

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



Pedro Daniel Pardo Villegas

Para optar al Título de
Biólogo

Guatemala, Mayo de 2,007.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Oscar Cobar Pinto, Ph. D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto	Secretario
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.	Vocal I
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal II
Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez	Vocal III
Br. Ángel Damián Reyes Valenzuela	Vocal IV
Br. Ángel Jacobo Conde Pereira	Vocal V

DEDICATORIA

Dedico este estudio a Dios y a mis padres, por ser fuente de inspiración y por su incondicional apoyo,

A mis abuelos por ser un modelo a seguir,

A mis hermanas, hermanos y sobrinos,

A mis tíos, y primos,

Y a toda mi familia.

A los guardarecursos de la Reserva de usos múltiples de la cuenca del lago de Atitlán, quienes con entrega y dedicación protegen nuestros recursos naturales.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, y en especial a la Escuela de Biología, no solamente por la formación académica sino también por recordarme que mi deber es con Guatemala.

A mis asesores, Mario Véliz y Claudio Méndez, por creer en el presente estudio, por sus atinados consejos, y sobre todo por su amistad.

A mis profesores en la Escuela de Biología por transmitir su pasión y entrega al estudio y enseñanza de la biología.

A mis amigos y compañeros: Emilia, Sindy, Anaite, Mirtha, Amparo, Elisa, Paty, Claudia, y Mario.

A mis amigas en dirección de escuela: Sandra, Alma, Norma, y Mirla.

AGRADECIMIENTO

Se agradece el apoyo brindado por la Dirección regional de Conap - Sololá, encargada de la administración de la Reserva de usos múltiples de la cuenca del lago de Atitlán, especialmente a la Inga. Lourdes Escovedo y a los guardarecursos: Marcos Porón, Domingo Mendoza, Pedro Chiviliú, Esteban Vásquez, Vicente Quixquinab, y Rubén Sumoza. Al personal del Parque Regional Municipal "Chuinimajuyú" de San Pedro La Laguna, en especial a don Javier Méndez, y a las autoridades municipales por permitir el trabajo en el bosque comunal de San Pedro la Laguna. A don Antonio Navichoc de San Pedro la Laguna y a don Francisco Bixcúl de Santiago Atitlán, por compartir sus conocimientos.

Al curador del herbario AGUAT, Facultad de Agronomía, Ing. Juan José Castillo por la ayuda en la identificación de especies de palmas del volcán, y al Ing. Cesar Axpuc del Laboratorio del SIG de Agronomía, por facilitar los mapas del área. Al Lic. Fernando Díaz de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, por el apoyo con el préstamo de equipo durante la fase de campo. Al Lic. Mario Cifuentes por la identificación de las especies de líquenes colectados en el volcán. Se agradece al herbario BIGU de la escuela de Biología, en especial a su curador, el Ing. Mario Véliz por la ayuda en la identificación, y en general a todo el equipo de trabajo de este herbario por el apoyo en el manejo de los especímenes colectados. Al Lic. Claudio Méndez y al Ing. Mario Véliz por la asesoría brindada al presente estudio.

INDICE GENERAL

<u>1.</u>	<u>RESUMEN</u>	<u>8</u>
<u>2.</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>9</u>
<u>3.</u>	<u>ANTECEDENTES</u>	<u>10</u>
3.1	MARCO CONCEPTUAL: LA VEGETACIÓN DE MONTAÑA	10
3.1.1	VEGETACIÓN DE MONTAÑA EN GUATEMALA	11
3.1.1.1	CONSIDERACIONES GENERALES	11
3.1.1.2	ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN GUATEMALA	13
3.1.1.3	CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA CADENA VOLCÁNICA	14
3.1.2	CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO FLORÍSTICO EN ÁREAS CON GRADIENTE AMBIENTAL	18
3.2	MARCO REFERENCIAL	20
3.2.1	CONTEXTO REGIONAL: SOLOLÁ	20
3.2.2	VOLCÁN SAN PEDRO	22
3.2.2.1	ASPECTOS GENERALES	22
3.2.2.2	FISIOGRAFÍA	24
3.2.2.3	GEOLOGÍA	24
3.2.2.4	SUELOS	25
3.2.2.5	CLIMA	25
3.2.2.6	BIOMAS Y ZONA DE VIDA	26
3.2.2.7	FLORA	26
3.2.2.8	FAUNA SILVESTRE	26
3.2.2.9	ESFUERZOS DE CONSERVACIÓN	27
3.2.2.10	RASGOS HISTÓRICOS Y ETNOLÓGICOS ASOCIADOS AL VOLCÁN SAN PEDRO	28
3.2.2.11	ARQUEOLOGÍA	30

4.	<u>JUSTIFICACIÓN</u>	32
5.	<u>OBJETIVOS</u>	34
5.1	OBJETIVO GENERAL	34
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
6.	<u>HIPÓTESIS</u>	35
7.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	36
7.1	UNIVERSO DE ESTUDIO	36
7.2	RECURSOS	36
7.2.1	RECURSOS MATERIALES	36
7.3	MÉTODOS	37
7.3.1	METODOLOGÍA	37
7.3.2	DISEÑO EXPERIMENTAL	38
7.3.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
8.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	42
8.1	MUESTREO DE LA VEGETACIÓN EN EL VOLCÁN SAN PEDRO	42
8.1.1	COLECTAS LIBRES Y SISTEMÁTICAS	42
8.1.2	UNIFICACIÓN DEL ESFUERZO DE MUESTREO	46
8.2	LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE NATURAL DEL VOLCÁN SAN PEDRO	47
8.2.1	RIQUEZA Y COMPOSICIÓN	47
8.2.2	ABUNDANCIA DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO	56
8.2.3	ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO	57
8.3	PATRONES ESPACIALES DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO	64
8.3.1	ENSAMBLE <i>Saurauia subalpina</i> / <i>Meliosma dives</i> / <i>Synardisia venosa</i> – <i>Solanum appendiculatum</i> – <i>Maianthemum flexuosum</i>	68

8.3.2	ENSAMBLE <i>Quercus pilicaulis</i> / <i>Arbutus xalapensis</i> / <i>Ceanothus azureus</i> - <i>Galium mexicanum</i> - <i>Salvia lasiantha</i>	70
8.3.3	ZONAS DE REGENERACIÓN	72
8.4	DINÁMICA ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO	77
8.5	CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS SOBRE EL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO	79
8.5.1	ETNOBOTÁNICA DEL VOLCÁN SAN PEDRO	79
8.5.2	EL PAVO DE CACHO (<i>Oreophasis derbianus</i>)	80
8.6	ELEMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO	81
<u>9.</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>84</u>
<u>10.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>86</u>
<u>11.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	<u>87</u>
<u>12.</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>95</u>
	ANEXO I: CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES Y NÚMERO TOTAL DE ESPECIES DEL VOLCÁN SAN PEDRO	96
	ANEXO II: CURVAS DE RAREFACCIÓN DE LAS UNIDADES DE ESFUERZO EN EL VOLCÁN SAN PEDRO	98
	ANEXO III: COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO	100
	ANEXO IV: TABLAS DETALLADAS DE RESULTADOS DE TWINSpan Y DCA (DETRENDED CORRESPONDENCE ANALYSIS)	108
	ANEXO V: LISTADO ESPECIES DE LIQUENES OBSERVADOS EN EL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO	113
	ANEXO VI: LISTADO ETNOBOTÁNICO DEL VOLCÁN SAN PEDRO	114
	ANEXO VII: DISTRIBUCIÓN Y DIETA OBSERVADA DEL PAVO DE CACHO, Y LISTADO DE AVES COMUNES EN EL BOSQUE NATURAL DEL VOLCÁN SAN PEDRO	119

ANEXO VIII: LISTADO DE FLORA ENDÉMICA O EN PELIGRO ENCONTRADA EN EL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO	122
ANEXO IX: CUADRO COMPARATIVO DE LA INFORMACIÓN BIOLÓGICA DE ALGUNOS CERROS Y VOLCANES DE GUATEMALA	124
ANEXO X: BOLETA PARA LA TABULACIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO	131
ANEXO XI: PARCELA DE WHITTAKER PARA EL MUESTREO DE LA VEGETACIÓN	132

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Complejos montañosos de Guatemala	12
Figura 2. Ubicación geográfica del volcán San Pedro	21
Figura 3. Topografía del volcán San Pedro	23
Figura 4. Áreas con cobertura forestal en la región sur de la cuenca del lago de Atitlán y zonas aledañas	31
Figura 5. Estratificación del volcán San Pedro para el estudio de la vegetación	39
Figura 6. Distribución espacial de las parcelas de Whittaker en el área de estudio	40
Cuadro 1. Ubicación de las parcelas de muestreo de vegetación en el volcán San Pedro	43
Cuadro 2. Estandarización con rarefacción del esfuerzo de muestreo por tratamiento	46
Gráfica 5a. Aporte de especies por división a la riqueza vegetal del volcán San Pedro	47
Gráfica 5b. Aporte de especies por familia botánica a la riqueza vegetal del volcán San Pedro	48
Gráfica 6. Riqueza de especies por familia	50
Gráfica 7. Dinámica de la riqueza de especies por familia botánica	51
Cuadro 3. Abundancia y riqueza de especies por parcela en el volcán San Pedro	52
Cuadro 4. Riqueza observada por unidad de área por estrato altitudinal y exposición	53
Gráfica 8. Riqueza de especies por parcela de Whittaker	54
Gráfica 9. Abundancia por parcela de Whittaker	55
Gráfica 10. Hábitos de crecimiento de la vegetación del volcán San Pedro	57
Gráfica 11. Riqueza de especies por hábito de crecimiento	59

Gráfica 12. Abundancia por hábito de crecimiento	60
Gráfica 13. Diámetro promedio en árboles y arbustos por parcela	62
Gráfica 14. Altura promedio en árboles y arbustos por parcela	62
Gráfica 15. Índice de equidad por parcela	63
Gráfica 16. Especies compartidas entre los rangos de exposición observados	65
Gráfica 17. Especies compartidas entre los tres rangos de altitud observados	66
Gráfica 18. Índice bray –curtis, similitud entre parcelas (sitios) en los tres rangos de altitud y los rangos de exposición.	66
Figura 7. Dendrográma del análisis de clasificación: Twinspan	67
Figura 8. Dendrográma del análisis de agrupamiento de parcelas de vegetación en el volcán San Pedro	68
Figura 9. Localización de los principales ensambles vegetales en el bosque del volcán San Pedro	74
Figura 10. Perfil vegetal del ensamble <i>Saurauia subalpina</i> / <i>Meliosma dives</i> / <i>Synardisia venosa</i> – <i>Solanum appendiculatum</i> – <i>Maianthemum flexuosum</i>	75
Figura 11. Perfil vegetal del ensamble <i>Quercus pilicaulis</i> / <i>Arbutus xalapensis</i> / <i>Ceanothus azureus</i> - <i>Galium mexicanum</i> – <i>Salvia lasiantha</i>	1
Figura 12. Gráfico del análisis de correspondencia rectificado	78
Gráfica 19. Rangos de distribución observados por especie	82
Gráfica 1. Curva de acumulación de especies por unidad de esfuerzo	97
Gráfica 2. Estimacion del total de especies esperadas en el volcán San Pedro	97

Gráfica 3 y 4. Gráfica de riqueza estandarizada por rarefacción por tratamiento	99
Cuadro 5. Composición y distribución de especies ordenadas por familia, del volcán San Pedro	101
Cuadro 6. Listado de líquenes del volcán San Pedro	113
Cuadro 7. Listado etnobotánico del bosque natural del volcán San Pedro	118
Cuadro 8. Listado de avistamientos del pavo de cacho en el bosque del volcán San Pedro	120
Cuadro 9. Listado de especies vegetales que forman parte de la dieta del pavo de cacho en el bosque del volcán San Pedro	121
Cuadro 10. Listado de aves frecuentes del bosque del volcán San Pedro	121
Cuadro 11. Listado de flora endémica o en peligro, encontrada en el bosque del volcán San Pedro	123
Cuadro 12. Síntesis de la información biológica de algunos cerros y volcanes de Guatemala	125
Cuadro 13. Boleta para la tabulación de datos de campo	131
Cuadro 14. Diagrama de la Parcela de Whittaker para el estudio de la vegetación	132

1. RESUMEN

Con el objeto de analizar la distribución de la diversidad biológica de la vegetación del volcán San Pedro, en términos de su composición, estructura y abundancia, y su posible relación con los cambios de exposición y altitud, de enero 2005 a mayo 2006 se condujo un estudio, en el cual se dividió el volcán en tres estratos de altitud a partir de 2,400 msnm hasta la cumbre a 3,020 msnm, y en cuatro secciones verticales en relación a los cuatro puntos cardinales.

Se obtuvo una muestra a partir de 36 unidades experimentales (parcelas de Whittaker de 0.1 Ha), lo que permitió la colecta de 1,038 números de herbáreo que representan 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%). Los hábitos de crecimiento observados las agrupan 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%).

En base al análisis de clasificación con Twinspan y de ordenación con DCA, se infiere la posible existencia de dos ensambles o asociaciones 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*.

En términos de la diversidad vegetal, el volcán San Pedro presenta una elevada riqueza (4.12 spp /ha) en un área relativamente pequeña, lo que lo hace un bosque altamente vulnerable, por este motivo son necesarias estrategias de conservación y manejo si se quiere garantizar la salud y permanencia del mismo a largo plazo.

2. INTRODUCCIÓN

La vegetación natural de montaña en Guatemala se encuentra reducida a menos del 8% del territorio nacional, no obstante esta región aún conserva su valor como zona con alto endemismo y como refugio para muchas especies de flora y fauna en peligro de extinción. El gradual deterioro del cual ha sido objeto es resultado del sistema de producción tipo "minifundio" que ha originado el paisaje característico del altiplano occidental del país, en donde las áreas con menor pendiente tienen el típico patrón de mosaico de parches con cultivos anuales, y solamente algunas cumbres y las montañas más escarpadas conservan parte de su cobertura forestal original.

Entre las cumbres de la cadena volcánica, en la cuenca del lago de Atitlán, resalta el volcán San Pedro por su belleza y por el bosque que presenta en su cima o antiguo cráter. El presente estudio buscó conocer la vegetación del mismo, con el fin de apoyar los esfuerzos locales de conservación.

La estructura, abundancia y composición florística del bosque del volcán, fueron estudiadas en base al supuesto que la cobertura vegetal se presume heterogénea debido a los cambios graduales en la exposición y al gradiente altitudinal, supuesto que es apoyado a la luz de los resultados obtenidos.

Para medir estas relaciones se tomó una muestra que consistió de 36 parcelas tipo Whittaker de 0.1 Ha, localizadas en tres estratos establecidos en rangos de altitud de 200 metros, de los 2,400 msnm a la cima del volcán a 3,020 msnm, y en cuatro exposiciones: noreste, sureste, suroeste y noroeste. Esta estratificación buscó dividir el área total en subáreas más homogéneas.

Con la ayuda de técnicas de clasificación numérica (TWINSPAN - Two-Way Indicator Species Analysis) y de ordenación indirecta (DCA - Detrended Correspondence Analysis), los resultados aportan evidencia que apoya el posible efecto del gradiente de exposición y de altura en la definición de dos ensamblajes principales de especies en el bosque del volcán.

3. ANTECEDENTES

3.1 MARCO CONCEPTUAL: LA VEGETACIÓN DE MONTAÑA

El término vegetación¹ de montaña designa al conjunto de especies vegetales que se encuentran creciendo naturalmente en áreas que presentan un gradiente altitudinal acentuado, tal es el caso de montañas, sierras, cordilleras, volcanes y picos.

