustos y hierbas. En dicha parcela se colectó muestras vegetales para la determinación taxonómica (las cuales fueron depositaron en el herbario BIGU de la Escuela de Biología - Universidad de San Carlos de Guatemala), se estableció la abundancia, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura en árboles y arbustos. Debido a la gran heterogeneidad observada en el bosque, además de las colectas dentro de las parcelas se colectó especímenes a lo largo de brechas y senderos, de esta forma complementar la información sobre riqueza y composición vegetal.

Análisis de resultados

El esfuerzo de colecta realizado en los estratos establecidos se estandarizó mediante análisis de rarefacción, procedimiento estadístico que busca corregir los sesgos atribuidos a los efectos del muestreo en las curvas de diversidad (Alroy,

1998), por lo que valida la comparación entre estratos con distintas intensidades de muestreo.

El análisis de la abundancia observada de las especies por parcela se realizó siguiendo la metodología de las técnicas de clasificación numérica, las que acomodan sitios, especies o variables, según sus similitudes (Krebs, 1999). De estos métodos se escogió el análisis de agrupamiento (CA) tomando como medida de similitud el índice de Sørensen, y el análisis de especies indicadoras de dos vías Twispán (two way Indicator species Analysis - Hill, 1979 en Islebe, Velásquez y Cleef, 1995). Los resultados derivados de estas técnicas sentaron la base sobre la cual fue posible deducir los patrones presentes en la vegetación del volcán. Estos resultados fueron: las agrupaciones de sitios (parcelas) afines, y las especies preferenciales positivas a estas agrupaciones.

Para identificar posibles gradientes ambientales responsables de la distribución de la vegetación, se empleó el análisis de correspondencia rectificada (Detrended Correspondence Analysis), técnica de ordenación indirecta eficiente para la reducción e interpretación de conjuntos de datos ecológicos multivariados, con uno o varios gradientes ambientales (McCune y Mefford, 1997; Hammer y Harper, 2003). Estos análisis se efectuaron empleando los programas: PC-ORD Versión 3.12 (McCune y Mefford, 1997) y Past Versión 1.14 (Hammer y Harper, 2003).

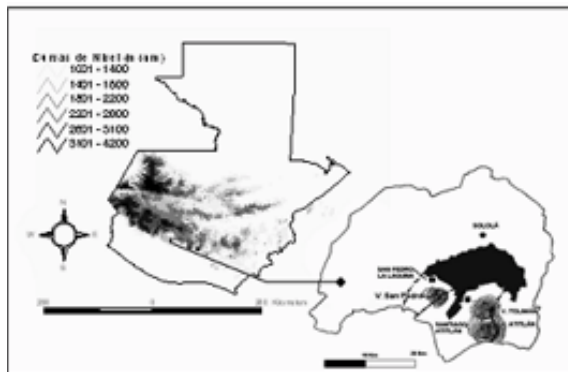
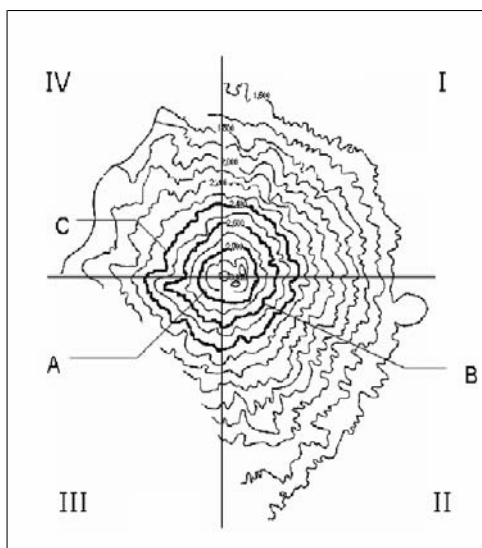


Figura 2a, Ubicación geográfica del volcán San Pedro, entre los límites municipales de San Pedro la Laguna y Santiago Atitlán, departamento de Sololá.



Área total con bosque natural	3.78 Km ² (378 Ha)
-------------------------------	-------------------------------

Estrato Altitudinal	Área (Km ²)	%
A. Estrato 2,800 a 3,020 msnm	0.68	18
B. Estrato 2,600 a 2,800 msnm	1.18	31
C. Estrato 2,400 a 2,600 msnm	1.93	51
Exposición	Área (Km ²)	%
I. Noreste	1.11	28
II. Sureste	0.96	24
III. Suroeste	1.02	25
IV. Noroeste	0.93	23

Figura 2b. Estratificación del volcán San Pedro para el estudio de la vegetación.

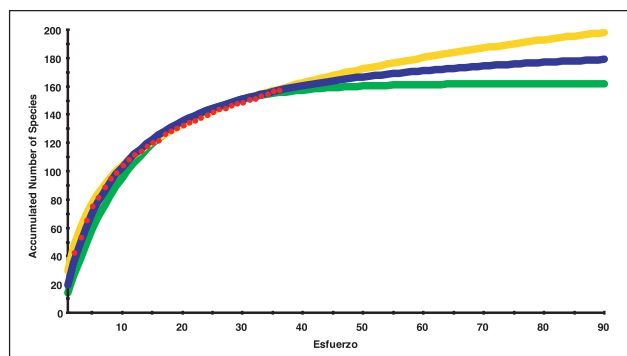
Recuadro: Área en kilómetros cuadrados y porcentaje de cada uno de los estratos.

Resultados y Discusión

Muestreo de la vegetación

El levantamiento de información en el campo permitió la colecta de 1,038 números de herbario y la determinación de un total de 415 especies vegetales para el volcán (anexo 1), de las cuales 158 especies corresponden a especímenes

colectados dentro de las parcelas de Whittaker, y 257 especies a especímenes colectados a lo largo de brechas y senderos en el área natural. En el muestreo dentro de las parcelas se logró el conteo de 8,889 individuos, entre árboles (1674), arbustos (1994), y hierbas (5221).



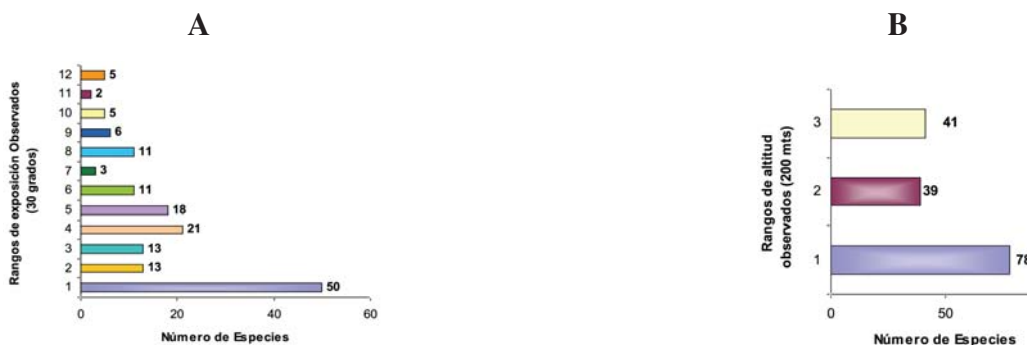
Gráfica 1. Curva de Acumulación de Especies por unidad de esfuerzo (parcela de Whittaker de 0.1Ha). Modelos con mejor bondad de ajuste: 1. Modelo Logarítmico (línea amarilla), 2. Modelo Clench (línea azul), 3. Modelo Exponencial (línea verde), Datos observados (puntos rojos). Con base en el programa "SpAcc2", desarrollado por el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), México. E. Díaz-Francés, J. Soberón, y L.G. Gorostiza.

Los resultados del muestreo sistemático en parcelas sirvieron para establecer el número acumulado de especies por unidad de esfuerzo, y estimar el número total de especies esperadas para el área. El índice jackknife (PC-ORD, 1997) fue uno de estos estimadores, dicho índice en su primer orden estima un número de 207 especies, mientras que en segundo orden un total de 244 especies. De la misma forma, la curva de acumulación de especies calculada con base en el supuesto de procesos de nacimientos puros¹ de Díaz-Francés, Soberón y Gorostiza (2003) con el programa SpAcc2, indica que los resultados se acoplan con mejor ajuste al modelo logarítmico. La curva construida presenta de 1 a 25 parcelas un crecimiento constante en la cantidad de especies, luego del cual se encuentra la asintota (gráfica 1). Si se contrasta el número de especies observadas en las parcelas (158) y esperadas con base en el estimador jackknife en los dos órdenes (207 y 244), es posible observar que este llega a distar en 49 y 86 especies respectivamente. En el peor de los casos (jackknife de segundo orden), la eficiencia del muestreo en parcelas sería del 65% (el 35% de las especies no fueron percibidas por el muestreo dentro de las parcelas). Si bien el número de especies encontradas en la colecta en parcelas es menor a la cantidad de especies esperadas, llama la atención el hecho que esta estimación sea mucho menor al número total de especies encontradas en el área (415). Lo cual se debe a que tanto la curva de acumulación de especies como los estimadores fueron generados con base en el número acumulado de especies registrado dentro de las parcelas de 0.1 Ha, mientras que el número total de especies es producto de la colecta tanto en parcelas, como en brechas y senderos. Por lo tanto, es la colecta en brechas

y senderos la que, al abarcar una mayor cantidad de hábitats, demuestra ser capaz de percibir un mayor número de especies, condición que se ve apoyada por el hecho que muchas especies dentro del volcán, ya sea por factores naturales (hábitats reducidos, gradientes ambientales pronunciados, y fuerte competencia interespecífica) o antropogénicos (reducción, fragmentación y degradación del hábitat), presentan una distribución muy restringida, por lo que no son lo suficientemente perceptibles. Lo que es confirmado por la cantidad de especies que se reportan con una o dos ocurrencias (50 y 11 respectivamente) (gráfica 2). Todo lo anterior no solamente pone en evidencia la efectividad de la técnica de muestreo, sino también la variabilidad que los estimadores pueden llegar a tener en función a la forma en la que se realizó la colecta de datos. No obstante, es importante señalar el posible efecto que pueda estar teniendo en la subestimación, la gran variabilidad en el número acumulado de especies que se observa tanto dentro como entre estratos. Ya que los datos con los que se construye una curva de acumulación de especies, deben ser el resultado de un esfuerzo de colecta constante, condición que difícilmente se puede garantizar entre áreas heterogéneas. Por esta misma razón, y para poder realizar una adecuada comparación entre los resultados registrados para los distintos estratos del volcán, fue necesario validar esta comparación por medio de la curva de rarefacción, curva que estableció en 360 individuos el tamaño de muestra o cantidad de esfuerzo en el que las variaciones en la riqueza observada en los distintos estratos se atribuye completamente a las variaciones propias de los sitios, y no a variaciones atribuidas al esfuerzo de colecta (cuadro 1).