En regiones montañosas la temperatura y la precipitación varían con la altitud, lo que determina la estratificación de la vegetación en pisos altitudinales². Por lo general la temperatura disminuye con la altitud a razón de 1° C por cada 200 m, y la precipitación tiende a aumentar hasta cierto nivel altitudinal, conocido como óptimo pluviométrico o piso nublado (característico de las montañas tropicales), por encima del cual la humedad y la cantidad de precipitación decrecen abruptamente. (Heinrich, 1994)

Además de la temperatura y la precipitación, la variación altitudinal de la vegetación, se encuentra condicionada por factores que dependen de la orientación de las vertientes de las montañas. Una misma montaña presenta laderas con exposición al sol, y laderas con exposición a la sombra. De la misma manera tendrá vertientes orientadas hacia el viento, que son las que recibirán una mayor cantidad de lluvia y estarán cubiertas de vegetación densa, y las protegidas del viento, más secas y con vegetación más rala. Otros factores locales que pueden alterar el orden altitudinal son los aludes, las inversiones térmicas, la naturaleza del material rocoso y la acción antrópica. (Heinrich, 1994)

El principio de los "pisos de vegetación" ha venido a explicar la gran variabilidad en los patrones de la vegetación de montaña, dichos patrones se han ido descifrando gracias a investigaciones como la realizada por

¹ El concepto de vegetación comprende la distribución de las especies y la importancia relativa de cada una de ellas.

² Los pisos de vegetación son franjas concéntricas de vegetación relativamente homogénea que recubren las laderas montañosas.

Beaman (1960), quien determinó estudiando la flora alpina de los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl en México, que con el incremento de altitud se reduce significativamente la diversidad y abundancia de especies vegetales. Asimismo que la mayoría de las especies poseen una distribución altitudinal restringida, por lo que en ningún rango altitudinal la vegetación posee la misma estructura.

3.1.1 VEGETACIÓN DE MONTAÑA EN GUATEMALA

3.1.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La peculiar ubicación geográfica de Guatemala como parte del puente de interconexión entre norte y sur América, ha permitido el establecimiento de por lo menos dos ensambles muy diferentes de vegetación: la de naturaleza templada o neártica procedente de Norteamérica, y que se restringe a regiones montañosas de gran altura; y la de naturaleza neotropical procedente de Sudamérica, propia de las zonas de tierras bajas. (Villar, 1998)

Estos dos tipos de vegetación convergen en los sistemas montañosos que se extienden en la región central del país, de los que sobresalen por su extensión y altura: la Sierra de los Cuchumatanes (3,800 msnm), la Sierra de las Minas (2,987 msnm) y la Cordillera o Cadena Volcánica (4,211 msnm). La Cadena Volcánica corre paralela a la costa del pacífico y está compuesta por alrededor de 320 cumbres de origen volcánico, destacando entre estas 33 volcanes, dos de ellos con poco más de 4,000 msnm. (Pereira, 1994; Villar, 1998)

COMPLEJOS MONTAÑOSOS DE GUATEMALA

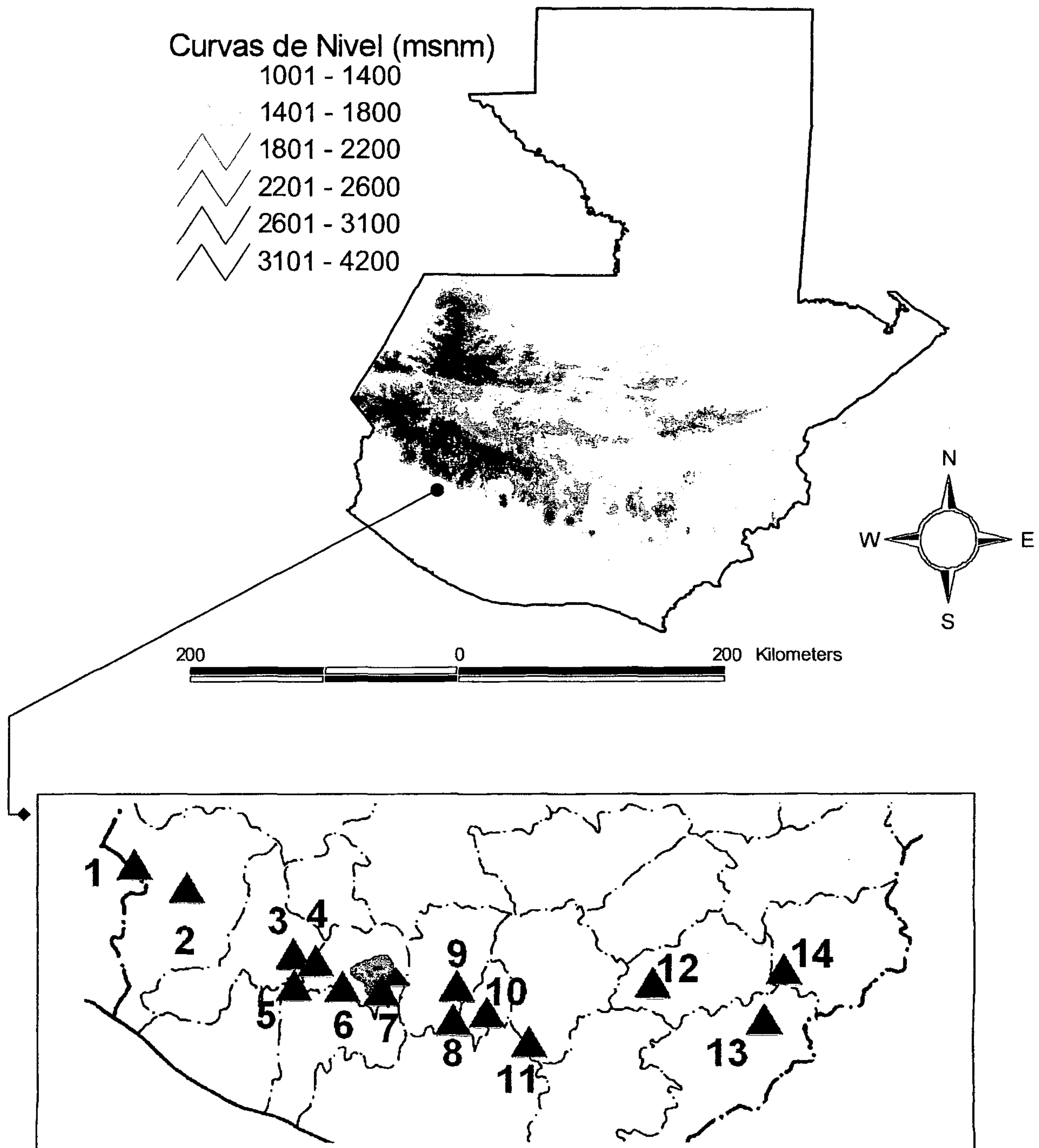


Figura 1. Complejos montañosos de Guatemala.

Recuadro inferior: cordillera volcánica. Principales cumbres y volcanes de Guatemala: 1. V. Tacaná, 2. V. Tajumulco, 3. V. Sta. María, 4. V. Zunil, 5. V. Sto. Tomás Pecúl, 6. V. San Pedro, 7. V. Atitlán y Tolimán, 8. V. de Fuego, 9. V. Acatenango, 10. V. de Agua, 11. V. de Pacaya, 12. Cerro Miramundo, 13. V. Suchitán, 14. V. Ipala.

3.1.1.2 ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN GUATEMALA

Los ecosistemas de montaña han sido clasificados siguiendo varios criterios, en el país los más destacados corresponden a la clasificación de Biomas de Villar³ (1998) y la de Zonas de Vida de Holdridge aplicadas a Guatemala por De la Cruz (1982).

Según estas dos clasificaciones, en el país se presentan dos biomas de montaña: la selva de montaña y el bosque de montaña (Villar, 1998), y cinco zonas de vida con características de montaña: Bosque húmedo montano bajo subtropical (1,500 a 2,400 msnm), Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (1,800 a 3,000 msnm), Bosque Pluvial montano bajo subtropical (1,500 a 2,700 msnm), Bosque húmedo montano subtropical (arriba de los 3,000 msnm) y Bosque muy húmedo montano subtropical (arriba de los 2,800msnm). (De la Cruz, 1982)

El Bioma selva de montaña corresponde a la zona de vida Bosque Pluvial montano bajo subtropical, el cual se puede encontrar en ciertas partes de la cadena volcánica. Presenta una combinación de especies vegetales procedentes de Norteamérica (Pinos y Encinos), y Sudamérica (Lauráceas), con musgos y helechos (algunos de tipo arborescente).

El Bioma Bosque de montaña corresponde a las zonas de vida: Bosque húmedo montano bajo subtropical, Bosque muy húmedo montano bajo subtropical, Bosque húmedo montano subtropical y Bosque muy húmedo montano subtropical. Ocupa el altiplano del país y la cadena Volcánica, y se encuentra dominado por especies vegetales procedentes de Norteamérica. (Villar, 1998; y De la Cruz, 1982).

³ Villar (1998), define bioma como "la agrupación más o menos numerosa y extensa de ecosistemas terrestres, que mantienen entre sí definidas filiaciones y relaciones estructurales y funcionales".

3.1.1.3 CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA CADENA VOLCÁNICA

Los ecosistemas de montaña han sido objeto de estudio desde mediados del siglo XIX por investigadores como Wagner (1866), Rodríguez (1921), Morton (1931), Griscon (1932), Standley y Steyermark (1945), Steryermark (1950), y Holdridge *et al.* (1950), quienes sentaron las bases del estudio de la vegetación en Guatemala. (Islebe, Velásquez y Cleef, 1995)

Estudios más recientes, restringidos a ciertas cumbres de la cadena volcánica, han permitido conocer con mayor detalle las características de la vegetación en los distintos estratos de altitud. Entre estos estudios figuran los realizados por Véliz (1989), Viñals (1993), Islebe, Velásquez y Cleef (1995), entre otros que se refieren a continuación.

Véliz, de 1985 al 2000, ha estudiado la vegetación del volcán de Acatenango distribuida de los 1,500 a 3,976 msnm, reportando la presencia de 918 especies vegetales (pertenecientes a 143 familias). El piso de 1,500 a 2,000 msnm fue el que presentó la mayor diversidad vegetal con 580 especies (63% de la diversidad total), seguido por el piso de 2,001 a 3,000 msnm (47% de la diversidad). (Véliz, 2000)

Viñals en 1993, determinó la composición florística en las cimas de los nueve volcanes más altos de Guatemala (Volcán Acatenango, Agua, Atitlán, Fuego, Santa María, Santo Tomas -Pecúl-, Tacaná, Tajumulco y Zunil), contempladas a una altitud de 3,500 a 4,220 msnm. Viñals reportó 86 especies agrupadas en 24 familias, entre árboles, arbustos y hierbas, siendo este último el más numeroso (con 65 especies).

En 1995, Islebe, Velásquez y Cleef, estudiando las comunidades de coníferas en los volcanes de Acatenango, Cerro Quemado, Santa María, Tajumulco y Tacaná, identificaron 223 especies vegetales contenidas en siete comunidades vegetales zonales: Comunidad de *Relbunium*

microphyllum – *Agrostis toluensis* (localizada en terrenos planos y ondulados a 3,000 y 3,200 msnm), Comunidad de *Werneria nubigena* – *Agrostis exserta* (terrenos ondulados a 3,100 y 3,600 msnm), Comunidad de *Lachemilla vulcanica* – *Pinus hartwegii* (restringida a la cadena volcánica en pendientes escarpadas a 3,300 y 3,900 msnm), Comunidad de *Holodiscus argenteus* – *Pinus hartwegii* (en terrenos con pendientes no muy pronunciadas a 3,000 y 3,150 msnm), comunidad de *Hypnum cypressiforme* – *Juniperus standleyi* (en pendientes onduladas entre los 3,100 y 3,800 msnm), comunidad de *Agave hurteri* – *Alnus firmifolia* (en áreas planas entre los 2,900 y 3,200 msnm) y la comunidad de *Sabazia pinetorum* – *Abies guatemalensis* (en pendientes escarpadas entre 2,400 y 2,800 msnm).

Marroquín en 1995, describe cuatro hábitats para el Cerro Miramundo (oriente del país): el bosque de Pino y Encino (ocupando las partes más elevadas que varían de 2,500 a 2,600 msnm), el bosque de *Quercus-Persea* (entre 2,300 a 2,470 msnm), el bosque de coníferas (a lo largo de todo el cerro), y un hábitat transicional de regeneración con *Baccharis vaccinioides*. El bosque de Pino y Encino, presenta dosel dominado por *Pinus ayacahuite*, *Quercus* sp., *Abies guatemalensis* y *Persea* sp.; y dos estratos inferiores, con especies como *Guarea bijuga*, *Lasiacis* sp., *Orepanax xalapensis*, *Parathesis vulgata* y *Senecio petasioides*. En el bosque de *Quercus-Persea*, el dosel se encuentra dominado por *Quercus acatenangensis*, *Persea* sp., y en menor cantidad *Pinus ayacahuite* y *Abies guatemalensis*; en el sotobosque se observa gran cantidad de helechos arborescentes del género *Alsophila*, variedad de Melastomaceas, y variedad de musgos, helechos, bromélias y orquídeas. El bosque de coníferas se encuentra dominado por *Pinus montezumae* en las partes altas, y *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii* debajo de los 2,350 msnm. El sotobosque esta compuesto por *Arbutus*

xalapensis, *Cleyera theoides*, *Myrica cerifera* y *Senecio petasioides*. (Valdéz *et al.*, 2000)

Valdéz *et al.* (2000), en el estudio sobre fauna en peligro de extinción, reporta que el volcán Suchitán se encuentra cubierto en la parte superior por bosques nubosos de encinos y lauráceas, con tres estratos bien definidos. El estrato subdominado presenta helechos arborescentes y plantas de los géneros: *Clusia*, *Saurauia* e *Inga*, en el sotobosque abundan helechos, asteráceas y melastomáceas. En el extremo sur del volcán se observa una comunidad similar a la anterior pero con estrato arbustivo pobre, y sotobosque con asteráceas y escasos helechos. En ambas comunidades las epifitas consisten de musgos, helechos, orquídeas, bromélias y una liana del género *Smilax*.

En los volcanes del departamento de Quetzaltenango (Lacandón, Chicabal, Siete Orejas, Santa María, Santiaguito, Pecúl, Zunil y Cerro Quemado), estudios biológicos reportan la presencia de 386 especies de plantas (16 con algún grado de endemismo), agrupadas en 113 familias. (Véliz y Páiz, Proarcas - Capas, 2000)

Suchini *et al.* (2001), en el estudio sobre el patrimonio florístico de Guatemala, reporta varias especies endémicas en distintas cumbres de la cadena volcánica. En el volcán Santo Tomás Pecúl se reportan 7 plantas endémicas, en el volcán Zunil y Tacaná 3 en cada uno, y 8 en el volcán Tajumulco.

Véliz *et al.* (2001) estudian la vegetación montana de Guatemala en un área comprendida por las 12 regiones más elevadas del país, en un rango de altitud de 3,000 a 4,220 msnm. En estas regiones se reporta una diversidad florística de 95 familias y 651 especies vegetales. En base a la composición vegetal, se determinó que en el estrato 3,000 - 3,400 msnm por lo menos 10 de las regiones estudiadas poseen

similitudes florísticas del 52 al 63%. Siendo los volcanes de Agua, Acatenango y Fuego, los que mayor similitud presentan.

Pineda (2004), en el estudio florístico en la cumbre del volcán Ipala reporta la presencia de 53 especies vegetales (37 arbóreas y 16 arbustivas), e identifica a la vertiente suroeste y sureste del volcán como las más diversas (69% y 51% respectivamente).