¹ Esta curva se basa en procesos estocásticos de nacimientos puros, como modelos teóricos para construir curvas de acumulación de especies. (Soberón y Llorente, 1993 en Díaz-Francés y Soberón, 2005)

Gráfica 2



Rangos de distribución observados en las especies vegetales del área natural del volcán San Pedro; (A) Especies observadas por rangos de exposición, y (B) Especies observadas por rangos de altitud.

Cuadro 1

	IA	IIA	IIIA	IVA	IB	IIB	IIIB	IVB	IC	IIC	IIIC	IVC
Riqueza total por estrato	62	44	42	46	50	25	34	41	49	50	55	51
Riqueza estandarizada con rarefacción	53.6	35.7	37.7	43.4	43.8	21.3	29.9	36.6	44.0	46.9	50.1	51.0
Abundancia total por estrato	860	1710	860	540	810	870	590	710	540	470	510	360
Abundancia estandarizada con rarefacción	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360

Estandarización con la técnica de rarefacción del esfuerzo de muestreo por estrato, en el bosque natural del volcán San Pedro. Exposición: I. Noreste, II. Sureste, III. Suroeste, y IV. Noroeste. Piso altitudinal: A. 2,900 msnm, B. 2,700 msnm, y C. 2,500 msnm.

Riqueza y Abundancia

El bosque del volcán San Pedro presenta en total 415 especies vegetales, agrupadas en 102 familias botánicas y 3 divisiones taxonómicas: Pteridophyta con 38 especies, Pinophyta con 3 especies, y Magnoliophyta con 374 especies (Liliopsida - 77 sp, y Magnoliopsida - 297 sp) (cuadro 2). La riqueza promedio de especies, en relación al área se establece en 41.2 especies por 0.1 Ha (412 spp / Ha). Con respecto a la riqueza de especies por familia, es posible deducir que la proporción que se observa es un claro reflejo de los hábitats y los hábitos de crecimiento predominantes en el volcán. El

hecho que Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Lamiaceae, se encuentren entre las familias con mayor porcentaje es evidencia de la abundancia de sitios con exposición solar pronunciada (ladera noreste y sureste). En la mayor parte de las familias (91%), fue posible observar un aporte individual de menos de 9 especies, condición que en muchos de los casos se ve asociada a una distribución limitada, y que puede dar cierto indicio sobre la existencia de microhabitats que son propicios para ciertas especies. Este fenómeno es confirmado en el caso de las familias Arecaceae, Lophosoriaceae, y Ericaceae, las que se encontraron restringidas a pocas localidades en el área.

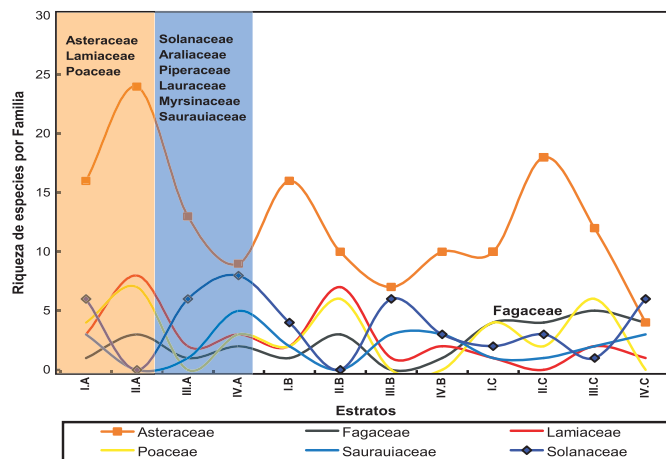
Cuadro 2

	Familia	Sp.	%
1	Asteraceae	72	17.52
2	Orchidaceae	27	6.57
3	Poaceae	19	4.62
4	Solanaceae	15	3.65
5	Fabaceae	13	3.16
6	Lamiaceae	11	2.68
7	Polypodiaceae	11	2.68
8	Rubiaceae	11	2.68
9	Bromeliaceae	10	2.43
10	Otras (93)	222	54.01

Aporte de especies por familia botánica a la riqueza vegetal del volcán San Pedro

Otras familias mantienen una presencia continua, no obstante con diferentes especies, como es el caso de la familia Fagaceae (Encinos). En este grupo fue posible observar un intercambio de especies a lo largo de los gradientes ambientales de tal modo que ningún hábitat dentro del volcán deja de presentar más de algún tipo de encino. Mientras la especie de encino *Quercus pilicaulis* es la que claramente domina en el bosque de la ladera noreste del volcán, en la ladera noroeste es la especie *Quercus crispifolia* la que logra ocupar el nicho vacante, en donde llega a convertirse en una de las especies que dominan el bosque. Este hecho es confirmado por el estudio sobre la diversidad taxonómica y funcional de los encinos de Cavender-Bares (2004), el cual aporta fuerte evidencia que prueba que ciertas especies de encinos se especializan en nichos particulares por medio de acuerdos en rasgos funcionales, y esta partición de nichos contribuye a la alta diversidad de encinos a nivel de paisaje.

Gráfica 3



Dinámica de la riqueza de especies por familia botánica* a lo largo de los dos gradientes ambientales en el volcán San Pedro. Estratos, Exposición: I. Noreste, II. Sureste, III. Suroeste, y IV. Noroeste. Piso altitudinal: A. 2,900 msnm, B. 2,700 msnm, y C. 2,500 msnm. En los recuadros se resalta los sitios con mayor humedad (celeste) y con mayor exposición al sol (anaranjado).

La dinámica que se pudo observar en otras familias en el bosque del volcán, difiere al caso de los encinos, ya que su distribución se ve interrumpida por variaciones ambientales, y el nicho vacante es ocupado gradualmente por familias con características funcionales similares, pero con adaptaciones ambientales diferentes. Condición que puede apreciarse en las familias: Solanaceae y Saurauaceae por un lado, y Asteraceae, Lamiaceae y Poaceae, por el otro. En donde se observa una disminución de la riqueza de especies, en Solanaceae y Saurauaceae, a medida que aumenta la riqueza de Asteraceae, Lamiaceae y Poaceae. Las primeras son familias que presentan especies arbustivas tolerantes a la sombra, mientras que las segundas son de hábito principalmente herbáceo, que crecen en áreas con claros o en laderas con mayor exposición solar, áreas donde el dosel del bosque no es denso (gráfica 3).

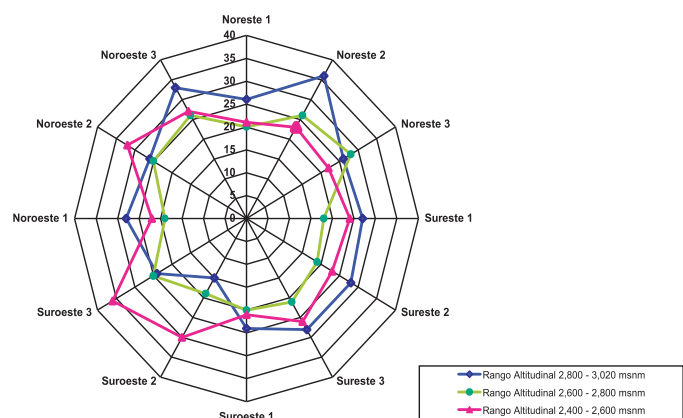
En cuanto a la riqueza de especies por estrato y por unidad experimental, llama la atención el rango de variación observado entre sitios, que va de 21 a 54 especies (cuadro 1, gráfica 4). Asociando los cambios en la riqueza con los cambios de exposición, se verificó una tendencia a la disminución del número de especies a medida que la incidencia de la radiación solar aumenta (ladera sureste). Puesto que éste factor se encuentra inversamente relacionado a la humedad ambiental, la ladera noroeste con relativamente mayor humedad, es la que presentó una de las riquezas más altas del volcán. Esta tendencia se mantiene en los tres pisos de altitud. Empero, la preferencia de las especies en el volcán se inclina hacia la vertiente con mayor humedad, los valores de riqueza más elevados corresponden a dos parcelas en la ladera noreste, lo que puede ser atribuido a que en dicha ladera se encuentra una zona de transición de dos matrices vegetales, por lo que muchas especies tienden a coincidir en estos sitios.

Con respecto al cambio en altitud, la riqueza presentó cambios menos abruptos que los observados en los cambios de exposición, se observa un aumento gradual en la riqueza de especies por estrato a mayor elevación (gráfica 5), hecho que no concuerda con las evidencias propuestas por varios estudios que más bien plantean una disminución en la riqueza (Terborgh, 1997; McCoy, 1990; citado por Cardelús *et al.*, 2006). Este fenómeno se puede deber a que ciertas condiciones ambientales en la cumbre del volcán (menor pendiente, suelos con mayor cantidad de materia orgánica, y mayor humedad), puedan estar facilitando el establecimiento de una mayor riqueza, ya que muchas veces la presencia de un gran número de especies con rangos reducidos de distribución se encuentra reflejando factores ligados al ambiente (Cardelús *et al.*, 2006).

Abundancia

La abundancia por parcela presentó un rango de variación de 89 a 508 individuos (incluyendo árboles, arbustos y hierbas), siendo el piso altitudinal 2,800 a 3,020 msnm el que mantiene la mayor abundancia en todas las exposiciones, seguido por el piso 2,600 a 2,800 msnm, y con la menor abundancia, el piso 2,400 a 2,600 msnm (cuadro 1, gráfica 5). Este patrón coincide con el piso del volcán que tiene mayor disponibilidad de hábitat y que conserva la mayor cantidad de humedad durante todo el año.

Gráfica 4



Riqueza de especies por parcela de Whittaker, por rango altitudinal y exposición (los ejes de la gráfica han sido modificados para que coincidan con la orientación de las parcelas de muestreo en el volcán).