Estudios recientes en la cuenca del lago de Atitlán han delineado la vegetación en los volcanes de Atitlán, Tolimán y San Pedro. Para la cuenca en general se reporta la presencia de 1,100 especies vegetales, agrupadas en 154 familias. Las familias y grupos de importancia ecológica son: Orchidaceae (163 sp.), Asteraceae (75 sp.), Pteridophytas (46 sp.), Piperaceae (19 sp.), Bromeliaceae (15 sp.), Fagaceae (11 sp), Arecaceae (10 sp.), y Pinaceae (9 sp.). Se reporta que la cobertura vegetal en las partes intermedias de los volcanes consiste de bosques latifoliados y mixtos, con especies como: *Alnus jorulensis*, *Quercus sp.*, *Rhamnus capraeifolia*, y *Prunus capuli*. Entre las epifitas sobresalen las pitahayas de montaña (*Heliocereus sp.*), los helechos, y gran abundancia de enredaderas (p.e. *Smilax subpubescens* y *Gonolobus sp. nov.*). La cobertura vegetal en las cimas volcánicas se describe con dominancia de arbustos y hierbas, los árboles representados por *Phoebe salvinii* (aguacatillos), los arbustos por plantas típicas subalpinas y alpinas como *Baccharis vaccinioides* (arrayán), *Arbutus xalapensis* (Madrón), *Stevia polycephala* y *Gaultheria odorata*. Entre las hierbas se encuentra presente *Echeveria maxonii*, y las epifitas: *Isochilus aurantiacus*, *Arpophyllum alpinum*, *Encyclia varicosa*, y *Heliocereus cinnabarinus*. (Dix et al., 2003 y MacVean, 2006)

3.1.2 CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO FLORÍSTICO EN ÁREAS CON GRADIENTES AMBIENTALES

La ocurrencia de gradientes ambientales y fisiográficos en regiones de montaña determina ciertas consideraciones metodológicas a tomar en cuenta en el estudio biológico, esto con el objeto de incluir la mayor cantidad de unidades climáticas o microhábitats, que logran concentrarse en áreas relativamente pequeñas.

Beaman (1960), en el estudio de la flora alpina de los volcanes Popocatepetl e Ixtaccihuatl en México, realizó el muestreo en unidades localizadas en distintos estratos o rangos altitudinales. De esta forma, estableció los cambios en la vegetación a medida que aumentaba la altitud.

En el estudio de la vegetación del volcán Acatenango, en la cadena volcánica de Guatemala, Véliz (1989) logró identificar los efectos de las distintas exposiciones del volcán sobre la vegetación, dividiendo el cono en cuatro cuadrantes.

En México, Velásquez y Cleef (1993) y Velásquez (1994), llevaron a cabo estudios cuantitativos de la vegetación de montaña a lo largo de gradientes altitudinales, empleando técnicas estadísticas de análisis multivariado para el estudio de las comunidades vegetales. (Sánchez y López, 2003)

En 1994, Velásquez empleó las técnicas de ordenación: Análisis de Correspondencia Rectificado (DCA) y Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), para investigar los factores ambientales relacionados con la distribución de la vegetación en los volcanes Tláloc y Pelado. Los resultados del estudio indican que las variables más relevantes en la distribución de la vegetación fueron la altitud y la humedad del suelo. Así mismo señalan que la importancia del uso de las técnicas de análisis multivariado en los estudios sinicológicos, estriba en que permiten detectar los factores ambientales responsables del cambio en la estructura y

distribución de la vegetación (Austin, 1987; Sardinero, 2000; Palmer, 2003). (Sánchez y López, 2003)

Islebe, Velásquez y Cleef (1995), en el estudio de la vegetación de alta montaña asociada a coníferas en Guatemala, consiguieron identificar grupos o asociaciones vegetales que clasificaron como comunidades vegetales. El muestreo de la vegetación se realizó mediante parcelas con el método de Relevé, y el tamaño representativo de cada unidad de muestreo varió según el tipo de vegetación. La vegetación se clasificó utilizando el análisis de especies indicadoras de dos vías -Twinspan (Hill, 1979). (Islebe, Velásquez y Cleef, 1995)

En estudios como los realizados por Rosito (1999), Vargas (1999), Páiz (2001) y Guerra (2004), el empleo de métodos de clasificación jerárquica (Twinspan) y análisis multivariable (Decorana), han permitido identificar comunidades florísticamente diferentes delimitadas por gradientes ambientales.

Sánchez y López (2003), en la clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada de México, lograron definir seis tipos de vegetación a través del gradiente de altitud. Asimismo observaron que las especies con altos valores de importancia relativa presentaron intervalos de distribución cortos y localizados, lo que permitió definir los tipos de vegetación. Por el contrario los intervalos de distribución de la gran mayoría de las especies a lo largo de este gradiente fueron continuos, por lo que los tipos de vegetación no se consideran entidades discretas. Las técnicas de ordenación empleadas en dicho estudio lograron determinar que el patrón de distribución de las comunidades vegetales está influido principalmente por el gradiente altitudinal, y en menor medida por las condiciones de sitio como las características físico químicas del suelo y la pendiente del terreno.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 CONTEXTO REGIONAL: SOLOLÁ

El departamento de Sololá (nombre derivado del Cakchiquel, Tzoloj-já que significa agua de saúco), forma parte de la Región VI en el sur occidente de Guatemala. Comprende una extensión de 1,061 kilómetros cuadrados en donde destaca el lago de Atitlán con una área de 125.7 kilómetros cuadrados (segundo lago más grande del país), y los volcanes: Atitlán (3,537 msnm), San Pedro ⁴ (3,020 msnm), Tolimán (3,158 msnm), Santo Tomas o Pecúl (3,505 msnm) y Zunil (3,542 msnm). La gran cantidad de volcanes determina la fisiografía dominante de éste departamento, correspondiente a las Tierras altas Volcánicas.

De acuerdo al XI censo de población (2002), Sololá cuenta con una población de 307,661 personas (2.7% nacional), de la cual el 51% vive en el área rural y el 49% en las áreas urbanas. El 74% de la población se encuentra en situación de pobreza. La población indígena representa el 94%, y pertenece mayoritariamente a los grupos étnicos quiché, cakchiquel, y tzutujil. La densidad de la población es de 290 habitantes por kilómetro cuadrado. (INE, 2004; FUNCEDE, 1997)

⁴ También conocido en tzutujil como Nimajuyú, por las personas del municipio de San Pedro la Laguna, y Ch'chuk por las de Santiago Atitlán.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL VOLCÁN SAN PEDRO

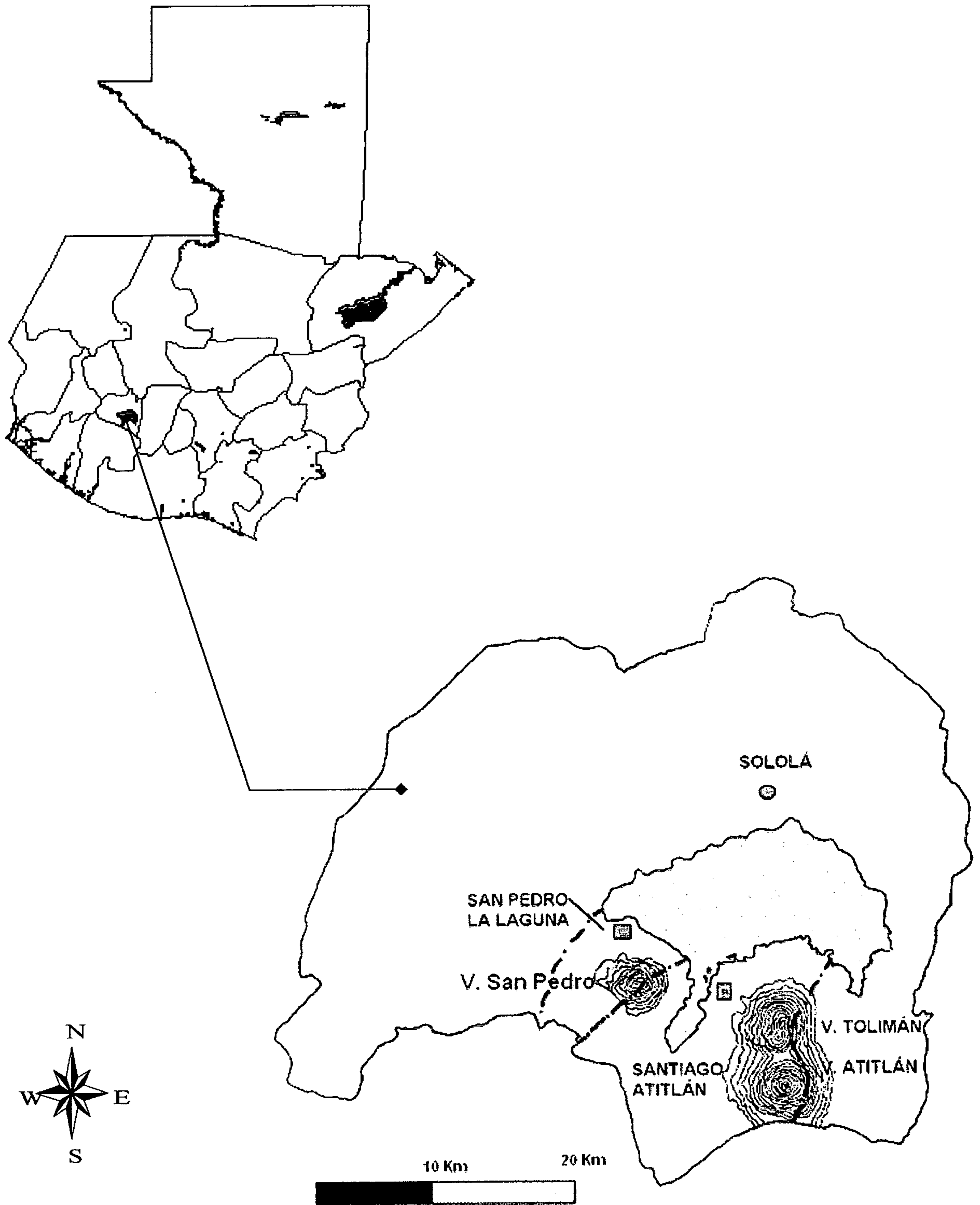


Figura 2. Ubicación geográfica del volcán San Pedro, entre los límites municipales de San Pedro la Laguna y Santiago Atitlán, departamento de Sololá.

3.2.2 VOLCÁN SAN PEDRO

3.2.2.1 ASPECTOS GENERALES

El volcán San Pedro forma parte de la cadena Volcánica que corre paralela a la costa del pacífico y se localiza en el suroeste de la cuenca del lago de Atitlán, en el occidente de Guatemala.

De acuerdo a la división Política y administrativa, se encuentra ubicado entre los municipios de San Pedro la Laguna (con 9,034 habitantes) y Santiago Atitlán (con 32,254 habitantes) del departamento de Sololá (INE, 2004). Limita al norte con el lago de Atitlán, al noroeste con la población de San Pedro la Laguna, al sur con el Cerro Pakisís (de San Pedro la Laguna), y al este con la Bahía y la población de Santiago Atitlán.

Las coordenadas geográficas de la cumbre corresponden a:

- Longitud Oeste $91^{\circ} 15' 29.76''$ y
- Latitud Norte $14^{\circ} 39' 14.7''$

en donde presenta una altitud de 3,020 msnm.

Posee una extensión aproximada de 25.61 kilómetros cuadrados, comprendidos desde el nivel del lago de Atitlán (1,562 msnm) hasta la cumbre (3,020 msnm).

Los bosques localizados a partir de los 2,400 msnm son parte de los bosques comunales de los municipios de Santiago Atitlán y San Pedro la laguna, municipios que aún mantienen discrepancias en cuanto a los límites o mojones que pasan a la mitad del volcán. (Figura 2)

Al Volcán San Pedro se tiene acceso por una carretera de terracería que lo rodea en la ladera sur y que conecta con las poblaciones cercanas de San Pedro la Laguna y Santiago Atitlán. La población de San Pedro la Laguna se ubica a 179 kilómetros al noreste de la ciudad capital.

TOPOGRAFÍA DEL VOLCÁN SAN PEDRO

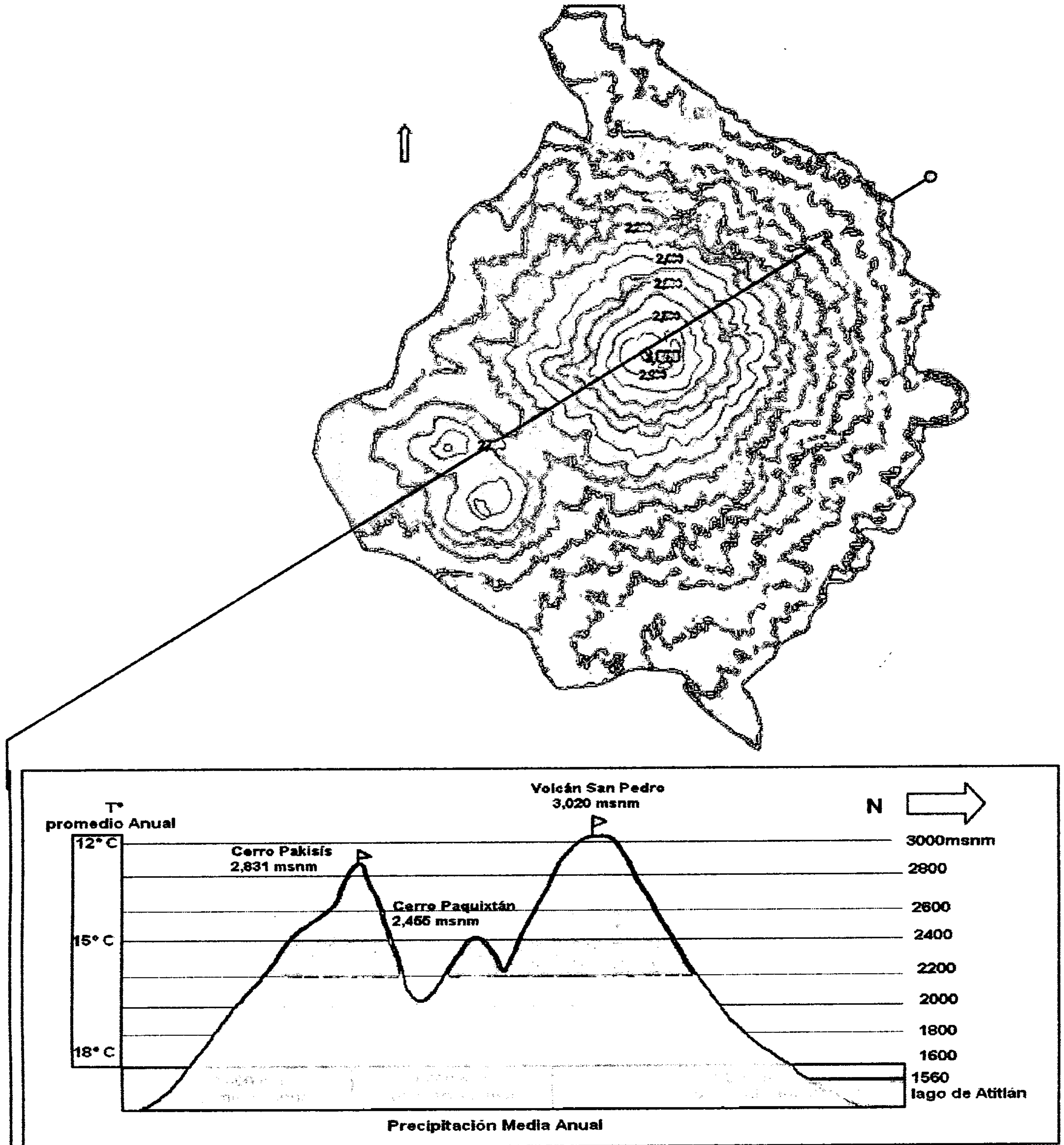


Figura 3. Topografía del volcán San Pedro, mapa cartográfico escala 1:50,000.

Recuadro: Vista de perfil del volcán San Pedro (Cerro Paquixtán y Pakisis al sur), y dinámica del clima (temperatura y precipitación media anual) según el INSIVUMEH (1967- 1997).

3.2.2.2 FISIOGRAFÍA

El Lago de Atitlán se localiza en una caldera colapsada con bordes muy pronunciados, en el margen sur de la caldera se elevan tres estratovolcanes andesíticos relativamente jóvenes (Atitlán, Tolimán y San Pedro). La elevación de éste complejo varía de los 300 metros en la planicie costera, 1,562 m en el lago de Atitlán hasta 3,535 m en la cima del volcán Atitlán. El terreno es escabroso, con pendientes angostas de 30° y cañones de 200 a 500 metros de profundidad. (Winkler, 2001)

3.2.2.3 GEOLOGÍA

Las tierras Volcánicas del altiplano occidental de Guatemala se definen como una acumulación de 1,000 a 2,000 metros de grosor de lavas terciarias y cuaternarias, brechas piroclásticas y sedimentarias, rocas sedimentarias localizadas y rocas plutónicas de grano grueso.

Estudios geológicos en la región del lago de Atitlán han revelado la ocurrencia de tres ciclos de crecimiento de estratovolcanes, erupciones silícicas mayores, y la formación de una caldera y su posterior relleno. El primer ciclo se llevó a cabo hace 14 a 11 Ma. En el tercer ciclo hace 1 a 0 Ma, durante el cuaternario temprano, se da la formación de la actual caldera en la que se encuentra el lago de Atitlán y los tres volcanes modernos. De estos tres volcanes el San Pedro es el más antiguo. (Newhall, 1987)

Recientes erupciones del Volcán Tolimán han incluido deslaves importantes de andesita, y el crecimiento de un domo parásito de andesita en la ladera norte (Cerro de Oro). Según Newhall (1987) estos estratovolcanes pueden ser el comienzo del cuarto ciclo de actividad geológica en el área.

3.2.2.4 SUELOS

Según la clasificación de los suelos de Guatemala de Simmons (Simmons, Tarano y Pinto, 1959), el volcán San Pedro presenta suelos aluviales no diferenciados que corresponden a la cima volcánica y suelos Tolimán (Tn) en el pie de monte. Estos suelos según la taxonomía USDA, se relacionan a los órdenes Entisoles (sub orden Orthends) y Andisoles (sub orden Ustands) (UVG, 2003).

Los suelos de la clase Tolimán son suelos profundos formados sobre materiales volcánicos, de color claro, con buen drenaje interno y se presentan en relieves escarpados. Los suelos superficiales son de un espesor que varía de 25 a 30 cm, de color café oscuro, pseudoalpinos, de textura franca a franco arenosa, friables, y ligeramente ácidos. El subsuelo llega a tener un metro de profundidad o más, es de textura franco arcillosa a franco arenosa, ligeramente ácido, de color café rojizo, y no contiene cuarzo. (Villar, 1998)

3.2.2.5 CLIMA

Según la clasificación de climas de Guatemala, el volcán San Pedro se encuentra en una zona donde el clima es semicálido, con variaciones de temperatura que van del 25 al 34%. No se observa una estación fría bien definida y existe elevada humedad.

Según reportes de estaciones climáticas localizadas a una altitud de 2,940 msnm, similar a la del volcán San Pedro, es posible observar temperaturas mensuales promedio que van de 10° C (T° mínima) a 13° C (T° máxima). La precipitación media mensual más baja corresponde a 6 mm (enero), y la precipitación media mensual más alta corresponde a 277 mm (julio). La precipitación media anual es de 1,475 mm. (Islebe, Velázquez y Cleef, 1995)

Es importante señalar que en la vertiente sur del volcán, a partir de los 2,830 msnm (altura del cerro Pakisis), chocan masas de aire húmedo y cálido procedentes de la costa del pacífico (figura 3).

En cuanto a la dirección del viento, el INSIVUMEH reporta para el país un predominio de los vientos provenientes del oeste, seguidos por los del este. (Viñals, 1993)

3.2.2.6 BIOMAS Y ZONA DE VIDA

Según la clasificación de biomas en el volcán San Pedro se observan los biomas bosque de montaña, y la selva de montaña que se restringe a una pequeña zona en la cumbre (de 3,000 a 3,020 msnm). (Villar, 1998)

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (De la Cruz, 1982), la zona de vida que lo caracteriza es el bosque muy húmedo montano bajo, ubicado desde los 1,800 a 3,000 msnm.

3.2.2.7 FLORA

El departamento de Sololá posee 40,726 hectáreas con cobertura forestal, que representa el 0.9% del territorio nacional. Se estima que en la cuenca del lago de Atitlán ocurren 160 familias de plantas, representadas por 350 géneros y 750 especies, 50 de las cuales son endémicas. (Basterrechea, 1994 citado por Winkler, 2001)

El volcán San Pedro presenta a partir de los 2,400 msnm hasta la cumbre, densos bosques de pino y encino.

3.2.2.8 FAUNA SILVESTRE

Valdéz *et al.* (2000) reporta para el cerro Iquitiú y el mirador Rey de Tepepul, sitios vecinos al volcán San Pedro y con ecosistemas similares, 42 especies de aves en época de verano, entre ellas: *Penelopina nigra*, *Trogon mexicanus*, y *Atlapetes brunneinucha*.

Las especies de aves que se reportan como amenazadas en el área son: el Pavo de Cacho (*Oreophasis derbianus*), y la Cojolita (*Penelopina purpurascens*), entre otras. (Basterrechea, 1994 citado por Winkler, 2001) En cuanto al grupo de los anfibios y reptiles, Valdez *et al.* reporta 11 especies, entre las que resaltan: *Plectrohyla ixil*, *Plectrohyla sagorum*, *Plectrohyla matudai*, *Bufo marinus*, y una nueva especie del género *Bolitoglossa*.

En el área se indican 15 especies de Mamíferos menores entre las que resaltan las especies: *Oryzomys cf. Rhabdops* (endémico regional), *Peromyscus aztecus*, *Peromyscus guatemalensis* (endémico regional), *Nictomys sumychrasti* (en peligro), *Urocyon cinereoargenteus*, *Mustela frenata*. (Valdéz *et al.*, 2000)

Se reportan mamíferos mayores en poblaciones poco numerosas y aisladas, como el coyote (*Canis latrans*), el Ocelote (*Felis pardalis*) y el Coche de Monte (*Tayassu tajacu*). (Basterrechea, 1994 citado por Winkler, 2001).

3.2.2.9 ESFUERZOS DE CONSERVACIÓN

La cuenca del lago de Atitlán y sus alrededores fue declarada Parque Nacional por acuerdo gubernativo en 1955, y como tal se integra al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) en 1989. En 1997 se recategoriza como Área Protegida de Usos Múltiples bajo la administración del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap), medida optada con el objeto de tomar en cuenta las zonas urbanas y de producción que se encuentran dentro de la misma, abarcando un área que comprende 62,500 Ha.

Dentro del área protegida se contemplan zonas prioritarias de conservación que corresponden a los volcanes San Pedro, Atitlán y Tolimán, y a la Sierra Parraxquím, considerándose zonas primitivas o de veda definitiva por su contribución a los servicios ambientales de:

producción de agua, fijación de carbono, disminución de vulnerabilidad de desastres, y belleza escénica, entre otros. (Winkler, 2001)

Los esfuerzos de protección del volcán San Pedro inician con el acuerdo presidencial del 21 de Junio de 1956, en el que se declara zonas de veda definitiva a los volcanes de toda la república desde su cráter hasta los desniveles del 30%, lo que no representó mayores cambios en cuanto a su conservación.

Posteriormente pasa a formar parte del área protegida de usos múltiples de la cuenca del lago de Atitlán, y se implementa la vigilancia periódica por parte de guardarrrecursos del Conap. En el año 2002, la municipalidad de San Pedro la laguna declara como protegida el área municipal "Chuinimajuyú" en la cumbre del volcán, por lo que en la actualidad cuenta con infraestructura y vigilancia. Es importante mencionar que la parte del volcán que pertenece al municipio de Santiago Atitlán todavía no ha sido propuesta como área protegida por parte de la municipalidad.

3.2.2.10 RASGOS HISTÓRICOS Y ETNOLÓGICOS ASOCIADOS AL VOLCÁN

El volcán San Pedro resalta entre otros volcanes del país por ser parte del escenario natural enmarcado por el lago de Atitlán, es así como desde tiempos precolombinos ha captado la atención de los nuevos pobladores. En los Anales de los Cakchiqueles o Memorial de Tecpán se le refiere con el nombre de Choyjuyub, que significa cerro de la laguna. Nombre que puede estar relacionado con la creencia difundida, que en el pasado la cumbre del volcán presentaba una laguna con tule creciendo en sus orillas y con aves acuáticas, y que al fracturarse una de las paredes del cráter esta laguna se drenó hacia el lago de Atitlán.

En la Relación de Santiago Atitlán por Alonzo Páez Betancourt y Fray Pedro de Arboleda en 1585, se le describe de la siguiente manera: "*Ay a la parte del poniente deste pueblo (Santiago Atitlán) un bolcán grande (V. 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 açucar. 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". (Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala, 1964)

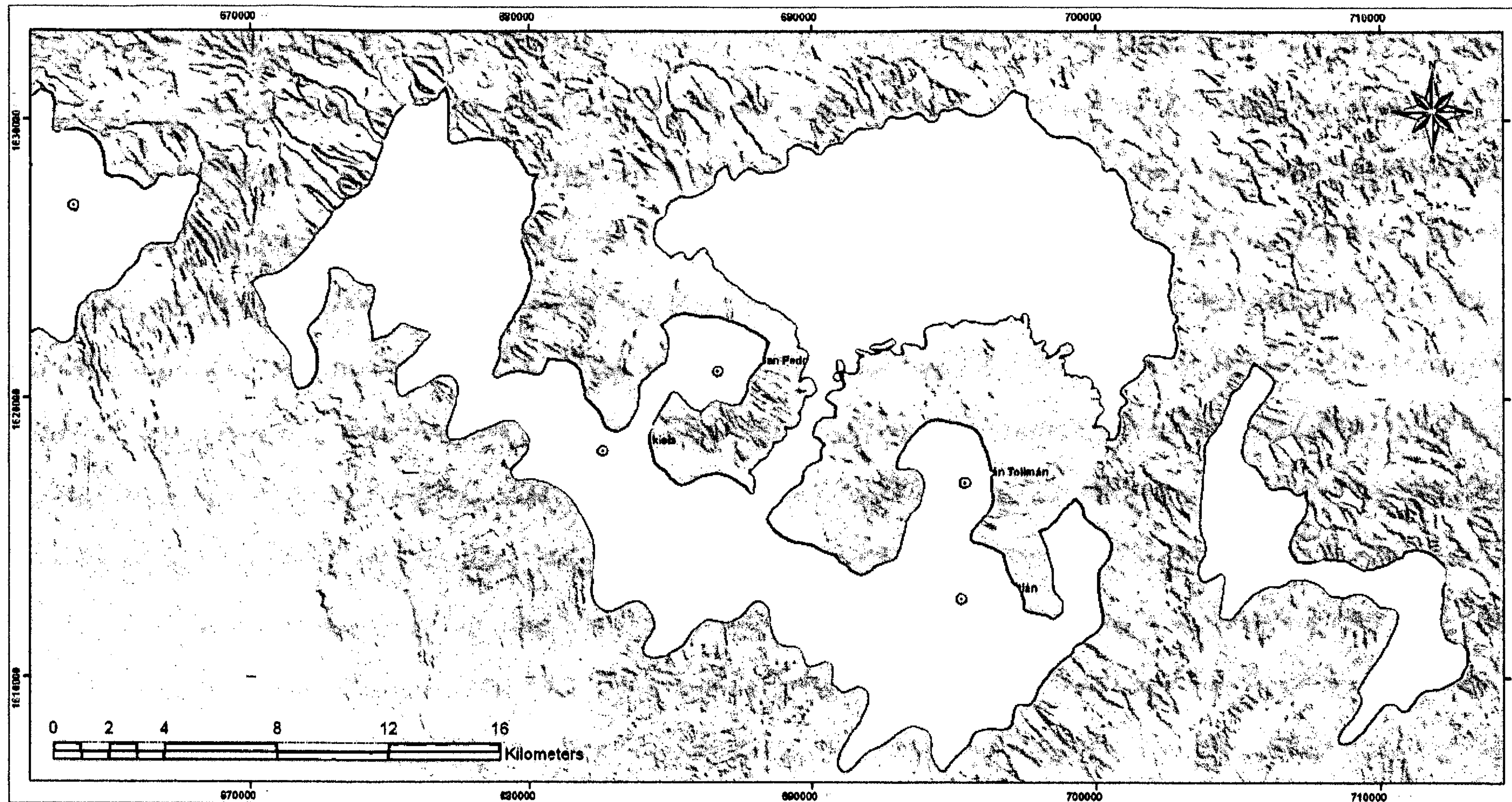
En la actualidad el volcán continua formando parte de la identidad del pueblo tzutujil de Santiago Atitlán, quienes lo asocian a la trayectoria o recorrido anual de la puesta del sol, de allí su nombre en lengua tzutujil: "Chuchuk", que significa codo o curvatura. Refiriéndose a la aparente curvatura que llega a tener la puesta del sol observada desde Santiago Atitlán, en donde se ve como el sol se posa sobre la silueta cónica del volcán. Durante los equinoccios es posible observar la casi perfecta alineación de la puesta del sol en la cumbre del volcán San Pedro. Este espectáculo ha sido observado desde tiempos prehispánicos en el sitio conocido como Chukumuk, al noreste del centro del pueblo de Santiago, en donde persisten ruinas tzutujiles alineadas con la cumbre del volcán. Para muchos pobladores de Santiago Atitlán, el volcán es visto como un templo piramidal de tierra o montaña sagrada por ser parte del camino sagrado que recorre el sol durante un año. (Stanzione, Harbaugh, Bauer, 2003)

3.2.2.11 ARQUEOLOGÍA

De acuerdo con vestigios arqueológicos (piedras talladas y vasijas de arcilla del periodo maya temprano en Santiago Atitlán, y la evidencia de un muro de piedra en la periferia de la población de San Pedro la Laguna), esta región presentó desde épocas anteriores a la conquista ciudades de mucha importancia. (Kirkland, 1933)

En la falda noreste del volcán San Pedro existe un cerro que los habitantes de la región designan con el nombre de Chuitinamit. El cerro fue una fortaleza tzutujil con paredes fortificadas con inmensas murallas de piedra. En el centro de la fortaleza asoma un edificio sólido, 23 montículos y una plataforma en donde se encontraron 2 piedras en forma de trapecio talladas. (Artículo de Arqueología de Guatemala: Iximché y Atitlán, por José Antonio Villacorta, publicado en el Heraldo, 1910).

Aguirre en 1972, describe la presencia de cúes o montículos y vestigios de antiguas construcciones en varios parajes localizados entre el sitio arqueológico Chuitinamit, en la falda noreste del Volcán San Pedro, y la población de San Pedro la Laguna en la falda noroeste (Tzankiakay, Panulujay y Pakiakay). En la falda sur del Volcán San Pedro, en Chicayal, también se reporta la presencia de montículos y varias figuras de piedra.



**ZONAS CON BOSQUE LATIFOLIADO EN LA PARTE SUR
DE LA RESERVA DE USOS MÚLTIPLES DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN**

Proyección UTM
Datum WGS_1984
Escala de presentación: 1:131,000
Fuentes: Mapa de Cobertura Forestal 1,999 MAGA
Capas Digitales de Curvas a Nivel Proyecto JICA
Junio de 2.007

4. JUSTIFICACIÓN

MacVean y Schuster (1981), con base en estudios de la distribución altitudinal de escarabajos Passalidos en la cadena volcánica y a la evidencia de la glaciación en el noroeste de Guatemala (Sierra de los Cuchumatanes), describen la posibilidad de la existencia de un corredor continuo entre los volcanes durante períodos glaciales del pleistoceno, por lo que los bosques localizados en las cimas volcánicas funcionaron como refugios de especies de fauna y flora. El aislamiento provocó diferenciación a nivel taxonómico y endemismo regional. Posteriormente Monzón, Bayley y Schuster (2000), tomando como indicadores de zonas biogeográficas a escarabajos de las familias Cerambycidae, Passalidae y Scarabaeidae, identificaron a la cordillera volcánica como la zona biogeográfica más diversa y con mayor endemismo del país.