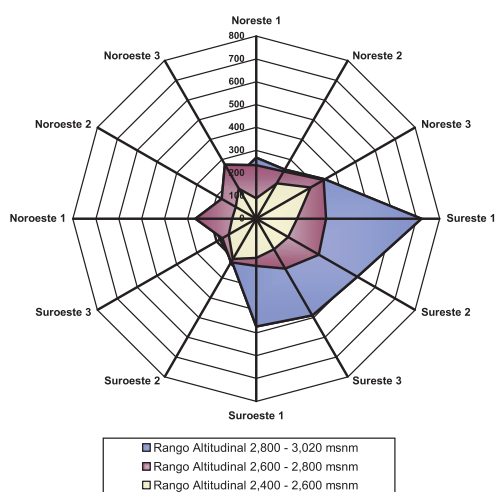
En relación al gradiente de exposición, la orientación sureste es la que presentó mayor abundancia en los tres pisos altitudinales, siendo esta ladera la que mayor radiación solar recibe, condición que favorece el desarrollo de sotobosque y la propagación de herbáceas.

En cuanto a la abundancia por especie, en el total de parcelas levantadas en el bosque del volcán fue posible identificar entre las especies arbóreas más

abundantes a *Quercus pilicaulis* con 273 individuos (76 ind/Ha), *Synardisia venosa* con 185 individuos (51 ind/Ha), y *Meliosma dives* con 141 individuos (39 ind/Ha). Entre las especies de habito herbáceo más abundantes se encontró: *Festuca amplissima* con 678 individuos (1.9 individuos por metro cuadrado), *Salvia lasiantha* con 602 individuos (1.7 ind/m²), *Arracacia donnell-smithii* con 583 individuos (1.6 ind/m²) y *Neonelsonia acuminata* con 528 individuos (1.5 ind/m²). Las dos primeras especies abundantes en el bosque de la ladera sureste y las dos últimas en la ladera noroeste.

De los tres estratos cuantificados en el estudio, el estrato arbustivo fue el que presentó las menores abundancias en el área, y se encontró mejor representado por tres especies: *Roldana gilgii* con 189 individuos (0.26 ind/m²), *Schistocarpha* sp. con 184 individuos (0.25 ind/m²), y *Senecio heterogamus* con 148 individuos (0.20 ind/m²). Relación que puede dar ciertos indicios sobre la densidad del sotobosque en particular y la estructura que presenta el bosque en general.

Gráfica 5

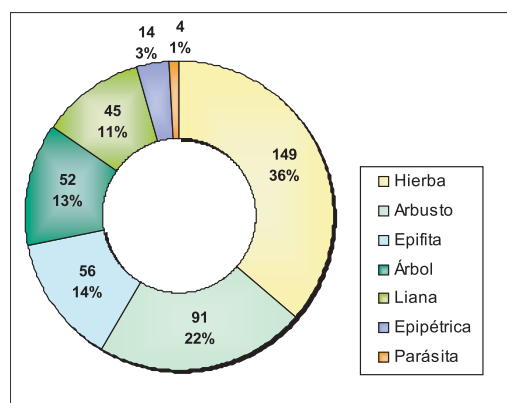


Abundancia observada por parcela (0.1 Ha), ordenada por rango altitudinal y exposición.

Estructura de la vegetación

Con base en los hábitos de crecimiento observados fue posible identificar siete estratos vegetales: Hierbas que agrupan 149 especies (36%), Arbustos 91 especies (22%), Epifitas 56 especies (14%), Árboles 52 especies (13%), Lianas 45 especies (11%), Epipétricas 14 especies (3%), y Parásitas 4 especies (1%) (gráfica 6).

Gráfica 6



Hábitos de crecimiento de la vegetación del volcán San Pedro.

Resalta la elevada proporción de hierbas, arbustos y epifitas, que agrupan el 72% de las especies, a partir de lo que es posible deducir el grado de complejidad y la productividad que los ecosistemas pueden llegar a alcanzar en el área. En cuanto a la distribución de la riqueza por hábito de crecimiento, llama la atención que en los sitios en los que el estrato arbóreo presenta una elevada riqueza de especies (ladera suroeste y noroeste), la riqueza de arbustos y hierbas es relativamente baja. Lo contrario sucede cuando la cantidad de especies arbóreas es baja (ladera noreste y sureste). Este mismo patrón se puede observar en el caso de la abundancia, el diámetro y la altura promedio en árboles y arbustos. Relación que permite deducir la existencia de cierto grado de exclusión competitiva principalmente por luz, entre árboles, arbustos y hierbas. Ya que la densidad y el grado

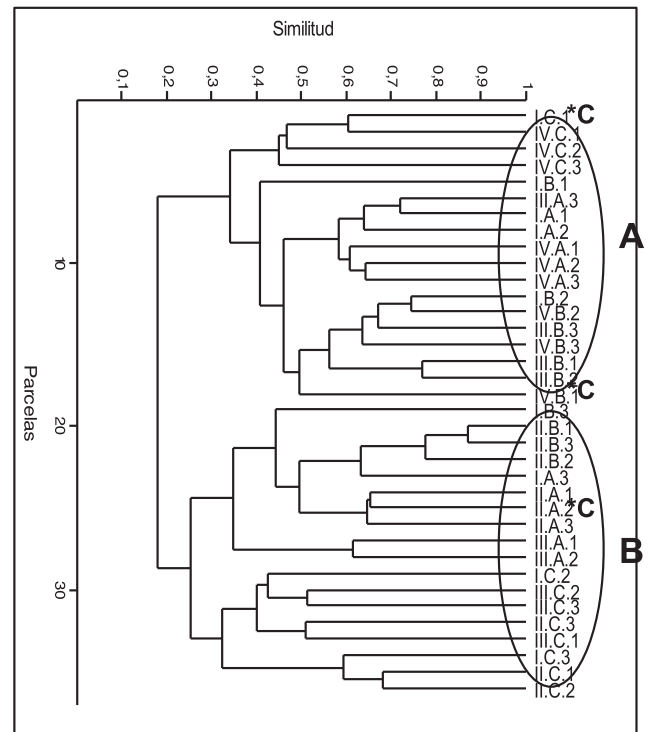
de desarrollo que alcanza el estrato arbóreo, se encuentra inversamente relacionada a la cantidad de luz solar que llega al suelo, y directamente a la humedad ambiental (Passarge *et al.*, 2006). No obstante, la posibilidad de competencia por recursos pueda explicar las fluctuaciones en la riqueza, abundancia y el desarrollo que alcanzan los estratos vegetales, no se debe descartar el hecho que procesos naturales de regeneración y microsucesión estén operando en algunas áreas del volcán, en especial aquellas que con cierta regularidad son perturbadas.

Si se analiza el comportamiento del estrato arbóreo independientemente de los otros dos estratos, destaca que a 2,500 msnm el bosque en la ladera suroeste presenta un gran número de especies arbóreas en pequeñas poblaciones. En contraste, la ladera noroeste mantiene la misma riqueza en poblaciones de mayor tamaño. Condición que puede estar indicando una región con óptimos ambientales los que favorecen no solamente una alta densidad de especies, sino también el establecimiento de poblaciones numerosas. En la ladera sureste el bosque se encuentra dominado por sólo una especie de encino (*Quercus pilicaulis*). Condición que pone en evidencia un bajo grado de equidad, que puede estar reflejando condiciones ambientales menos favorables en esta región del volcán, por lo que existe mayor competencia y exclusión entre especies que ocupan nichos similares.

Patrones espaciales en la vegetación del volcán

El análisis de la composición y abundancia de especies vegetales empleando técnicas de clasificación (Twinspan) y agrupamiento², aporta elementos para considerar heterogénea a la vegetación del volcán, presentando dos grupos o ensambles vegetales³ (gráfico 3).

Figura 3



Dendrograma del análisis de agrupamiento de parcelas de vegetación en el volcán San Pedro. Medida de similitud: Índice de Sørensen. Exposición: I. Noreste, II. Sureste, III. Suroeste, y IV. Noroeste. Piso altitudinal: A. 2,900 msnm, B. 2,700 msnm, y C. 2,500 msnm. A. Ensamble *Saurauia subalpina* / *Meliosma dives* / *Synardisia venosa* – *Solanum appendiculatum* - *Maianthemum flexuosum*; B. Ensamble *Quercus pilicaulis* / *Arbutus xalapensis* / *Ceanothus azureus* - *Galium mexicanum* – *Salvia lasiantha*; C. Zonas de Regeneración.

La ordenación indirecta de las especies arbóreas del volcán, producto del análisis de correspondencia rectificado (DCA), guarda fuerte relación con los dos grupos o ensambles vegetales generados por los análisis de clasificación y agrupamiento, los que ponen de manifiesto la existencia de un gradiente ambiental resultado de la heterogeneidad espacial del volcán. El análisis de correspondencia rectificado revela una elevada correlación entre los sitios y las especies en el volcán, el elevado valor de la raíz característica

² Ya que Twinspan no realiza análisis de agrupamiento, por lo que no discierne patrones espaciales en la vegetación ni investiga la continuidad relativa de la misma (Groenewoud, 1992), fue necesario realizar análisis de agrupamiento empleando como medida de distancia el índice de Sørensen.
³ El término ensamble puede corresponder a la definición de comunidad vegetal, en el sentido que la proporción de ciertas especies tiende a ser más o menos estable en comparación con la proporción de otras especies. Esto debido a que cada especie puede reaccionar de forma particular ante el ambiente de acuerdo a su desempeño fisiológico relativo, además de las interacciones con otras especies e interacciones a nivel de comunidad. De la misma forma diferentes ensambles tienden a prevalecer en diferentes segmentos de un gradiente ambiental. (Scott, 1995)

(eigenvalue de 0.82) del primer eje de ordenación producto de DCA, sugiere un cambio en la composición de especies entre sitios definido por un gradiente ambiental. Los bajos valores de la raíz característica para los ejes 2 y 3 (0.32 y 0.22 respectivamente), corroboran la importancia del primer eje para explicar la variación observada. Con base en el gráfico de ordenación de los sitios de muestreo y especies, se pudo inferir que el primer eje corresponde al gradiente de exposición (humedad), y el segundo al gradiente de altitud (temperatura) (figura 4). En este gráfico, en el extremo izquierdo del primer eje se observan tanto las especies vegetales afines a ambientes con mayor humedad como los sitios localizados en la ladera con menor incidencia de radiación solar. En la sección intermedia se presentan los sitios que corresponden a zonas de transición o de regeneración, mientras que en el extremo derecho se concentran las especies y los sitios que se localizan en las laderas con mayor incidencia de radiación solar. En cuanto al segundo eje de ordenación, resalta el hecho que este logra explicar una mayor variación entre sitios a medida que aumenta la humedad ambiental (base del triángulo). Esto permite inferir que el aumento de la humedad ambiental propicia una mayor diferenciación entre sitios con diferente altitud, mientras que en la ladera menos húmeda la diferencia de altitud no genera variación entre las distintas localidades.