Este endemismo es apoyado por recientes estudios de flora y fauna en la cadena volcánica. Valdéz *et al.* (2000) en cinco cumbres de la cadena volcánica, señala la presencia de por lo menos 22 especies de fauna endémica regional o nacional y cuatro nuevas especies de salamandras. Suchini *et al.* (2001), reporta para los volcanes Santo Tomás Pecúl y Zunil 10 especies de flora endémica, y para los volcanes Tacaná y Tajumulco 11 especies endémicas nacionales, hecho que los convierte en áreas de importancia ecológica mundial. Bermúdez y Sánchez (2000), consideran a los bosques de la cadena volcánica de gran importancia por ser una ecorregión con endemismo especialmente en familias botánicas como: Ericaceae, Fagaceae, Orchidaceae, Pinaceae, Bromeliaceae y Magnoliaceae, además de que constituye el límite septentrional de muchas especies templadas del norte.

Pese a su importancia ecológica, la creciente destrucción de los bosques en la cadena volcánica ha provocado que pierdan su conectividad y que existan en forma de archipiélagos de islas de bosque. Valdéz *et al.* (2000), señala la importancia de proteger estas islas de bosques en las diferentes regiones de la

cadena volcánica por la "particularidad" que tiene cada una de ellas, ya que muchas especies de fauna no se comparten en las distintas regiones a pesar de ser ecosistemas aparentemente similares.

El caso del volcán San Pedro no es diferente al de los demás volcanes, el bosque localizado en su cumbre sirve de refugio para especies endémicas como el pavo de cacho (*Oreophasis derbianus*), y una alternativa para conservarlas es conocer, definir, y delimitar el hábitat que ocupan. Esta información será de gran importancia para la elaboración de planes de manejo, diseño de estrategias de conservación y de monitoreo biológico en el área.

Sumado al valor ecológico como área de endemismo y de refugio, el volcán San Pedro posee un alto valor turístico por formar parte del complejo paisajístico del lago de Atitlán. Es ésta belleza la que motiva a muchos turistas a escalarlo, actividad que de una forma sostenible puede significar una importante fuente de trabajo para muchas personas de la comunidad⁵. Esta sostenibilidad sólo se puede alcanzar si se posee un adecuado conocimiento de la vegetación natural del volcán y de los patrones que esta presenta dentro del área, fin ulterior del presente estudio.

⁵ Inguat reporta la visita de 70,025 turistas nacionales y extranjeros a los volcanes de Agua, Ipala, Pacaya y Chicabal, durante el período 2,001 a 2,002; representando ingresos por más de 8 millones de Quetzales.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- 5.1.1 Conocer la composición, estructura y abundancia de la vegetación natural del Volcán San Pedro, Sololá.
- 5.1.2 Establecer el efecto de la exposición y los cambios de altitud en la distribución de la vegetación en el Volcán San Pedro.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.2.1 Determinar la composición y abundancia de la vegetación en el bosque del Volcán San Pedro.
- 5.2.2 Establecer la estructura de la vegetación en el bosque del Volcán San Pedro.
- 5.2.3 Identificar posibles ensambles vegetales presentes en el bosque del Volcán San Pedro.
- 5.2.4 Describir y esquematizar mediante perfiles de vegetación los ensambles vegetales del bosque del Volcán San Pedro.

6. HIPÓTESIS

- Existe diferencia en la composición florística, la estructura y abundancia de la vegetación en los distintos pisos altitudinales y exposiciones, en el Volcán San Pedro, Sololá.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 UNIVERSO DE ESTUDIO

El universo de estudio estuvo constituido por el bosque natural que se encuentra en la cumbre del volcán San Pedro (Sololá), desde los 2,400 msnm hasta la cima del volcán a 3,020 msnm. El bosque posee una extensión de 3.78 kilómetros cuadrados aproximadamente (378.23 Ha).

La muestra consistió de 36 parcelas de 0.1 Ha de bosque (Parcelas de Whittaker). Estas parcelas se distribuyeron en tres pisos altitudinales (2,400 a 2,600 msnm, 2,600 a 2,800 msnm, y 2,800 a 3,020 msnm) y en cuatro exposiciones o vertientes del volcán (noroeste, suroeste, noreste y sureste).

7.2 RECURSOS

7.2.1 RECURSOS MATERIALES

- GPS (Etrex – Vista)
- Mapas cartográficos escala 1: 50,000 y fotografías aéreas escala 1:40,000 del área de estudio
- Cinta métrica, brújula, y lazos
- Cámara fotográfica
- Prensa para herborización, bolsas plásticas grandes y papel periódico
- Machete
- Papelería (Lápices y lapiceros, hojas de papel bond y libreta de campo)
- Boletas de colecta (anexo 10)
- Equipo de acampar
- Equipo de computación y programas de análisis estadístico: PC-ORD, Versión 3.12 (McCune y Mefford, 1997); y Past, Versión 1.14 (Hammer y Harper, 2003)
- Flora de Guatemala (Standley y Steyermark, *et al.*, 1949 - 1977)

7.3 MÉTODOS

7.3.1 METODOLOGÍA

El estudio de la vegetación del volcán San Pedro se desarrolló en varias fases en función de los objetivos propuestos, estas se describen a continuación siguiendo dicho orden.

- Con el apoyo de fotografías aéreas se delimitó el área con cobertura forestal del volcán en un mapa cartográfico escala 1:50,000. Esto permitió ubicar los estratos (pisos altitudinales y exposiciones) en los que se ubicarían las parcelas de muestreo de vegetación. (Figura 5 y 6)
- En el campo las parcelas se levantaron siguiendo la metodología de Whittaker, para el muestreo de árboles, arbustos y hierbas (anexo 11). En dicha parcela se colectaron 5 muestras de cada espécimen para la determinación taxonómica.
- Las muestras herborizadas fueron determinadas por el Ing. Mario Véliz, y depositadas en el herbario BIGU de la Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- En el estrato arbustivo (plantas con diámetro mayor o igual a 1 cm y menor a 10 cm) y arbóreo (diámetro mayor o igual a 10 cm), se tomaron medidas del diámetro a la altura del pecho (DAP), altura, y distancia entre árboles, para la elaboración de perfiles de la vegetación de 2 metros de ancho por 20 metros de largo.
- Las observaciones relativas a la composición de especies, abundancia, altura, y diámetro a la altura del pecho, se tabularon y ordenaron por parcela, por piso altitudinal y por exposición para facilitar el análisis.
- El empleo de técnicas de clasificación y de ordenación indirecta permitió identificar posibles ensambles de especies en el bosque del volcán, e inferir los factores ambientales que se encuentran condicionando la distribución de la vegetación.

- Los ensambles vegetales se describen y esquematizan mediante perfiles de la vegetación.

7.3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el objeto de probar la hipótesis que supone la existencia de diferencias en la composición, estructura y abundancia de la vegetación, en los diferentes pisos altitudinales y las exposiciones en el volcán San Pedro, el presente estudio tomó el siguiente diseño:

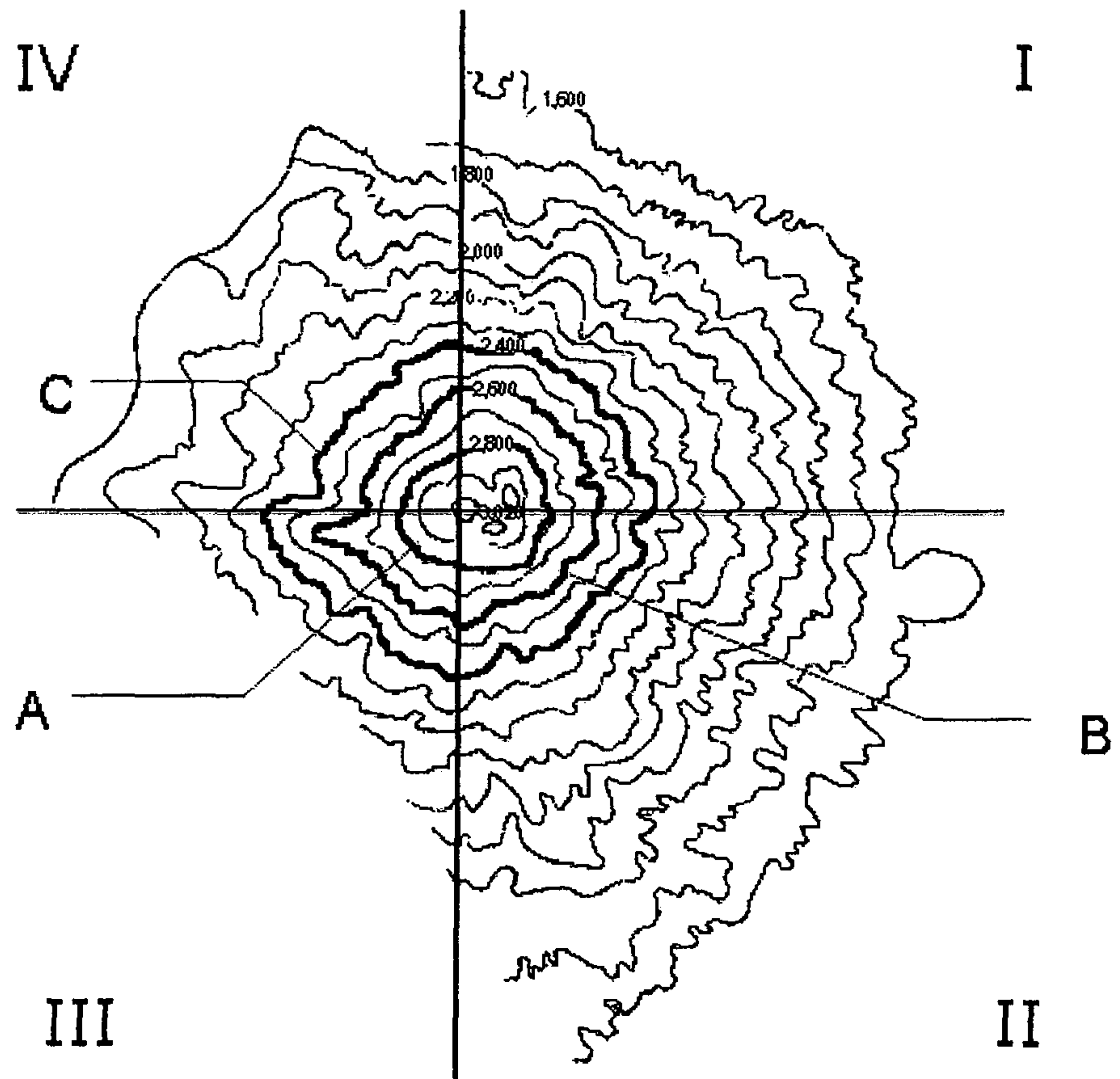
- La colecta de datos se realizó con base a un muestreo estratificado sistemático. El esfuerzo de colecta realizado en los distintos estratos que se establecieron en el volcán, se estandarizó mediante análisis de rarefacción

El análisis de rarefacción es un 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 tratamientos con distintas intensidades de muestreo. Además es una técnica que permite estimar la diversidad de un área con límites de confianza (Holland, 2003), y que puede dar estimaciones por interpolación (Simberloff, 1979 citado por Lubertazzi y Tschinkel, 2003).

- El criterio para la estratificación fue la variación altitudinal y la exposición del volcán, para lo cual el cono se dividió en tres pisos en rangos de 200 metros de altitud, a partir de 2,400 msnm hasta la cumbre a 3,020 msnm.

La categorización de las cuatro exposiciones, se hizo de acuerdo a las características climáticas observadas en las vertientes del volcán: la vertiente noroeste y suroeste con mayor humedad, y la vertiente noreste y sureste relativamente más seca, y con mayor exposición al sol. La estratificación del volcán dio como resultado la definición de 12 sub áreas o tratamientos. (Figura 5)

DELIMITACIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN EL
VOLCÁN SAN PEDRO



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 5.

Estratificación del volcán San Pedro para el estudio de la vegetación, mapa cartográfico Escala 1:50,000.
Recuadro inferior: Área en kilómetros cuadrados y porcentaje de cada uno de los estratos.

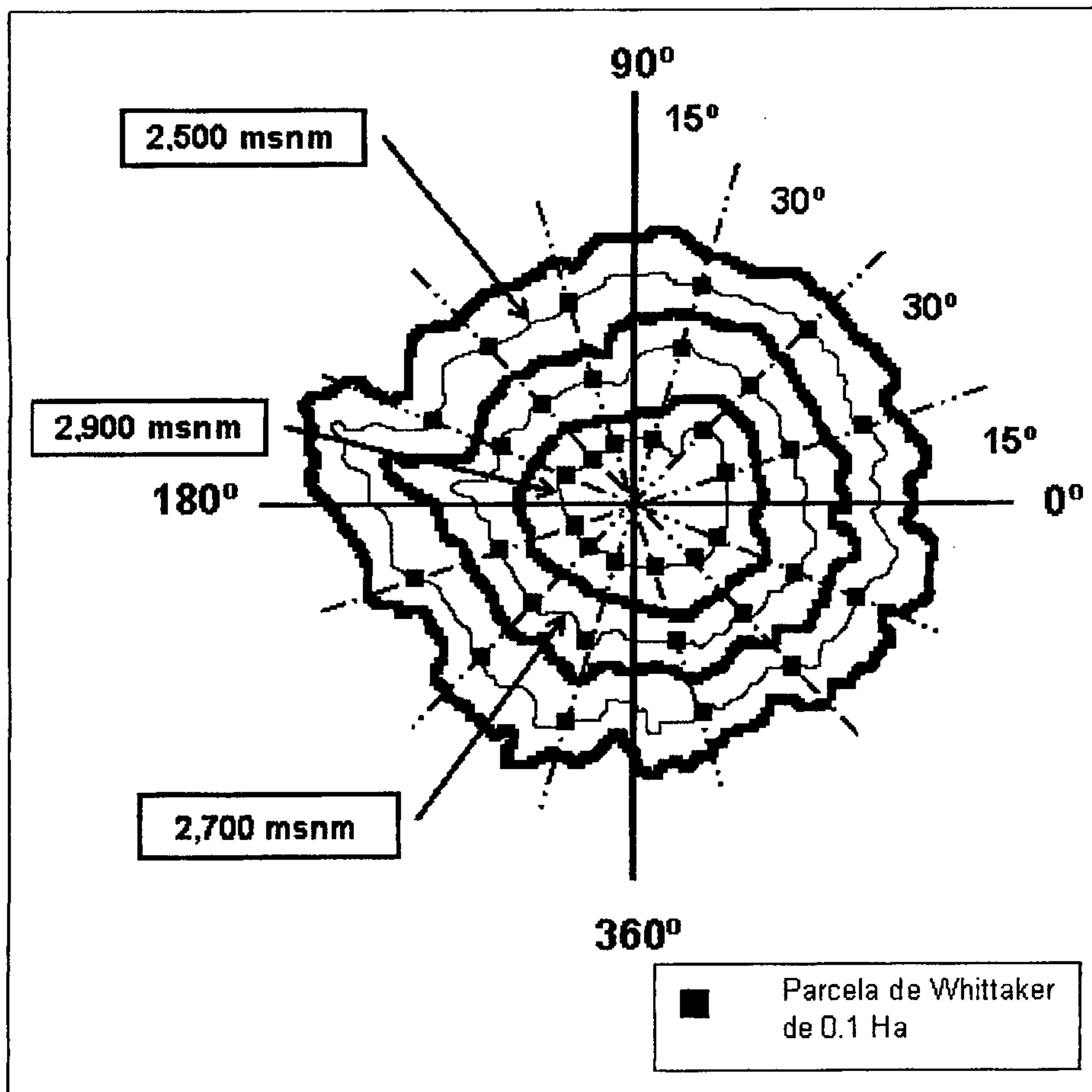


Figura 6.
Distribución espacial de las 36 parcelas tipo Whittaker de 0.1 Ha, en el área de estudio. Las parcelas se ubicaron a lo largo de la curva a nivel intermedia de cada piso altitudinal, separadas entre sí por 30 grados.

- La unidad experimental consistió de parcelas tipo Whittaker de 0.1 Ha, en las que se realizó las mediciones necesarias y se colectó el material vegetal (anexo 11).
- El tamaño de la muestra fue de 36 parcelas tipo Whittaker, correspondiendo 3 parcelas por tratamiento.
- La distribución espacial de las parcelas dentro de los estratos se hizo de forma sistemática, para lo cual las parcelas se levantaron a favor de la pendiente a lo largo de la cota intermedia de cada uno de los tres pisos altitudinales, siendo esta las curva a nivel: 2,500 msnm, 2,700 msnm y 2,900 msnm, respectivamente. Las parcelas se levantaron a una distancia entre sí de 30 grados. (Figura 6)
- La variable dependiente fue la composición, estructura, y abundancia de la vegetación del volcán San Pedro.

- La variable independiente estuvo constituida por los tres pisos altitudinales, y las cuatro exposiciones del volcán San Pedro.

7.3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- El análisis de la información se realizó siguiendo la metodología de las técnicas de clasificación numérica, que son un tipo de métodos divisorios 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 Sorensen, y el análisis de especies indicadoras de dos vías o Twispan (two way Indicator species Analysis por 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 en sus distintos niveles, las especies preferenciales positivas y negativas para cada uno de los grupos, y las especies sin preferencia particular.

- 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). De este paquete se tomó el gráfico de ordenación indirecta de los sitios, para deducir posibles hipótesis que expliquen la distribución de la vegetación.
- 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)

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 MUESTREO DE LA VEGETACIÓN EN EL VOLCÁN SAN PEDRO

Como parte del estudio de la vegetación, de enero de 2005 a mayo de 2006, se levantaron 36 parcelas de Whittaker de 0.1 Ha en el bosque natural del volcán San Pedro (cuadro1). Se estima que en total se realizó un esfuerzo de muestreo de 3.6 Ha, equivalente al 0.95% del total del área de interés.

Pese al bajo porcentaje de superficie que fue posible abarcar dentro de la muestra los resultados alcanzados prueban ser un acercamiento bastante apegado a la realidad, lo que pudo ser corroborado con los estimadores derivados de estos resultados, los cuales se presentan a continuación.

8.1.1 COLECTAS LIBRES Y SISTEMÁTICAS

La distribución sistemática de las parcelas en el área buscó alcanzar los distintos microhábitats presentes en el volcán, con el objeto de lograr la colecta y determinación de la mayor parte de las especies vegetales que lo componen. No obstante, debido a la gran heterogeneidad observada en el área además de las colectas dentro de las parcelas fue necesaria la colecta libre a lo largo de brechas y senderos.

Por sí solas, las parcelas facilitaron la colecta de material vegetal para la determinación de 158 especies y el conteo de 8,889 individuos. Entre los que se abarcó: árboles (1,674), arbustos (1,994), y hierbas (5,221), además del registro de la altura y el diámetro en árboles y arbustos.

Por medio de la colecta libre se logró determinar 257 especies, 159 especies corresponden a plantas encontradas creciendo dentro del bosque y 98 especies fuera de este (debajo de los 2,400 msnm).

En total se logró la colecta de 1,038 números de herbáreo, los cuales permitieron la determinación de 415 especies vegetales. (Anexo 3)

Cuadro 1. Ubicación de las parcelas de muestreo de Vegetación en el volcán San Pedro.

No.	Código	Altitud (msnm)	Exposición	Orientación	Pendiente	Latitud	Longitud
1	I.A.1	2,900	Noreste	15°	31.0%*	N 14° 39' 30.40"	W 91° 15' 54.00"
2	I.A.2	2,908	Noreste	45°	> 32%	N 14° 39' 28.20"	W 91° 15' 56.70"
3	I.A.3	2,952	Noreste	75°	> 32%	N 14° 39' 24.84"	W 91° 15' 47.34"
4	II.A.1	2,950	Sureste	105°	> 32%	N 14° 39' 19.40"	W 91° 15' 52.90"
5	II.A.2	2,947	Sureste	135°	> 32%	N 14° 39' 17.80"	W 91° 15' 51.50"
6	II.A.3	2,900	Sureste	165°	> 32%	N 14° 39' 16.00"	W 91° 15' 58.00"
7	III.A.1	2,900	Suroeste	195°	> 32%	N 14° 39' 16.00"	W 91° 16' 04.00"
8	III.A.2	2,900	Suroeste	225°	> 32%	N 14° 39' 16.00"	W 91° 16' 09.00"
9	III.A.3	2,900	Suroeste	255°	> 32%	N 14° 39' 21.00"	W 91° 16' 11.00"
10	IV.A.1	2,850	Noroeste	285°	> 32%	N 14° 39' 26.00"	W 91° 16' 10.00"
11	IV.A.2	2,900	Noroeste	315°	> 32%	N 14° 39' 36.00"	W 91° 16' 12.00"
12	IV.A.3	3,006	Noroeste	345°	> 32%	N 14° 39' 29.04"	W 91° 15' 59.22"
13	I.B.1	2,700	Noreste	15°	> 32%	N 14° 39' 33.70"	W 91° 15' 57.40"
14	I.B.2	2,700	Noreste	45°	> 32%	N 14° 39' 39.00"	W 91° 15' 45.00"
15	I.B.3	2,838	Noreste	75°	> 32%	N 14° 39' 23.40"	W 91° 15' 44.80"
16	II.B.1	2,834	Sureste	105°	> 32%	N 14° 39' 19.40"	W 91° 15' 44.90"
17	II.B.2	2,837	Sureste	135°	> 32%	N 14° 39' 18.00"	W 91° 15' 45.50"
18	II.B.3	2,836	Sureste	165°	> 32%	N 14° 39' 16.60"	W 91° 15' 47.40"
19	III.B.1	2,700	Suroeste	195°	> 32%	N 14° 39' 08.00"	W 91° 16' 05.00"
20	III.B.2	2,848	Suroeste	225°	> 32%	N 14° 39' 34.20"	W 91° 16' 4.68"
21	III.B.3	2,700	Suroeste	255°	> 32%	N 14° 39' 07.14"	W 91° 16' 6.54"
22	IV.B.1	2,700	Noroeste	285°	44.2%*	N 14° 39' 28.00"	W 91° 16' 18.00"
23	IV.B.2	2,700	Noroeste	315°	33.0%*	N 14° 39' 35.00"	W 91° 16' 13.00"
24	IV.B.3	2,731	Noroeste	345°	31.0%*	N 14° 39' 46.38"	W 91° 16' 01.02"
25	I.C.1	2,542	Noreste	15°	29.3%*	N 14° 39' 54.50"	W 91° 15' 56.90"
26	I.C.2	2,474	Noreste	45°	34.7%*	N 14° 39' 48.30"	W 91° 15' 47.10"
27	I.C.3	2,500	Noreste	75°	> 32%	N 14° 39' 32.00"	W 91° 15' 30.00"
28	II.C.1	2,500	Sureste	105°	> 32%	N 14° 39' 15.00"	W 91° 15' 28.00"
29	II.C.2	2,500	Sureste	135°	> 32%	N 14° 39' 03.00"	W 91° 15' 41.00"
30	II.C.3	2,500	Sureste	165°	30.6%*	N 14° 38' 59.00"	W 91° 15' 55.00"
31	III.C.1	2,600	Suroeste	195°	23.4%*	N 14° 38' 57.00"	W 91° 16' 08.00"
32	III.C.2	2,500	Suroeste	225°	29.4%*	N 14° 39' 05.00"	W 91° 16' 21.00"
33	III.C.3	2,450	Suroeste	255°	30.6%*	N 14° 39' 15.00"	W 91° 16' 35.00"
34	IV.C.1	2,500	Noroeste	285°	29.8%*	N 14° 39' 31.00"	W 91° 16' 29.00"
35	IV.C.2	2,477	Noroeste	315°	25.7%*	N 14° 39' 45.50"	W 91° 16' 18.20"
36	IV.C.3	2,392	Noroeste	345°	23.5%*	N 14° 39' 25.40"	W 91° 16' 23.80"

No obstante, con esta información es posible tener algún indicio sobre la eficacia de los dos tipos de muestreo, ambos métodos prueban ser efectivos de acuerdo al objetivo de estudio. Las parcelas dieron la base necesaria para realizar las comparaciones entre los distintos tratamientos o estratos, mientras que las colectas a lo largo de senderos y brechas (a modo de transectos), dan la certeza y complementan las observaciones respecto a la riqueza y composición de especies en el volcán.

En base al número acumulado de especies observado por unidad de esfuerzo (parcela), el índice jackknife de primer orden (PC-ORD, 1997), estimó un número total de especies esperadas de 207, mientras que el mismo estimador en segundo orden supone un total de 244 especies.

De la misma forma, la curva de acumulación de especies calculada en base al supuesto de procesos de nacimientos puros⁶ de Díaz-Francés, Soberón y Gorostiza (2003) con el programa SpAcc2, indica que los resultados se acoplan con mejor ajuste al modelo logarítmico. En la curva construida se observa un crecimiento constante en el número acumulado de especies de 1 a 25 parcelas (unidad de esfuerzo), luego de este punto la curva inicia a encontrar la asíntota. De acuerdo a la curva de acumulación de especies, el número total de especies esperadas en base al modelo Clench es de 198, y al modelo exponencial es de 163 especies. (Gráfica 1 y 2, anexo 1)

Contrastando el número de especies observadas y esperadas en base al estimador jackknife en los dos órdenes, es posible observar que este llega a distar en 49 y 86 especies respectivamente, mientras que con los estimadores en base al supuesto de nacimientos puros, va de 5 especies en el modelo exponencial a 40 en el modelo Clench. En el "peor" de los casos por así decirlo (jackknife de segundo orden), la eficiencia del

⁶ Esta curva se basa en procesos estocásticos de nacimientos puros, como modelos teóricos para construir curvas de acumulación de especies, esto con el objeto de describir el progreso de inventarios biológicos. (Soberón y Llorente, 1993 en Díaz-Francés y Soberón, 2005)

muestreo en parcelas sería del 65% (el 35% de las especies no fueron percibidas por esta técnica).

En términos generales, estos resultados validan la eficiencia del muestreo de la vegetación referido tanto a la intensidad de muestreo (esfuerzo), como a la cantidad de especies identificadas en el proceso de colecta. Por otro lado, todos los estimadores guardan cierta coherencia en el número de especies esperadas para el volcán, lo que da mayor peso a la estimación.

Unificando el esfuerzo de muestreo (en parcelas y brechas), llama la atención el hecho que la cantidad de especies esperadas (244), sea menor que el número de especies colectadas en el bosque (317). Esto se puede deber a 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), se encuentran en pequeñas poblaciones por lo que no son lo suficientemente perceptibles por el método de muestreo. Lo que es confirmado por la cantidad de especies reportadas con una o dos ocurrencias (50 y 11 respectivamente).

Al mismo tiempo, este hecho puede dar ciertos indicios sobre los procesos ecológicos que se encuentran operando a nivel de comunidad, como lo es la posibilidad de la existencia de una deuda de extinción⁷. Proceso que es más probable en remanentes de hábitats y paisajes fragmentados, y que se expresa en la disminución de las poblaciones de ciertas especies antes de que estas desaparezcan por completo (Berglund y Jonsson, 2005; Vellend, *et al.*, 2006).

⁷ Pérdida progresiva de especies debido a transformaciones pasadas del ecosistema. Proceso que se debe a que las poblaciones de muchas especies no han alcanzado un equilibrio estocástico con respecto a la actual estructura del paisaje. (Berglund y Jonsson, 2005)

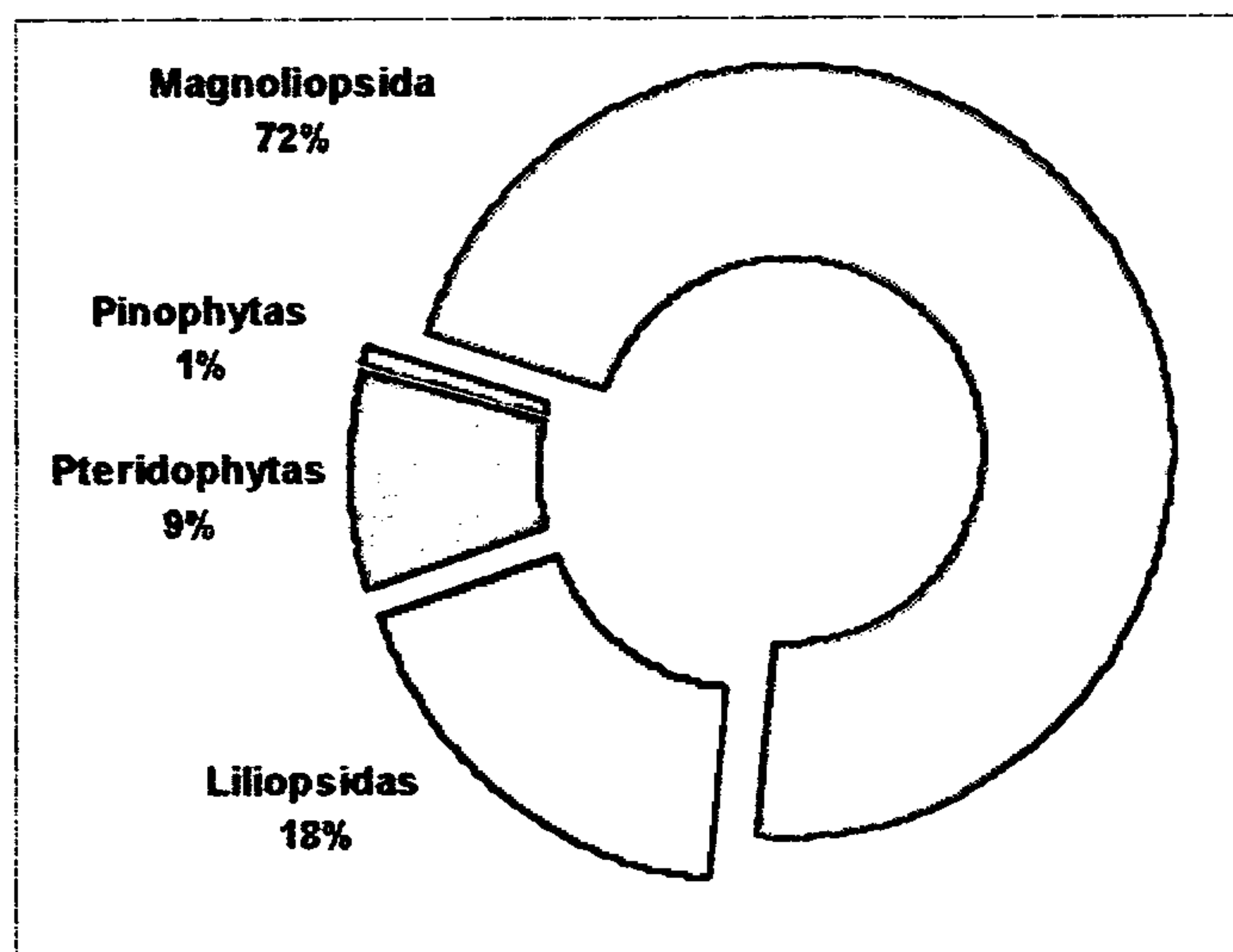
8.2 LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE NATURAL DEL VOLCÁN SAN PEDRO

8.2.1 RIQUEZA Y COMPOSICIÓN

En el bosque del volcán San Pedro se logró identificar un total de 415 especies vegetales (cuadro 5) 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). (Gráfica 5a)