Ensamblajes de especies en el bosque del volcán

Los dos ensamblajes o agrupaciones principales en la vegetación del volcán guardan entre sí 20% de similitud (gráfico 3), manteniendo cierta continuidad que queda evidenciada al considerar la cantidad de especies que se comparten o “traslapan” a lo largo de los gradientes ambientales en los que ocurren estos dos grupos (figura 4 y 5). En el caso del gradiente de altitud se observó un

traslape de especies del 25 al 40%, mientras que en el gradiente de exposición del 18 al 51%. Razón por la que sería arbitrario definirlos de forma discreta. Además de los dos grupos principales fue posible identificar ciertos sitios que corresponden a zonas perturbadas con especies propias, y que se identifican como ensamble de especies de zonas de regeneración.

Figura 4

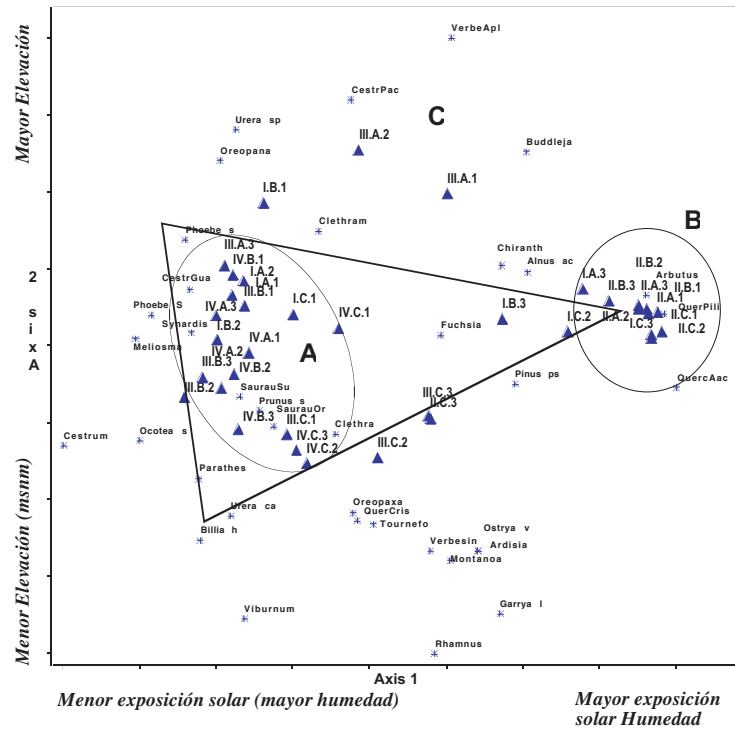
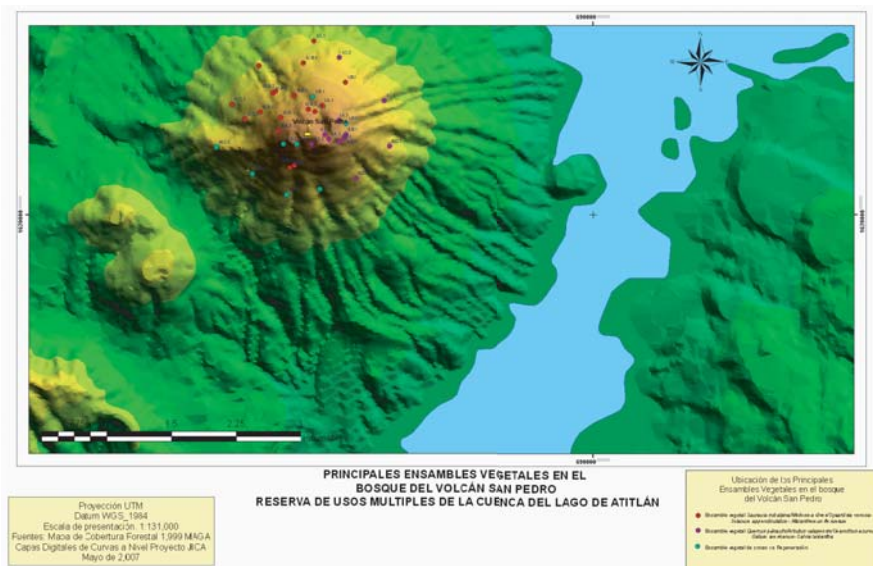


Gráfico del Análisis de Correspondencia Rectificado (DCA). Ordenación indirecta de Parcelas (Triángulos) y Especies (X) a lo largo de los gradientes representados por los dos ejes principales, eje 1 (0.82 Eigenvalue) asociado al gradiente de humedad, y eje 2 (0.32) asociado al gradiente de altura. **Agrupaciones:** A. Parcelas asociadas a la región del volcán con mayor humedad; B. Parcelas asociadas a la región del volcán con menor humedad; y C. Parcelas que no presentan un patrón claro asociado al gradiente de humedad o altura (zonas de regeneración).

Figura 5



Ubicación de los principales ensambles vegetales en el bosque del Volcán San Pedro.

A. Ensamble *Saurauia subalpina* / *Meliosma dives* / *Synardisia venosa* – *Solanum appendiculatum* – *Maianthemum flexuosum*

Ensamble localizado de los 2,400 a los 3,020 msnm entre la ladera suroeste, noroeste y parte de la noreste (figura 5). Entre las especies arbóreas que componen este ensamble se encuentran: *Saurauia subalpina*, *Synardisia venosa*, *Meliosma dives*, *Oreopanax echinops*, *Oreopanax xalapensis*, *Cinnamomum salvinii*, *Prunus salasii*, *Clethra pachecoana*, *Ocotea* sp., *Quercus crispifolia*, *Rhamnus discolor*, *Fuchsia paniculata*, *Ardisia* sp., *Billia hippocastanum*, *Cestrum guatemalense*, *Cestrum pacayense*, *Tournefortia petiolaris* y *Viburnum jucundum*. La mayoría de las cuales forman parte de la dieta del pavo de cacho (*Oreopanax derbianus*), ave estrechamente relacionada con esta asociación vegetal. El estrato arbustivo se encuentra poco representado y en muchos de los sitios no se observa del todo. Entre las especies arbustivas que se pueden encontrar muy localizadas en ciertas áreas, están: *Chamaedorea keeleriorum*, *Chamaedorea rojasiana*, *Lycianthes quichensis*, *Malvaviscus arboreus*, *Rojasianthe superba*, *Eupatorium nubigenum*, *Ostrya virginiana*, *Piper martensianum*, *Piper* sp., y *Euonymus enantiophyllus*.

En general el estrato herbáceo se encuentra compuesto por: *Begonia oaxacana*, *Centropogon grandidentatus*, *Maianthemum flexuosum*, *Phanerophlebia macrosora*, *Asplenium monanthes*, *Goodyera striata*, *Hydrocotyle mexicana*, *Sibthorpia repens*, *Blechnum* sp., *Bomarea acutifolia*, *Botrychium* sp., *Pteris* sp., *Polystichum ordinatum*. Otras especies observadas son: *Acalypha* sp., *Acalypha guatemalensis*, *Eupatorium aschenbornianum*, *Eupatorium pycnocephalum*, *Iresine Calea*, *Ageratina* sp., *Arracacia donnell-smithii*, *Bidens squarrosa*, *Carex donnell-smithii*,

Commelina sp., *Phenax mexicanus*, *Salvia curtiflora*, *Schistocarpha seleri*, *Senecio cobanensis*, y *Uncinia hamata*, *Didymaea* sp.

En este ensamble vegetal también es posible observar una gran cantidad de bejucos (*Clematis grossa*, *Smilax jalapensis*, *Smilax* sp., *Solanum appendiculatum*, *Serjania* sp., *Zanthoxylum aguilarii* y *Zanthoxylum harmsianum*), trepadoras (*Passiflora pterocarpa*, *Passiflora membranacea*, *Philadelphus myrtoides*, *Solanum wendlandii*, *Valeriana scandens* var. *candolleana*) y epifitas (*Pleopeltis* sp., *Polypodium allansmithii*, *Peperomia galioides*, *P. quadrifolia*, *P. humilis*, *Monstera siltepecana*).

En términos generales el ensamble guarda dentro de sí 35% de similitud, y presenta rasgos que lo permiten asociar al bioma selva de montaña, el cual se caracteriza por presentar una combinación de especies vegetales procedentes de Norteamérica y Sudamérica.

B. Ensamble *Quercus pilicaulis* / *Arbutus xalapensis* / *Ceanothus azureus* - *Galium mexicanum* – *Salvia lasiantha*

Este ensamble se encuentra localizado entre la ladera noreste y sureste del volcán, de los 2,400 msnm a los 3,020 msnm (figura 5). Entre los árboles que componen esta asociación se encuentra la especie *Quercus pilicaulis*, encino que llega a presentar poblaciones importantes con diámetros de hasta 0.70 metros y alturas de 25 metros, a pesar de ello se observa baja densidad de copas en el dosel.

En ciertas regiones se encuentra acompañado por otros árboles como *Arbutus xalapensis*, *Alnus acuminata*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Garrya laurifolia*, *Pinus pseudostrobus*, y *Quercus acatenangensis*, todas en poblaciones reducidas. El estrato arbustivo es escaso, con especies como: *Acacia pennatula*, *Buddleja nitida*, *Litsea guatemalensis*, *Lasianthaea fruticosa*, *Viburnum*

hartwegii, *Ceanothus azureus*, *Monnina xalapensis*, y *Cirsium subcoriaceum*.

El estrato herbáceo domina el bosque, tanto en riqueza como en abundancia. Entre las especies que sobresalen se encuentra: *Salvia lasiantha*, *Brachypodium mexicanum*, *Galium mexicanum*, y *Festuca amplissima*, todas llegan a cubrir buena parte del piso del bosque.

Tomando en cuenta la cantidad de tiempo que generalmente toma a los árboles de encino alcanzar el diámetro y la altura que es posible observar en esta región del volcán, y la gran cantidad de bromélias que estos presentan en las ramas, se puede argumentar que este es un bosque relativamente maduro (Dunn, 2000 citado por Isaza *et al.*, 2004). En general el ensamble guarda 25% de similitud, y presenta rasgos que lo identifican con el bioma bosque de montaña, con especies vegetales en su mayoría procedentes de Norteamérica.