Entre las familias mejor representadas se encuentran: Asteraceae con 72 especies (17.5%), Orchidaceae con 28 sp. (6.6%), Poaceae con 19 sp. (4.6%), Solanaceae con 15 sp. (3.6%) y Fabaceae con 13 sp. (3.2%). (Gráfica 5b)

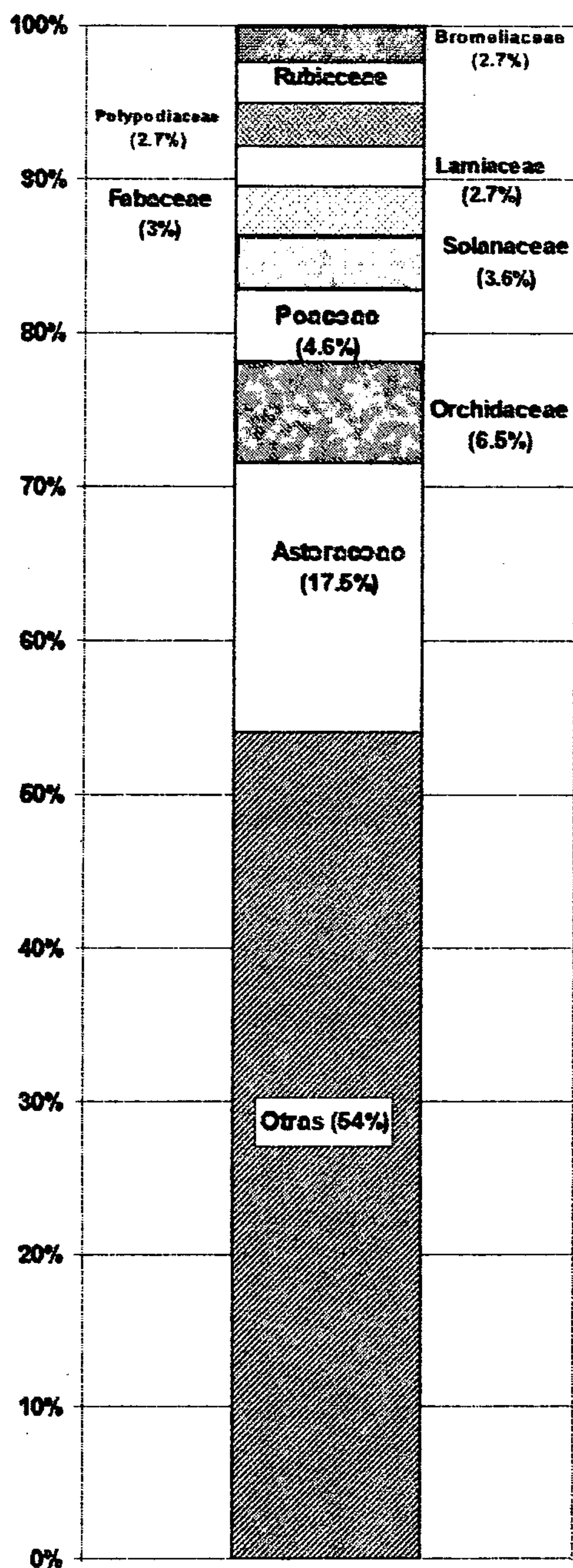
Si se contrasta la riqueza de especies en relación al área total del bosque del volcán, se establece que en promedio es posible observar 4.12 especies por Ha, relación que comparada con la de otros volcanes en la misma cadena volcánica, como es el caso del volcán de Acatenango (0.16 sp/Ha)⁸ y el de Pacaya (0.44 sp/Ha)⁹, da indicios de la gran diversidad vegetal que este volcán presenta.



Gráfica 5a.
Aporte de especies por división, a la riqueza vegetal del volcán San Pedro.

⁸ En base al estudio de la Vegetación del Volcán de Acatenango, de Véliz (2000).

⁹ En base al estudio de la Vegetación del Volcán de Pacaya, de Calderón *et al.* (2005).



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

Gráfica 5b.

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

Desde un punto de vista ecológico, la gran cantidad de especies que es posible encontrar interactuando en un área relativamente pequeña, como lo es la cumbre del volcán San Pedro, sólo puede ser explicada por la existencia de un gradiente ambiental (supuesto que se discute más

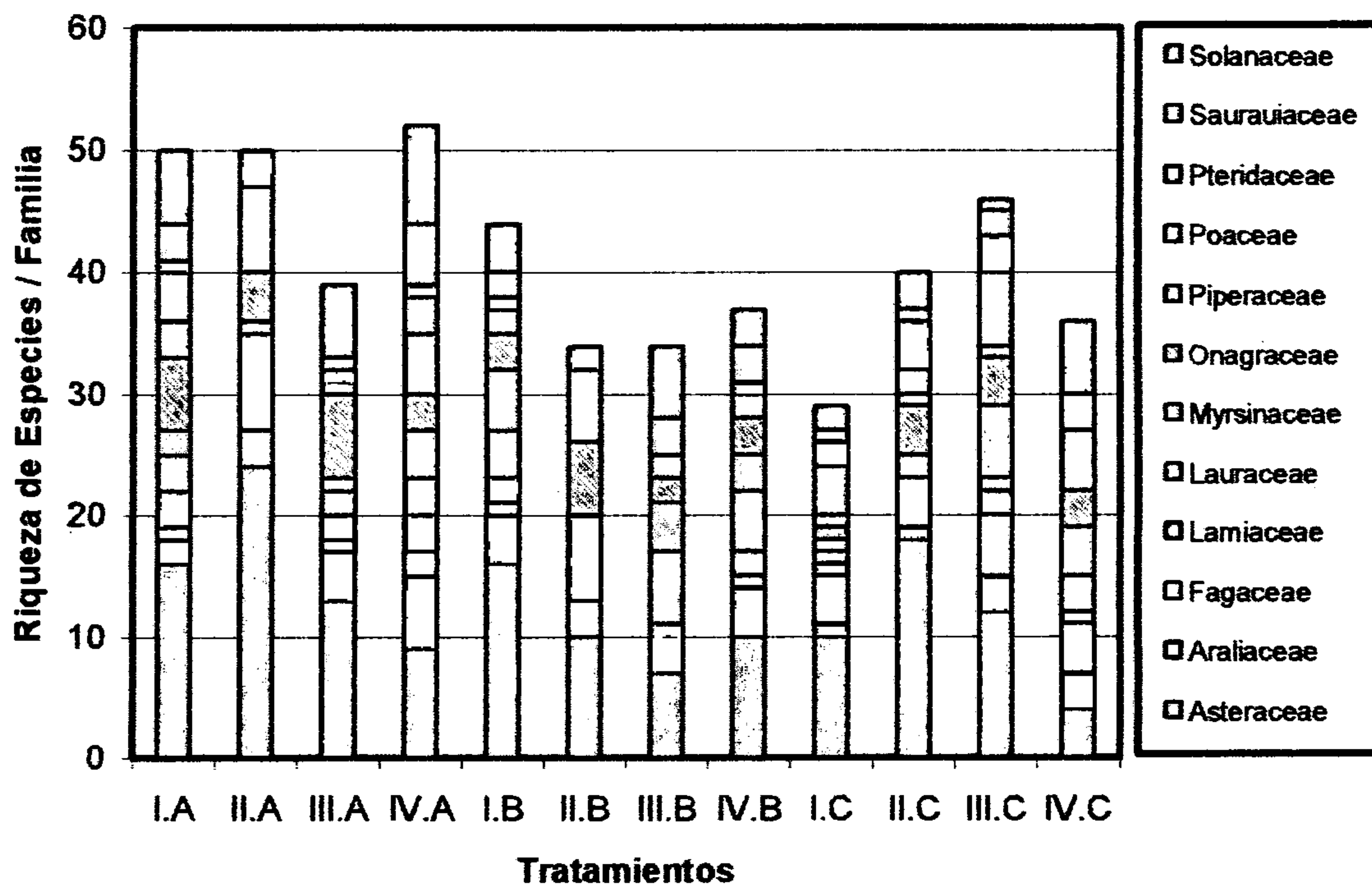
adelante), el cual permite la existencia de muchos microclimas sucesivos a lo largo de los cuales existe un gradiente continuo de especies que se intercambian o traslapan entre sitios. Este hecho pone en evidencia la gran diversidad tipo alfa y beta presente en el volcán, asimismo permite tener algunos indicios sobre el área mínima efectiva en la que una o varias especies logran establecerse y mantener cierto equilibrio.

Con respecto a la riqueza de especies por familia botánica, es posible deducir que la proporción que se observa es un claro reflejo de los hábitats y los hábitos de crecimiento que predominan en el bosque del volcán. El hecho que Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Lamiaceae, se encuentren entre las familias con mayor porcentaje aportado a la diversidad total del volcán es evidencia de la abundancia de sitios con exposición solar pronunciada (ladera noreste y sureste), los cuales son propicios para el desarrollo de muchas de las especies de estas familias. (Gráfica 5)

Como indicadores de hábitats con relativa mayor humedad se encuentran las familias Orchidaceae, Bromeliaceae y Polypodiaceae, familias que mejor logran distribuirse en la mayoría de los hábitats encontrados en el volcán, hecho que puede ser atribuido al nicho que por lo general ocupan dentro del bosque (epifitas) y a la gran capacidad que tienen para adaptarse a rangos mayores de variación en las condiciones climáticas.

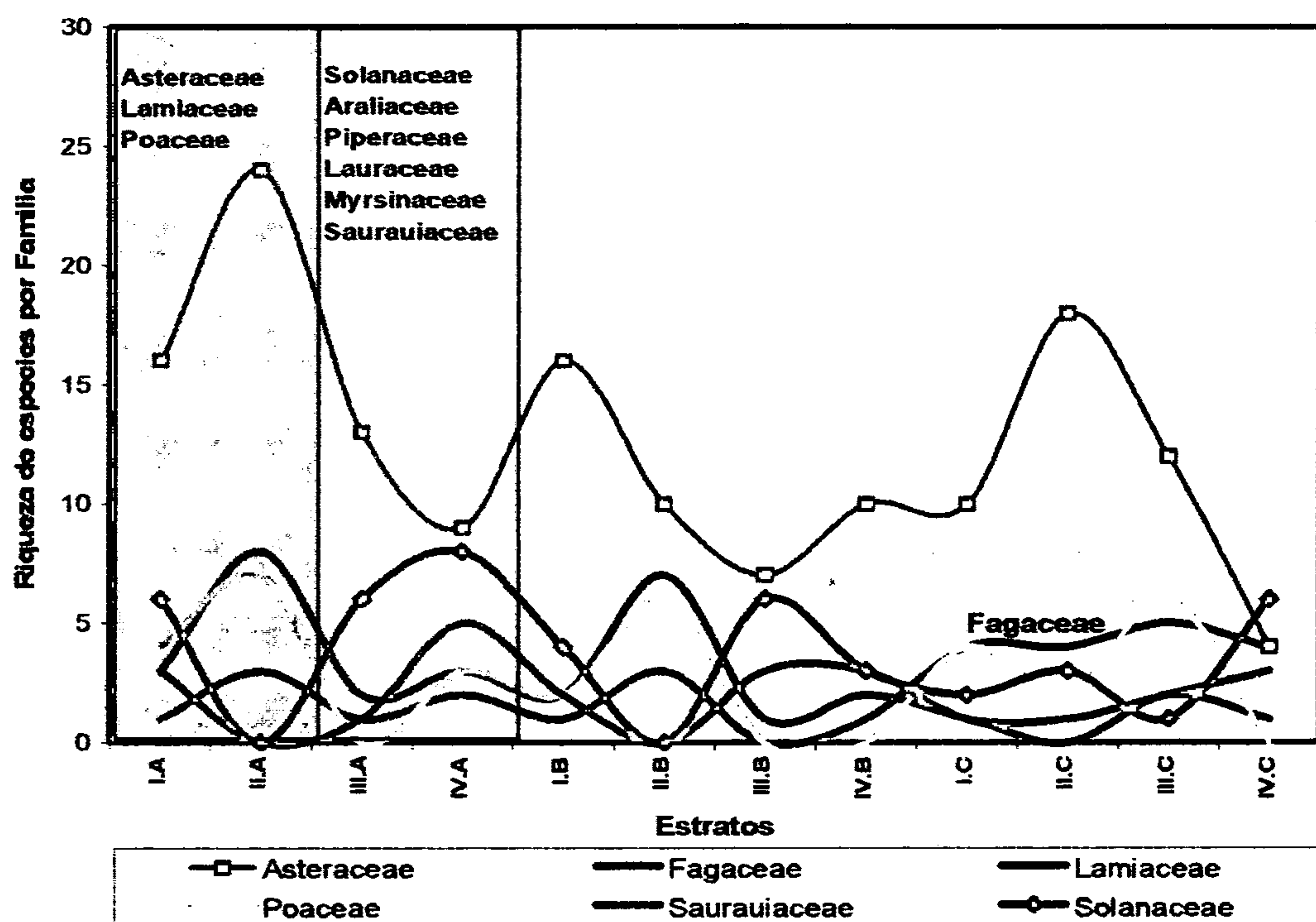
En la mayor parte de las familias que componen el bosque del volcán (91%), fue posible observar un aporte individual de menos de 9 especies, condición que en muchos de los casos se ve asociada a una distribución limitada, y que puede ser indicio de la presencia de microhábitats determinados propicios para ciertas especies, los cuales difícilmente se repiten dentro del área. Este fenómeno es confirmado en el caso de las familias Arecaceae, Lophosoriaceae, y Ericaceae, las que se encontraron restringidas a una o pocas localidades dentro del área en microclimas específicos.

Otras familias mantienen una presencia continua en el área, 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. Es importante mencionar que en las zonas de transición entre las dos laderas de "importancia" para este grupo, es posible observar un área reducida de "traslape" entre las dos especies en la que aparece *Quercus acatenangensis*.



Gráfica 6.

Riqueza de especies por familia* por estrato o tratamiento, en el bosque 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. *Familias botánicas que presentan mayores fluctuaciones



Gráfica 7.

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).

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. Por lo que la diferenciación de especies de encinos a lo largo de gradientes ambientales y la especialización fenotípica, ayuda a explicar la presencia conjunta de especies del mismo género.

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 (gráfica 6).

Esta condición puede apreciarse claramente en el caso de las familias: Solanaceae y Actinidaceae 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 Actinidaceae, 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 7).

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 2), lo que de nuevo pone en evidencia la gran heterogeneidad ambiental que se puede llegar a encontrar en un área tan reducida.

Gerace (1999), en el estudio de los factores que controlan la densidad de especies en comunidades de plantas herbáceas, determinó que la existencia de gradientes ambientales puede resultar en variabilidad en la densidad de especies dentro de un paisaje o región. No obstante, no se descarta la posibilidad que la existencia de perturbación dentro del área podría estar causando ciertos sesgos tanto en la cantidad de especies como la abundancia de individuos, lo que concuerda con la hipótesis de perturbación intermedia (Gerace, 1999).

Cuadro 3.

Abundancia y riqueza de especies observada por parcela en el volcán San Pedro. Exposición: Noreste (NE), Sureste (SE), Suroeste (SO), Noroeste (NO).

Exposición /	Piso Altitudinal	NE1	NE2	NE3	SE1	SE2	SE3	SO1	SO2	SO3	NO1	NO2	NO3
Abundancia	2,800-3,020 msnm	267	248	345	720	508	489	472	213	182	194	149	197
	2,600-2,800 msnm	235	239	340	304	315	252	207	221	171	265	174	273
	2,400-2,600 msnm	89	179	274	178	160	154	172	204	139	105	103	152
Riqueza	2,800-3,020 msnm	26	36	26	27	28	28	24	15	24	28	26	33
	2,600-2,800 msnm	20	26	28	18	19	21	20	19	25	19	25	26
	2,400-2,600 msnm	21	23	22	24	23	26	21	30	36	22	32	27

Asociando los cambios en la riqueza con los cambios de exposición (cuadro 3, gráfica 8), 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 de la misma forma en los tres rangos de altitud.