C. Zonas de regeneración

Dentro del bosque del volcán es posible encontrar zonas de regeneración caracterizadas por presentar vegetación de tipo arbustiva dominada por especies resistentes al sol, entre las que se encuentra: *Urera caracasana*, *Dahlia imperialis*, *Verbesina apleura*, *Urera sp.*, *Salvia spp.*, *Arracacia acuminata*, *Arracacia donnell-smithii*. Este ensamble se puede observar en el cráter del volcán San Pedro formando densas masas, en donde existen corrientes de agua y suelos anegados en época lluviosa, razón por la cual se dificulta el establecimiento de un bosque maduro como el que se encuentra aledaño al cráter.

En la ladera noreste a 2,860 msnm cerca del área de campamento, se encuentra un pequeño plan⁴ cubierto con densa vegetación arbustiva y herbácea (*Salvia spp.*, *Schistocarpha sp.*), con algunos árboles típicos de zonas de regeneración (*Urera sp.*, *Verbesina sp.*, y *Montanoa hexagona*).

Conclusiones

Se observa heterogeneidad en la distribución de la vegetación del volcán, la cual se atribuye principalmente a los gradientes ambientales que se observan en el volcán, lo que fue corroborado con el análisis de ordenación indirecta (DCA). Este determinó que la alta correspondencia entre sitios y especies se debe principalmente al gradiente de exposición (humedad). No obstante, el gradiente de altitud aporta cierto grado de variación en la vegetación, la suficiente como para dar un sentido de particularidad a cada uno de los estratos del volcán.

Recomendaciones

La reducción y el creciente aislamiento del bosque del volcán San Pedro se encuentran afectando la dinámica natural del mismo, amenazando a un gran número de especies tanto de flora como de fauna. Esto se refleja en la gran cantidad de especies vegetales que comparten hábitats reducidos. Se determinó que más del 40% de las especies sólo se logran distribuir en un rango de altitud o de exposición, lo que pone en evidencia el grado de “particularidad” que presentan las distintas regiones del volcán. Razón por la que las estrategias de conservación deberán considerar cada una de sus partes como un hábitat único.

Si a esto se añade la posible existencia de una deuda de extinción, por lo que especies que aún se reportan estén por desaparecer del bosque (Berglund y Jonsson, 2005; Vellend, *et al.*, 2006), la cantidad de especies en peligro es mucho mayor de la que se pueda tener idea. No obstante, el hecho que tome mucho tiempo para que una deuda de extinción sea saldada, brinda la oportunidad para prevenir extinciones subsiguientes al incrementar la cobertura forestal (Vellend *et al.*, 2006), tomando en cuenta que las especies vegetales que aun permanecen pueden ser la base para esfuerzos

⁴Posiblemente producto del derrumbe de una de las paredes del antiguo cráter del volcán.

de restauración futuros (Berglund y Jonsson, 2005; Vellend, et al., 2006). Hecho que es apoyado por la teoría del seguro, que sugiere que una gran diversidad de especies puede disminuir la dinámica de perturbación dentro de una comunidad, ya que la resiliencia de las comunidades se incrementa a mayor diversidad (Allison, 2004).

El tamaño poblacional a largo plazo es otro aspecto que debe ser considerada en el caso del volcán, ya que determina la adaptabilidad de la población. Según Widén (1993), ciertas poblaciones vegetales deberán de conservar tamaños mayores a 2,000 individuos para mantener niveles de adaptabilidad que permitan la subsistencia de las especies (Widén, 1993; citado por Reed, 2005). Reed (2005) recomienda que las poblaciones en los hábitats naturales deben ser protegidas para que mantengan el 95% de la adaptabilidad original. Con base en las estimaciones poblacionales derivadas de los resultados del presente estudio, se deduce que por lo menos 20 especies (principalmente árboles) se encuentran en densidades por debajo de lo recomendado, algunas de importancia ecológica como: *Pinus pseudostrobus*, *Saurauia oreophila*, *Billia hippocastanum*, *Ocotea sp.*, *Clethra pachecoana*, *Quercus acatenangensis*, *Phoebe sp.* y *Arbutus xalapensis*. Por lo que no solamente se deberá considerar la protección de los hábitats naturales del volcán, sino también la recuperación de las poblaciones naturales por medio de restauración ecológica.

Agradecimiento

Se agradece a la dirección regional de CONAP en Sololá, y a sus guardarrrecursos, en la Reserva de usos múltiples de la cuenca del lago de Atitlán, en particular a Marcos Porón, Domingo Mendoza, Vicente Quixquinab, Rubén Sumosa,

Pedro Chiviliú y Esteban Vásquez, quienes colaboraron durante el levantamiento de información de campo. A don Javier Méndez, encargado del parque regional municipal “Chuanimajuyú”, de San Pedro La Laguna, Sololá. Al curador del herbario AGUAT, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, Ing. Juan José Castillo por la colaboración en la determinación de especies de palmas del volcán. A la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en especial al Lic. Fernando Díaz, por la colaboración con el préstamo de equipo de campo. Y al equipo de trabajo del herbario BIGU, Escuela de Biología, por el apoyo en el trabajo de identificación y manejo de las muestras de herbario colectadas.

Referencias

- 1 Alroy J. Methods for removing sampling biases from diversity curves. *Paleobiology*. 1998; 20:191-207.
- 2 Berglund H, Jonsson BG. Verifying an Extinction Debt among Lichens and Fungi in Northern Swedish Boreal Forest. *Conservation Biology*. April 2005; Vol.19, 2:338-348.
- 3 Bermúdez M, Sánchez J, Eds. Identificación de vacíos de información Botánica en Centroamérica. Costa Rica: Museo Nacional de Costa Rica, Red de Herbarios de Mesoamérica y el Caribe, Y WVECA, Serie Tec. No.4, 2000. 99p.
- 4 Calderón T, Valladares B, Véliz ME, Méndez C. Composición y Estructura Vegetal del Volcán de Pacaya. Guatemala: USAC, Escuela de Biología. Doc. Téc. Np. 2005. 19 p.

- 5 Cardelús CL, Colwell R, Watkins JE. Vascular epiphyte distribution patterns: explaining the mid-elevation richness peak. *British Ecological Society*, 2005. Vol. 94:144-156.
- 6 Cavender-Bares J, Kitajima K, Bazzaz FA. Multiple Trait Associations in Relation to Habitat Differentiation Among 17 Floridian Oak Species. USA, *Ecological Monographs*, The Ecological Society of America, 2004. Vol. 74, 4:635-662.
- 7 Chalcraft DR, Williams JW, Smith MD, Willig MR. Scale Dependence in the Species-Richness-Productivity Relationship: The Role of Species Turnover. USA: The Ecological Society of America, 2004. *Ecology*, Vol.85, 10:2701-2708.
- 8 Colwell RK, Mao CX, Chang J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. USA: Ecological Society of America, 2005. *Ecology*, Vol.85, 10:2717-2727.
- 9 Díaz-Francis E, Soberón J. Statistical Estimation and Model Selection of Species-Accumulation Functions. *Conservation Biology*. April 2005. Vol.19, 2:569-573.
- 10 Dix M, Fortín I, Medinilla O, Castellanos E. Diagnóstico ecológico – social de la cuenca del lago de Atitlán. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala / The Nature Conservancy, 2003. 168p.
- 11 Gerace JB. Factors controlling Species density in herbaceous communities. *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics*. Jun 1999; Vol.2, 1:1-28.
- 12 Hammer DA, Harper T, Ryan PD. PAST - PAleontological STatistics, ver. 1.13. 2003. 63p.
- 13 Islebe GA, Velásquez A. Affinity among mountain ranges in Megamexico: A phytogeographical scenario. *Vegetatio* 1994; 115:1-9.
- 14 Islebe GA, Velásquez A, Cleef AM. High elevation coniferous vegetation of Guatemala: A phytosociological approach. *Vegetatio* 1995; 116:7-23.
- 15 Krebs CJ. *Ecological Methodology*. 2nd ed. USA, Canada: Addison - Welsey Educational Publishers, Inc.1999. 581p.
- 16 MacVean C, Schuster. *Altitudinal Distribution of Passalid Beetles (Coleoptera, Passalidae) and Pleistocene Dispersal on the Volcanic Chain of Northern Central America*. *Biotropica* 1981; 13:29-38.
- 17 Monzón J, Bailey A, Schuster J. Los Escarabajos (Cerambycidae y Scarabaeoidea) como indicadores para establecer prioridades en la conservación de Bosques Nubosos en Guatemala. Guatemala: Revista UVG 2000; 10:13-16.
- 18 Pardo P. Informe final de EPS: “Diagnóstico de la extracción de productos no maderable en los bosques del Cerro San Marcos, Sierra Parraxquím y Volcán San Pedro, Reserva de Usos múltiples de la cuenca del Lago de Atitlán, Sololá”. Guatemala: Escuela de Biología, Fac. CC.Q. y F., Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. 93p.

- 19 Pe'er G, Saltz D, Frank K. Virtual Corridors for Conservation Management. USA: Conservation Biology, Dic. 2005. Vol.19, 6:1997-2003.
- 20 Proarcas, Capas/ CCAD - USAID. Áreas de Conservación de la biodiversidad en Volcanes al sur de Quetzaltenango. Guatemala: Proarcas, Capas / CCAD – USAID, 2000. 323p.
- 21 Reed D. Relationship between Population Size and Fitness. Conservation Biology, April 2005. Vol. 19, 2:563-568.
- 22 Sánchez GA, López ML. Clasificación y Ordenación de la Vegetación del Norte de la Sierra Nevada a lo largo de un gradiente altitudinal. México: Serie Botánica, Anales del Inst. de Biología, UNAM. Enero-Junio 2003, Vol.74, 1:47-71.
- 23 Suchini AE, *et al.* Evaluación y Conocimiento del patrimonio florístico de Guatemala. Guatemala: Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. 92p.
- 24 Valdéz OI, *et al.* Fauna en Peligro de Extinción de Guatemala: Inventarios Rápidos para la Conservación. Guatemala: Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2000. 86p.
- 25 Véliz ME. Caracterización de la comunidad de Canac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) en el volcán de Acatenango. Guatemala: Universidad de San Carlos, (tesis de graduación, Facultad de Agronomía) 1989. IX+122p.
- 26 Véliz ME. La Vegetación del Volcán de Acatenango, Guatemala. Cc y Tec 2000; 1 y 2:3-166.
- 27 Véliz ME, Negli Gallardo, Mario Vázquez, Rodolfo Luarca. La Vegetación Montana de Guatemala. Cc y Tec 2001;1:3-61
- 28 Vellend M, Verheyen K, Jacquemyn H, Kolb A, Van Calster H, Peterken G, Hermy M. Extinction Debt of Forest Plants Persists for more than a Century following Habitat Fragmentation. USA: The Ecological Society of America, 2006. Ecology, Vol. 87, 3:542-548.
- 29 Viñals JF. Estudio de la Composición florística de las cimas de los Volcanes Acatenango, Agua, Atitlán, Fuego, Santa María, Santo Tomás (Pecúl), Tacaná, Tajumulco y Zunil en la República de Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos, (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1993, VII+135p.

Anexo I: Composición y distribución de la vegetación del volcán San Pedro

Familia – Especie / Registro BIGU / Hábito

Acanthaceae

1. *Justicia* sp. /33321 /Arb

Alstroemeriaceae

2. *Bomarea acutifolia* (Link & Otto) Herbert /
Her
3. *Bomarea edulis* (Tussac) Herbert /Her

Amaranthaceae

4. *Iresine Calea* (Ibáñez) Standl. / 33200 /Her

Anacardiaceae

5. *Rhus terebinthifolia* Schlecht. & Cham. /
33298 /Arb

Apiaceae

6. *Arracacia atropurpurea*
(Lehm.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl. /33117 /
Her
7. *Arracacia donnell-smithii* J.H. Coult. &
Rose /33252 /Her
8. *Coaxana purpurea* J.M. Coult. & Rose /
33233 /Her
9. *Cyclospermum leptophyllum* (Pers.)
Sprague ex Britton & P. Wilson / 33247 /
Her
10. *Daucus montanus* Humb. & Bonpl. ex
Spreng. /33231 /Her
11. *Hydrocotyle mexicana* Schltdl. & Cham. /
33241 /Her
12. *Neonelsonia acuminata* (Benth) J.M.
Coult. & Rose ex Drade /Her

Apocynaceae

13. *Mandevilla scorpioidea* Woodson /34193 /
Li

Araceae

14. *Anthurium montanum* Hemsl. / 33228 /Epf
15. *Monstera siltepecana* Matuda /Epf

Araliaceae

16. *Oreopanax echinops* (Cham. & Schltdl.)
Decne. & Planch. (Mux h'alj) /Ár
17. *Oreopanax sanderianus* Hemsl. /33230 /Ár
18. *Oreopanax steyermarkii* A.C. Sm. (O.
liebmanii) /34373 /Ár
19. *Oreopanax xalapensis* (Kunth) Decne. &
Planch. /33286 /Ár

Arecaceae

20. *Chamaedorea keeleriorum* Hodel &
Castillo /Arb
21. *Chamaedorea rojasiana* Standl. &
Steyerm. /Arb

Asclepiadaceae

22. *Asclepias elata* Benth. /33269 /Her
23. *Cynanchum woodsonianum* L.O. Williams
/33276 /Li
24. *Gonolobus* sp. /Li
25. *Mateleia velutina* (Schltdl.) Woodson /
34232 /Li

Aspleniaceae

26. *Asplenium achilleifolium* (M. Martens &
Galeotti) Liebm. /34231 /Her
27. *Asplenium cuspidatum* Lam. /34144 /Her
28. *Asplenium monanthes* L. /34234 /Her
29. *Asplenium* sp. /34233 /Her

Asteraceae

30. *Ageratina areolaris* (DC.) Gage ex B.L.
Turner /33076 /Arb
31. *Ageratina* sp. (Eupatorium sp.) /33278 /
Arb
32. *Ageratina* sp.2 (Eupatorium sp.) /Arb
33. *Ageratum corymbosum* Zuccagni /33246 /
Her
34. *Archibaccharis corymbosa* (Donn. Sm.)
S.F.Blake /33218 /Her
35. *Archibaccharis schiedeana* (Benth. In
Oerst) J.D. Jackson /33075 /Her
36. *Baccharis serraefolia* DC. /33115 /Her
37. *Baccharis vaccinioides* Kunth /Arb
38. *Bidens holwayi* Sherff & S.F. Blake /Li
39. *Bidens ostruthioides* (DC.) Sch.- Bip. /Her

40. *Bidens* sp. /Her
41. *Bidens squarrosa* Kunth /Li
42. *Bidens triplinervia* Kunth /33287 /Her
43. *Calea integrifolia* (DC.) Hemsl. /33221 / Arb
44. *Calea ternifolia* Kunth /33069 /Her
45. *Cirsium subcoriaceum* (Less.) Sch. Bip. / 33215 /Arb
46. *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist /Her
47. *Dahlia australis* (Sherff.) P.D. Sorensen / 33251 /Arb
48. *Dahlia coccinea* Cav. /33139 /Arb
49. *Dahlia imperialis* Roezl ex Ortgies /Arb
50. *Eupatorium aschenbornianum* S. Schaver / Arb
51. *Eupatorium corymbosum* Aubl. /Arb
52. *Eupatorium luxii* B. L. Rob. /33235 /Arb
53. *Eupatorium morifolium* Mill. /Arb
54. *Eupatorium nubigenum* Benth. /Arb
55. *Eupatorium pycnocephalum* Less./Arb
56. *Eupatorium* sp. /Arb
57. *Fleishmannia* sp. /Her
58. *Gnaphalium liebmannii* Sch. Bip. ex Klatt / Her
59. *Gnaphalium liebmannii* var. *monticola* (McVaugh) D.L. Nash /33070 /Her
60. *Gnaphalium salicifolium* (Bertol.) Sch. Bip. /Her
61. *Gnaphalium* sp. /Her
62. *Hieracium irasuense* Benth. /33277 /Her
63. *Lasianthaea fruticosa* (L.) K. M. Becker / Arb
64. *Liabum discolor* (Hook. & Arn.) Benth. & Hook. F. ex Hemsl. /33237 /Arb
65. *Liabum* sp. /33323 /Arb
66. *Montanoa hexagona* B.L. Rob. & Greenm. /33289 /Ar
67. *Montanoa hibiscifolia* Benth. /33284 /Arb
68. *Montanoa pteropoda* S.F. Blake /Arb
69. *Neomirandaea araliifolia* (Less.) R.M. King & H. Rob. /33123 /Ep
70. *Pluchea salicifolia* (Mill.) S.F. Blake /Her
71. *Polymnia maculata* Cav. /Her
72. *Psacalium pinetorum* (Standl. & Steyer.) Cuatrec. /Arb
73. *Rojasianthe superba* Standl. & Steyer. - Baj lel /Arb
74. *Roldana acutangula* (Bertol.) Funston /Arb
75. *Roldana aschenborniana* (S. Schauer) H. Rob. & Brettell (*Senecio quezalticus* L. O. Williams) /Arb
76. *Roldana gilgii* (Greenm.) H. Rob. & Brettell /33303 /Arb
77. *Roldana heterogama* (Benth.) H. Rob. & Brettell /33143 /Arb
78. *Roldana petasitis* (Sims) H. Rob. & Brettell (*Senecio petasitis* (Sims) DC.) / Arb
79. *Sabazia sarmentosa* Less. /33305 /Her
80. *Salmea scandens* (L.) DC. /33060 /Her
81. *Schistocarpha seleri* Rydb. /Arb
82. *Schistocarpha* sp. /Arb
83. *Senecio barba-johannis* DC. /Arb
84. *Senecio cobanensis* J.M. Coult. (*Telanthophora cobanensis* (J.M. Coult.) H. Rob. & Brettell) /Arb
85. *Senecio doratophyllus* Benth /33255 /Arb
86. *Senecio phorodendroides* L. O. Williams (*Pentacalia parasitica* (Hemsl.) H. Rob. & Cuatrec.) /Ep
87. *Senecio* sp. /Arb
88. *Sigesbeckia jorullensis* Kunth /33212 /Her
89. *Simsia* sp. /Her
90. *Sonchus oleraceus* L. /Her
91. Sp. 1 (*Helianthae*) /Arb
92. *Spilanthes ocymifolia* (Lam.) A.H. Moore / 33113 /Her
93. *Stevia lucida* var. *oaxacana* (DC.) Grashoff /Arb
94. *Stevia polycephala* Bertol. /33272 /Arb
95. *Tagetes foetidissima* DC. /33227 /Her

96. *Tithonia longiradiata* (Bertol.) S.F. Blake / 33250 /Arb
97. *Verbesina apleura* S.F. Blake /33244 /Arb
98. *Verbesina hypoglaucula* Sch. Bip. Ex Klatt / Arb
99. *Verbesina* sp. /Arb
100. *Vernonia* sp. /Arb
101. *Zexmenia* sp. /Her

Begoniaceae

102. *Begonia oaxacana* A. DC. /34293 /Her
103. *Begonia* sp. /Her

Betulaceae

104. *Alnus acuminata* Kunth /31934 /Ár
105. *Alnus firmifolia* Fernald /31927/Ár
106. *Carpinus caroliniana* var. *tropicalis* Donn. Smith /33051 /Arb
107. *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch /33285 / Arb

Blechnaceae

108. *Blechnum falciforme* (Liebm.) C. Chr. / 34132 /Her
109. *Blechnum occidentale* L. /31914 /Her
110. *Blechnum schiedeana* (Schltdl. ex C. Presl) Hieron. /31928 /Epf
111. *Woodwardia spinulosa* M. Martens & Galeotti /31165 /Her

Boraginaceae

112. *Tournefortia petiolaris* DC. /34253 /Ár

Bromeliaceae

113. *Tillandsia butzii* Mez /Epf
114. *Tillandsia capitata* var. *guzmanioides* L.B. Sm. /Epf
115. *Tillandsia caput-medusae* E. Morren /Epf
116. *Tillandsia guatemalensis* L. B. Sm. /Epf
117. *Tillandsia ionantha* var. *scaposa* L. B. Sm. /Epf
118. *Tillandsia matudae* L. B. Sm. /Epf
119. *Tillandsia ponderosa* L.B. Sm. /Epf
120. *Tillandsia rodrigueziana* Mez. /Epf
121. *Tillandsia usneoides* (L.) L. /Epf
122. *Tillandsia vicentina* Standl. /33122 /Epf

Buddleiaceae

123. *Buddleja nitida* Benth. /Ár

Burseraceae

124. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. /Ár

Cactaceae

125. *Disocactus cinnabarinus* (Eichlam ex Weing.) Barthlott /33204 /Epf
126. *Epiphyllum crenatum* (Lindl.) G. Don / 31945 /Epp

Caesalpinaceae

127. *Cassia stenocarpa* Vogel /34205 /Arb

Campanulaceae

128. *Centropogon grandidentatus* (Schlecht.) Zahlbr. /Her
129. *Lobelia aguana* E. Wimm. /33292 /Her
130. *Lobelia laxiflora* Kunth /33073 /Her

Caprifoliaceae

131. *Viburnum hartwegii* Benth. /33057 /Arb
132. *Viburnum jucundum* C.V. Morton /Ár

Caryophyllaceae

133. *Alsine cuspidata* (Wild. Ex Schltdl.) Wooton & Standl. /33270 /Li
134. *Arenaria* sp.1 /34282 /Li
135. *Arenaria* sp.2 /34167 /Li
136. *Drymaria* sp. /34351 /Li

Celastraceae

137. *Euonymus enantiophyllus* (Donn. Sm.) Lundell /31109 /Ár

Chloranthaceae

138. *Hedyosmum mexicanum* C. Cordem. / 31816 /Ár

Clethraceae

139. *Clethra mexicana* DC. - Tulul ché /31877/ Ár
140. *Clethra pachecoana* Standl. & Steyer. / 31788 /Ár

Clusiaceae

141. *Clusia salvinii* Donn. Sm. /31535 /Epf- Arb
142. *Hypericum* sp. /34294 /Her

Commelinaceae

143. *Comelina* sp. /Her

144. *Tinantia erecta* (Jacq.) Schltdl. /33114 /Her

145. *Tripogandra sp.* /Her

Convolvulaceae

146. *Ipomoea signata* House /33196 /Li

Crassulaceae

147. *Echeveria guatemalensis* Rose /33354 /Epf

148. *Echeveria steyermarki* Rose /Epp

149. *Kalanchoe sp.* /Epp

150. *Sedum guatemalense* Hemsl. /31161/Epf

151. *Sedum sp.* /Epf

Cucurbitaceae

152. *Cyclanthera langaei* Cogn. /31114 /Li

153. *Cyclanthera steyermarkii* Standl. /Li

Cupressaceae

154. *Cupressus lusitanica* Mill. /Ár

Cuscutaceae

155. *Cuscuta sp.* /Pst

Cyperaceae

156. *Carex donnell-smithii* L. H. Bailey /33222 /
Her

157. *Carex polystachya* Sw. ex. Wahlenb. /Her

158. *Carex sp.* /Her

159. *Cyperus altemifolius* L. /Her

160. *Rhynchospora sp.* 1 /Her

161. *Rhynchospora sp.* 2 /Her

162. *Uncinia hamata* (Sw.) Urb. /Her

Dennstaedtiaceae

163. *Dennstaedtia sp.* /33316 /Her

164. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn /31167 /
Her

Dioscoreaceae

165. *Dioscorea dicranandra* Donn.Sm. /Her

Dryopteridaceae

166. *Phanerophlebia macrosora* (Baker)
Underw. /31967 /Her

167. *Polystichum ordinatum* (Kunze) Liebm. /
34333 /Her -Epf

Equisetaceae

168. *Equisetum hyemale* L. /31881 /Her

Eremolepidaceae

169. *Antidaphne viscoidea* Poepp. & Endl. /
33304 /HemiPst

Ericaceae

170. *Arbutus xalapensis* Kunth /31925 /Ár

171. *Gaultheria odorata* Bredem. ex Willd. /
31142 /Arb

172. *Pernettya ciliata* (Schltdl et Cham) Small /
31875 /Arb

Euphorbiaceae

173. *Acalypha guatemalensis* Pax & K. Hoffm. /
3335 /Arb

174. *Acalypha sp.* /34198 /Arb

175. *Acalypha trachyloba* Müll. Arg. /31922 /
Arb

176. *Euphorbia oerstediana* (Klotzsch &
Garcke) Boiss. /31935 /Her

177. *Euphorbia orizabae* Boiss. /33263 /Her

178. *Jatropha curcas* L. /33137 /Ár

179. *Phyllanthus sp.* /34369 /Her

Fabaceae

180. *Canavalia hirsuta* (M. Martens & Galeotti)
Standl. /31789 /Li

181. *Crotalaria sp.*
/34346 /Her

182. *Dalea lutea* var. *gigantea* (Rose ex Rydb.)
Barneby /33280 /Arb

183. *Dalea sericea* Lag. /Arb

184. *Desmodium orbiculare* Schltdl. /33257 /
Her

185. *Desmodium skineri* Benth. ex Hemsl. /Her

186. *Desmodium sp.* /Her

187. *Diphysa sp.* /34353 /Her

188. *Eriosema sp.* /34252 /Her

189. *Lupinus montanus* Kunth /33198 /Her

190. *Phaseolus macrolepis* Piper /34350 /Li

191. *Phaseolus polyanthum* Greenm /34197 /Li

192. *Teramnus sp.* /33310 /Li

Fagaceae

193. *Quercus acatenangensis* Trel. /31157 /Ár

194. *Quercus crispifolia* Trel. /34275 /Ár

195. *Quercus peduncularis* Née /Ár

196. *Quercus pilicaulis* Trel. /31156 /Ár

197. *Quercus tristis* Liebm. /31146 /Ár

Garryaceae

198. *Garrya laurifolia* Hartw. ex Benth. /33266 /Ár

Gentianaceae

199. *Halenia decumbens* Benth. /33258 /Her

Geraniaceae

200. *Geranium andicola* Loes. /33236 /Her

Hippocastanaceae

201. *Billia hippocastanum* Peyr. /31929 /Ár

Hydrangeaceae

202. *Philadelphus myrtooides* Bertol. /31137 /Li

Hydrophyllaceae

203. *Wigandia urens* (Ruíz & Pav.) Kunth / 33241 /Arb

Iridaceae

204. *Orthrosanthus monadelphus* Ravenna. /Her

205. *Sisyrinchium convolutum* Nocca /Her

Lamiaceae

206. *Cunila polyantha* Benth /33273 /Her

207. *Hyptis americana* (Poir.) Briq. /Her

208. *Hyptis urticoides* Kunth /Her

209. *Salvia cinnabarina* M. Martens & Galeotti /33268 /Arb

210. *Salvia curtiflora* Epling. /Arb

211. *Salvia excelsa* Benth. /33264 /Arb

212. *Salvia lasiantha* Benth. /33288 /Arb

213. *Salvia polystachia* Cav. /Her

214. *Salvia* sp.1 /Arb

215. *Salvia* sp.2 /Arb

216. *Salvia urica* Epling /33071 /Her

Lauraceae

217. *Cinnamomum salvinii* Kosterm. (*Phoebe salvinii* (Mez) Lundell) /31973 /Ár

218. *Litsea glaucescens* Kunth / 31133 / Ár

219. *Litsea guatemalensis* Mez / 31141/ Ár

220. *Ocotea* sp. /34357 /Ár

221. *Phoebe* sp. /34272 /Ár

Liliaceae

222. *Anthericum eleutherandrum* (K. Koch)

H.E. Moore /33052 /Epp

223. *Maianthemum amoenum* (H.L. Wendl.) La Frankie /Epf

224. *Maianthemum flexuosum* (Bertol.) La Frankie /Her

Lomariopsidaceae

225. *Elaphoglossum* sp. /Her

Lophosoriaceae

226. *Lophosoria quadripinnata* var. *quadripinnata* (J.F. Gmel.) C.Ch. /31821 / Arb

Lythraceae

227. *Cuphea pinetorum* Benth. /34268 /Her

Malpighiaceae

228. *Gaudichaudia albida* Schltdl. & Cham. / 33253 /Arb

229. *Malpighia glabra* L. /33116 /Arb

Malvaceae

230. *Malvaviscus arboreus* Cav. /31953 /Arb

231. *Sida cordifolia* L. /34120 /Her

Melastomaceae

232. *Heterocentron subtriplinervium* (Link & Otto) A. Braun & C.D. Bouché /33145 / Her

233. *Leandra subseriata* (Naudin) Cogn. /Arb

Mimosaceae

234. *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth. /33064 /Arb

235. *Calliandra grandiflora* (L'Hér.) Benth. / 31961, 33111 /Arb

236. *Mimosa albida* Humb. & Bonpl. ex Willd. / 33061 /Her

Myrsinaceae

237. *Ardisia* sp. /33320 /Ár

238. *Parathesis* sp. /34375 /Ár

239. *Synardisia venosa* (Mast.) Lundell /31810 / Ár

Myrtaceae

240. *Ugni montana* (Benth.) O. Berg /33234 / Arb

Onagraceae

241. *Fuchsia cordifolia* Benth./Epf
242. *Fuchsia encliandra* subsp. *tetradactyla* (Lindl.) Breedlove /Her
243. *Fuchsia microphylla* Kunth /33220 /Arb
244. *Fuchsia paniculata* Lindl. /Ár
245. *Fuchsia tetradactyla* Lindl. /33054 /Her
246. *Lopezia hirsuta* Jacq. /33441 /Her
247. *Oenothera multicaulis* Ruiz & Pav /33256 /Her

Ophioglossaceae

248. *Botrychium* sp./34376 /Her

Orchidaceae

249. *Arpophyllum alpinum* Lindl. In Benth. /Epf
250. *Bletia purpurata* A. Rich. & Galeotti /33136 /Her
251. *Coelia* sp./33315 /Epf
252. *Corallorhiza maculata* (Raf.) Raf./33214 /Her
253. *Cranichis apiculata* Lindl. /33068 /Epf
254. *Cyclopogon elatus* (Sw.) Schltr./Epf
255. *Epidendrum arbuscula* A. Rich. & Galeotti /Epf
256. *Epidendrum dixorum* Hágsater /33295 /Epf
257. *Epidendrum microcharis* Rchb. f. /Epf
258. *Epidendrum varicosum* Bateman ex Lindl. /33195 /Epf
259. *Goodyera striata* Rchb. f. /33209 /Her
260. *Govenia superba* (La Llave & Lex.) Lindl. ex Lodd. /Her
261. *Gracielanthus pyramidalis* (Lindl.) R. González & Szlach. /33135 /Her
262. *Habenaria* sp.1 /34236 /Her
263. *Habenaria* sp.2 /34244 /Her
264. *Isochilus aurantiacus* Hamer & Garay /Epf
265. *Lemboglossum* sp. /Epf
266. *Lemboglossum stellatum* (Lindl.) Halb. /33261 /Epf
267. *Lepanthes* sp. 1 /34363 /Epf
268. *Lepanthes* sp. 2 /34362 /Epf
269. *Lepanthes* sp. 3 /34335 /Epf

270. *Lepanthes tecpanica* Luer & Behar /Epf
271. *Lepanthes williamsii* Salazar & Soto Arenas /Epf
272. *Malaxis brachyrrhynchos* (Rchb. f.) Ames /Her
273. *Maxillaria tenuifolia* Lindl. /34371 /Epf
274. *Ponera pellita* Rchb. f. /33301 /Her
275. *Potosia schaffneri* (Rchb. f.) R. González & Szlach. ex Mytnik /Her
276. *Rhynchoatele pygmaea* (Lindl.) Rchb. f. /34335 /Epf
277. *Stelis* sp. /Epf
278. *Triphora* sp. /Her

Oxalidaceae

279. *Oxalis latifolia* Kunth /33055 /Epf
280. *Oxalis* sp. /34227 /Epp

Papaveraceae

281. *Bocconia vulcanica* Donn. Smith /Ár

Passifloraceae

282. *Passiflora biflora* Lam. /Li
283. *Passiflora membranacea* Benth. /Li
284. *Passiflora dolichocarpa* Killip /Li
285. *Passiflora* sp. /Li

Phytolaccaceae

286. *Phytolacca icosandra* L. /33202 /Her

Pinaceae

287. *Pinus maximinoi* H.E. Moore /Ár
288. *Pinus pseudostrobus* Lindl. /Ár

Piperaceae

289. *Peperomia galioides* Kunth /33358 /Epf
290. *Peperomia humilis* A. Dietr. /33296 /Epf
291. *Peperomia obtusifolia* (L.) A. Dietr. /34377 /Epp
292. *Peperomia quadrifolia* (L.) Kunth /33299 /Epf
293. *Piper martensianum* C. DC. /31974 /Arb
294. *Piper* sp. 1 /34348 /Arb
295. *Piper* sp. 2 /34347 /Arb

Poaceae

296. *Aristida* sp. /Her

297. *Brachypodium mexicanum* (Roem. & Schult.) Link /33144 /Her
298. *Bromus exaltatus* Bernh./Her
299. *Bromus laciniatus* Beal /Her
300. *Calamagrostis guatemalensis* Hitchc. / 33293 /Her
301. *Festuca amplissima* Rupr. /33267 /Her
302. *Festuca megalura* Nutt. /Her
303. *Lasiacis divaricata* (L.) Hitchc. /Arb
304. *Lasiacis* sp. /Arb
305. *Melinis minutiflora* P. Beauv. /33271 /Her
306. *Muhlenbergia presliana* Hitchc. /Arb
307. *Paspalum* sp. /Her
308. *Pennisetum purpureum* Schumach. /33262 /Her
309. *Poa annua* L. /33242 /Her
310. *Setaria parviflora* (Poir.) Kerguélen /Her
311. *Trisetum deyeuxioides* (Kunth) Kunth /Her
312. *Trisetum* sp. /Her
313. *Vulpia bromoides* (L.) Gray /33232 /Her
314. *Zeugites munroanus* Hemsl. /Her

Polemoniaceae

315. *Cobaea lutea* D.Don /34206 /Li

Polygalaceae

316. *Monnina xalapensis* Kunth /33225 /Arb
317. *Polygala costaricensis* Chodat /33119 /Her
318. *Polygala panniculata* L. /33050 /Her

Polygonaceae

319. *Muehlenbeckia tamnifolia* (Kunth) Meisn. / 33219 /Arb

Polypodiaceae

320. *Campyloneurum amphostenon* (Kunze ex Klotzsch) Fée /31942 /Epf
321. *Campyloneurum* sp. /Epf
322. *Campyloneurum xalapense* (Feé) H. Christ /33254 /Epp
323. *Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex. Willd. /31790 /Epf
324. *Pleopeltis interjecta* (Weath.) Mickel & Beitel /31814 /Epf

325. *Pleopeltis macrocarpa* var. *interjecta* (Weath.)

A.R.Sm. /34223 /Epf

326. *Polypodium alansmithii* R.C. Morán / 34142 /Epf

327. *Polypodium hartwegianum* Hook. /Epf

328. *Polypodium longepinnulatum* E. Fourn. / 31791 /Epf

329. *Polypodium* sp. /34215 /Her

Prunaceae

330. *Prunus salasii* Standl. /31815 /Ár

331. *Prunus serotina* sub sp. *Capuli* (Cav.) McVaough /33063 /Ár

Pteridaceae

332. *Adiantum andicola* Liebm. /33067/Her

333. *Bomera pedata* (Sw.) E. Fourn. /Epp

334. *Cheilanthes pyramidalis* Feé /34354 /Epp

335. *Notholaena* sp. /34210 /Epp

336. *Pellaea sagitata* (Cav.) Link /33300 /Epp

337. *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link /33240 /Epp

338. *Pteris cretica* L. /31164 /Her

339. *Pteris* sp. /33317 /Her

Pyrolaceae

340. *Chimaphila maculata* (L.) Pursh /33226 / Her

Ranunculaceae

341. *Clematis dioica* L. /31955 /Li

342. *Clematis grossa* Benth. /33291 /Li

343. *Thalictrum guatemalense* C. DC. & Rose /31958 /Her

Rhamnaceae

344. *Ceanothus azureus* Desf. ex DC. /31944 / Arb

345. *Rhamnus capreifolia* Schltdl. /33066 /Ár

346. *Rhamnus discolor* Lesq./33356 /Ár

Rosaceae

347. *Alchemilla procumbens* Rose /34268 /Her

348. *Holodiscus argenteus* (L.f.) Maxim /31520 /Arb

349. *Rubus alpinus* Macfad. /Li

350. *Rubus hadrocarpus* Standl. & Steyer. /
34359 /Li

351. *Rubus* sp. /Li

Rubiaceae

352. *Borreria Laevis* (Lam.) Griseb /Her

353. *Borreria* sp. /Her

354. *Bouvardia leiantha* Benth. /33112 /Her

355. *Chiococca phaenostemon* Schlcht. /Ár

356. *Crusea coccinea* DC. /34364 /Her

357. *Didymaea microphylla* L.O. Williams /
33328 /Li

358. *Galium mexicanum* var. *platyphyllum*
Greenm /Li

359. *Galium uncinulatum* DC./Li

360. *Relbunium aschenbornii* (Nees & S.
Schamer) Hamsl. /33294 /Li

361. *Rondeletia cordata* Benth. /33322 /Arb

362. *Spermacoce* sp. /Her

Rutaceae

363. *Zanthoxylum aguilarii* Standl. & Steyer. /
33201 /Li

364. *Zanthoxylum harmsianum* (Loes.) P.
Wilson /Li

Sabiaceae

365. *Meliosma dives* Standl. & Steyer. /31131
/Ár

Sapindaceae

366. *Serjania* sp. /33324 /Li

Saurauiaceae (Actinidaceae)

367. *Saurauia oreophila* Hemsl. /33140 /Ár

368. *Saurauia subalpina* Donn. Sm. /31160 /Ár

Scrophulariaceae

369. *Castilleja integrifolia* L. f. /33059 /Her

370. *Lamourouxia dependens* Benth /33274 /
Her

371. *Lamourouxia multifida* Kunth /33072 /Her

372. *Sibthorpia repens* (L.) Kuntze /Li

Selaginellaceae

373. *Selaginella* sp. /34259 /Epp

Smilacaceae

374. *Smilax jalapensis* Schldl. /Li

375. *Smilax lanceolata* L. /Li

376. *Smilax mollis* Humb. et Bonpl. ex Willd. /
Li

377. *Smilax* sp. /Li

Solanaceae

378. *Cestrum guatemalense* C.V. Morton /33259
/Ár

379. *Cestrum pacayense* Francey /33203 /Ár

380. *Lycianthes quichensis* (J.M. Coult. &
Donn.-Sm.) Bitter /34368 /Arb

381. *Lycianthes* sp. /34201 /Arb

382. *Lycianthes tricolor* (Sessé & Moc. ex
Dunal) Bitter /Arb

383. *Solandra grandiflora* Sw. /Epf

384. *Solanum appendiculatum* Dunal /34220 /Li

385. *Solanum fontium* Standl. & Steyer. /
31171 /Her

386. *Solanum hartwegii* Benth. /33207 /Arb

387. *Solanum morelliforme* Bitter & Münch /
34261 /Epf

388. *Solanum nigrescens* M. Martens & Galeotti
/31803 /Her

389. *Solanum nigricans* M.Martens & Galeotti /
33275, 31783 /Arb

390. *Solanum nudum* Dunal /Epf

391. *Solanum* sp. /Epf

392. *Solanum wendlandii* Hook. f. /31937 /Li

Sterculiaceae

393. *Chiranthodendron pentadactylon*
Larreategui /31116 /Ár

Thelypteridaceae

394. *Thelypteris* sp. /34242 /Her

Tiliaceae

395. *Heliocarpus donnellsmithii* Rose /Ár

396. *Triumfetta dumetorum* Schlecht. /34125 /
Her

Ulmaceae

397. *Trema micrantha* (L.) Blume /31904 /Ár

Urticaceae

398. *Phenax hirtus* (Sw.) Wedd. /33146 /Her

399. *Phenax mexicanus* Wedd. /33138 /Her

400. *Urera caracasana* (Jacq.) Griseb. /31534 /

Arb

401. *Urera* sp. /34250 /Ár

Valerianaceae

402. *Valeriana robertianifolia* Brig. /Li

403. *Valeriana scandens* var. *candolleana*
(Gardner) C.A. Muell. /33199 /Li

Verbenaceae

404. *Citharexylum donnell-smithii* Greenm. /

Arb

405. *Citharexylum mocinnii* D. Don /33297 /Ár

406. *Lantana camara* L. /33265 /Her

407. *Lantana hispida* Kunth /33265 /Her

408. *Lippia substrigosa* Turcz. /33074 /Arb

409. *Priva mexicana* (L.) Pers. /33062 /Her

Violaceae

410. *Hybanthus attenuatus*

(Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.) Schulze-
Menz /33245 /Her

411. *Viola seleriana* W. Becker /Her

Viscaceae

412. *Phoradendrom nervosum* Oliver; Vid. /Pst

413. *Phoradendrom vulcanicum* Trel. /34262 /
Pst

Vittariaceae

414. *Vittaria graminifolia* Kaulf. /34129 /Epp

Ár: Árboles (DAP mayor a 10 cm); Arb: Arbustos (DAP mayor a 1 y menor a 10 cm); Her: Herbáceas (DAP menor a 1 cm); Li: Lianas (Escandentes, Bejucos, trepadoras, etc.); Epf: Epifitas; Epp: Epipébricas; Pst: Parásitas; HPst: Hemi Parásitas.