Empero, la preferencia de las especies en el volcán se inclina hacia la vertiente con efecto de sombra (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.

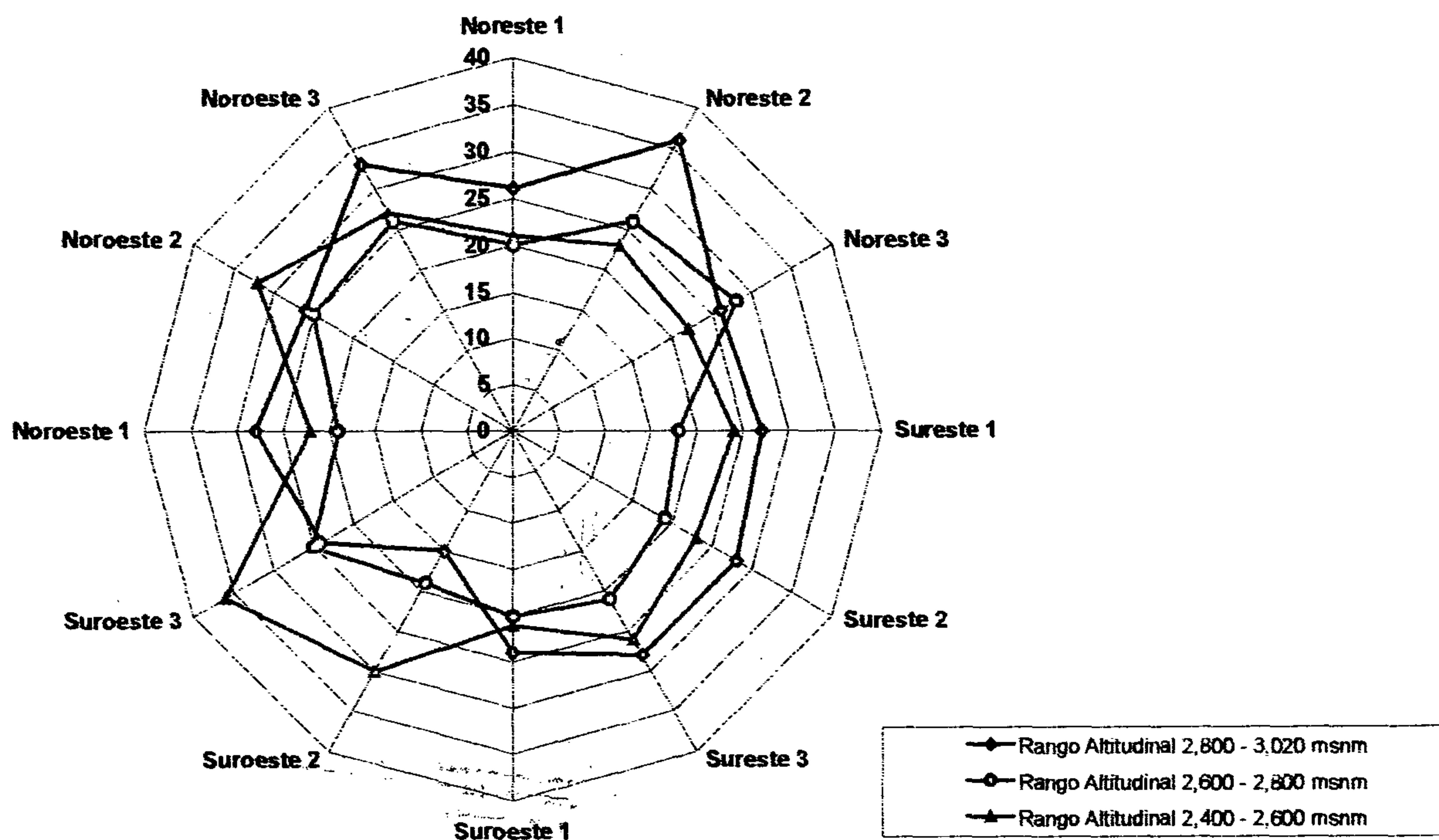
Con respecto al cambio en altitud, la riqueza observada por parcela presentó cambios menos abruptos que los observados en los cambios de exposición. Sin embargo, primero fue necesario relativizar la riqueza observada en función al área de cada uno de los pisos altitudinales, con el objeto de evitar que la comparación presente sesgos asociados a variaciones en el área, ya que la misma decrece a medida que se asciende el volcán (cuadro 4).

Cuadro 4.

Riqueza observada por unidad de área por estrato altitudinal y exposición

Estrato Altitudinal	Área (Ha)	%	Riqueza de Sp.	Rel. Riqueza / área
Estrato 2,800 a 3,020 msnm	68	18	98	1.44
Estrato 2,600 a 2,800 msnm	118	31	76	0.64
Estrato 2,400 a 2,600 msnm	193	51	107	0.55
Exposición	Área (Ha)	%	Riqueza de Sp.	Rel. Riqueza / área
Noreste	111.00	28	104	0.94
Sureste	96.00	24	79	0.82
Suroeste	102	25	86	0.84
Noroeste	93	23	81	0.87

La relación identificada de esta forma muestra un aumento gradual en la riqueza de especies por unidad de área a mayor elevación, hecho que no concuerda con las evidencias propuestas por varios estudios que más bien plantean una disminución en la riqueza. Más aun, estudios recientes con plantas y animales documentan un patrón no lineal en esta disminución con un pico de riqueza a elevaciones medias (Terborgh, 1997; McCoy, 1990; citado por Cardelús *et al.*, 2006). Apoyando esta teoría se encuentra el modelo del efecto del dominio intermedio (Colwell y Lees, 2000; Grytnes, 2003; citado por Cardelús *et al.*, 2006), el cual propone que la probabilidad de que se traslapen los rangos de distribución de muchas especies es mayor en elevaciones medias que a grandes o pequeñas elevaciones. Esto produce un pico de riqueza, que puede o no, ser afectado por gradientes ambientales (Cardelús *et al.*, 2000).

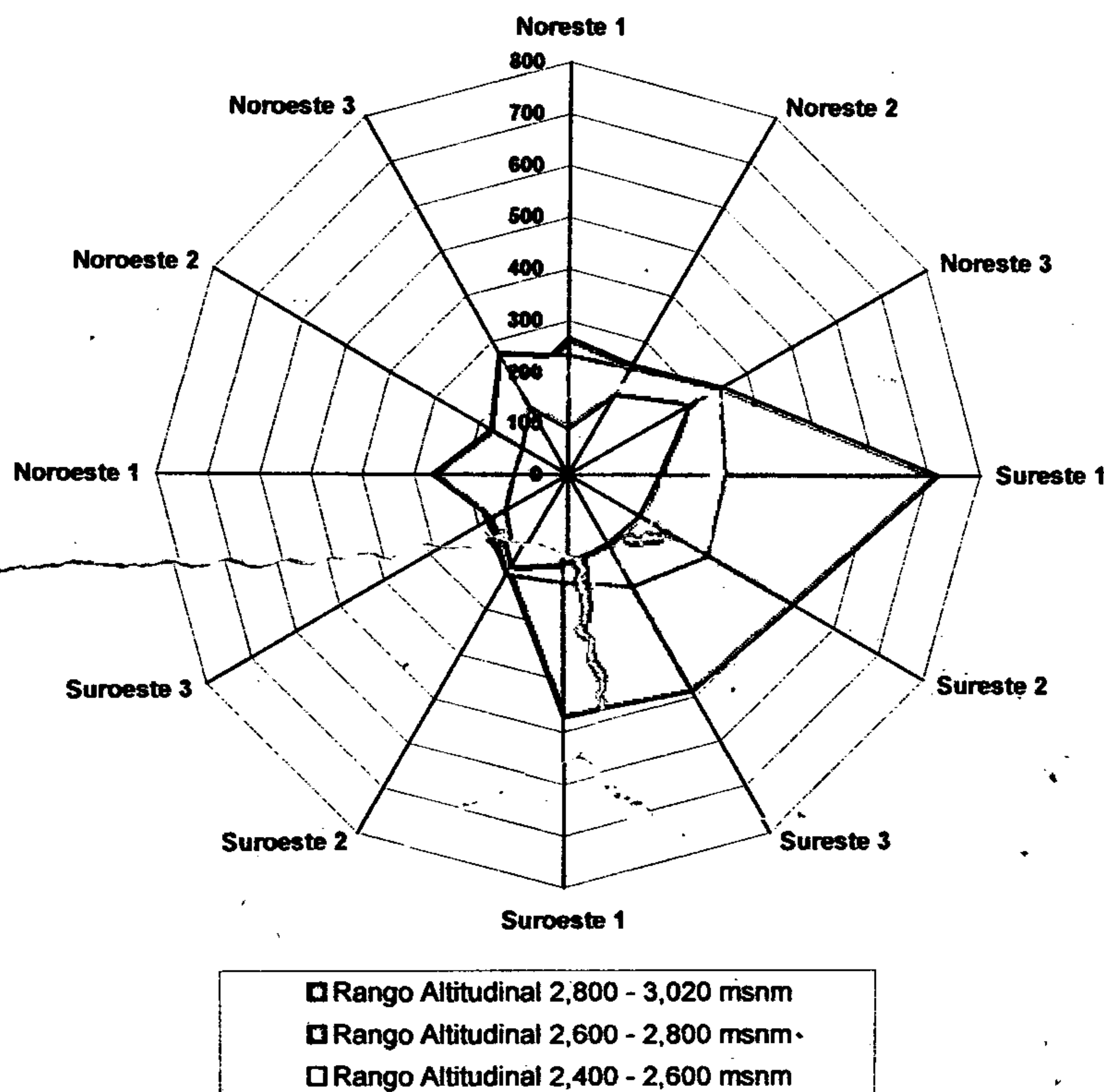


Gráfica 8.

Riqueza de especies por parcela de Whittaker de 0.1 Ha, ordenada por rango altitudinal y exposición (los ejes de la gráfica han sido modificados para que coincidan con los puntos cardinales, de esta manera reflejen la orientación real de las parcelas en el volcán).

Si se considera el rango de altitud abarcado en estos estudios, se comprende que el modelo propuesto ha sido inferido a partir de rangos de más de 2000 metros, en contraste con la variación de 600 metros en altitud observada en el volcán San Pedro. Por lo que existe la probabilidad que la curva de riqueza registrada en este volcán sólo corresponda a una fracción de la curva que sugiere este modelo.

Asimismo no se debe descartar la posibilidad 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 esta gran 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). Hecho que es más evidente una vez se considera la abundancia observada por piso altitudinal.



Gráfica 9. Abundancia por parcela de Whittaker de 0.1 Ha, ordenada por rango altitudinal y exposición.

8.2.2 ABUNDANCIA DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO

La abundancia de individuos por especie y por parcela (0.1 Ha), es uno de los atributos que fue necesario determinar para lograr un buen acercamiento a los patrones que la vegetación del volcán presenta.

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 3, gráfica 9). Este patrón coincide con el piso del volcán que tiene mayor disponibilidad de hábitat (áreas con menor pendiente), y que conserva la mayor cantidad de humedad durante todo el año.

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 (gráfica 9).

En contraste, en la ladera noroeste se reporta la menor abundancia de arbustos y hierbas, lo que se encuentra relacionado con la baja incidencia de radiación solar y la densidad que presenta el dosel del bosque. Si bien la abundancia guarda cierta relación con la cantidad de biomasa vegetal, en términos generales la densidad del dosel de un bosque es un mejor indicador de la productividad del hábitat.

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 pillicaulis* con 273 individuos (76 ind/Ha), *Synardisia venosa* con 185 individuos (51 ind/Ha), y *Meliosma dives* con 141 individuos (39 ind/Ha).

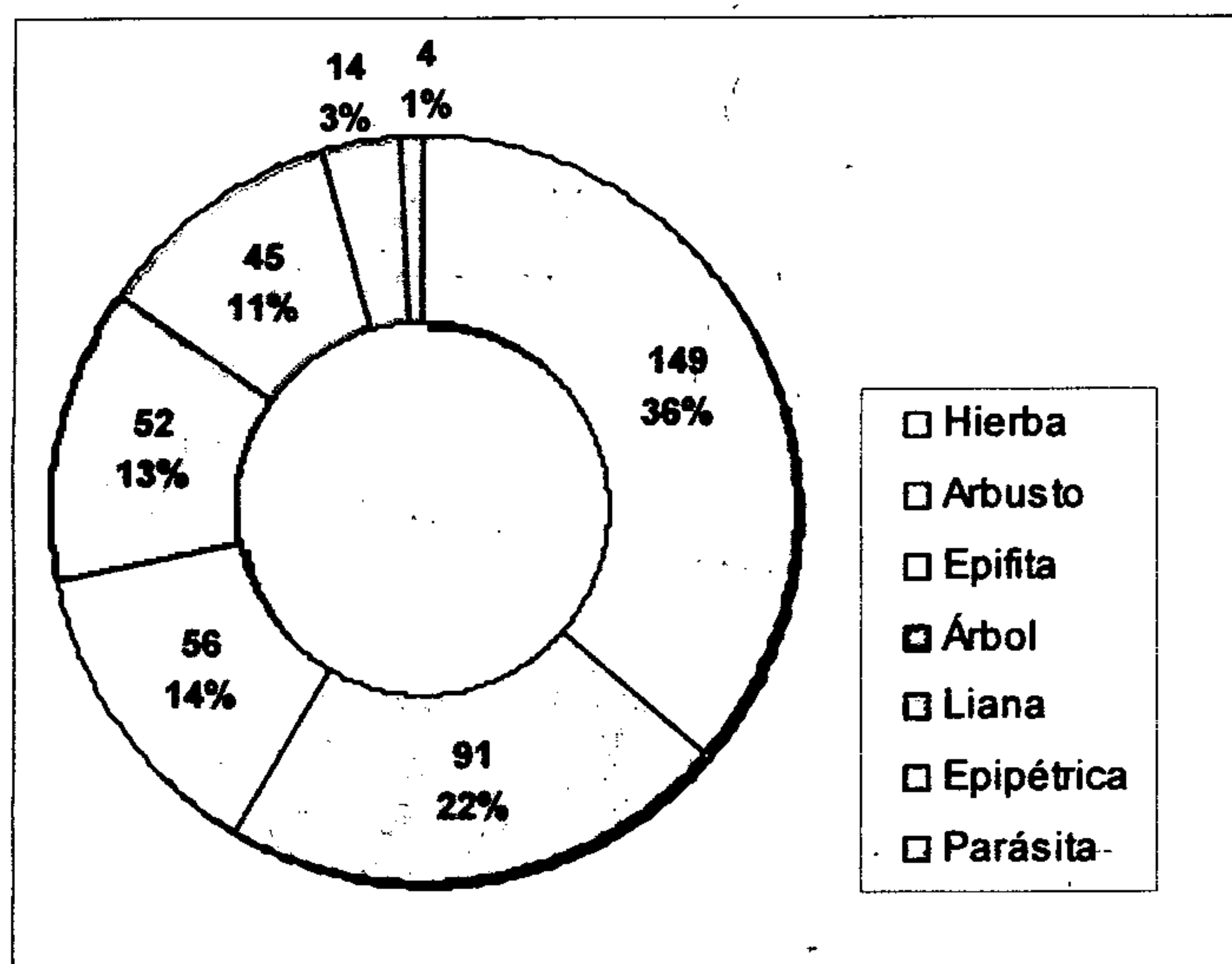
Entre las especies de hábito herbáceo más abundantes se encontró *Festuca amplissima* con 678 individuos (1.9 individuos por metro cuadrado).

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.

8.2.3 ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO

En términos generales, la estructura que la vegetación presenta en un área específica está determinada por la interacción de factores histórico – ambientales, y la composición de especies. En el caso de la vegetación del volcán San Pedro, estos factores se encuentran determinados en gran medida por los gradientes de humedad (variación de altitud y exposición), los cuales favorecen el desarrollo de una estructura vegetal compleja tanto vertical (estratos vegetales), como horizontal (patrones de espaciamiento).



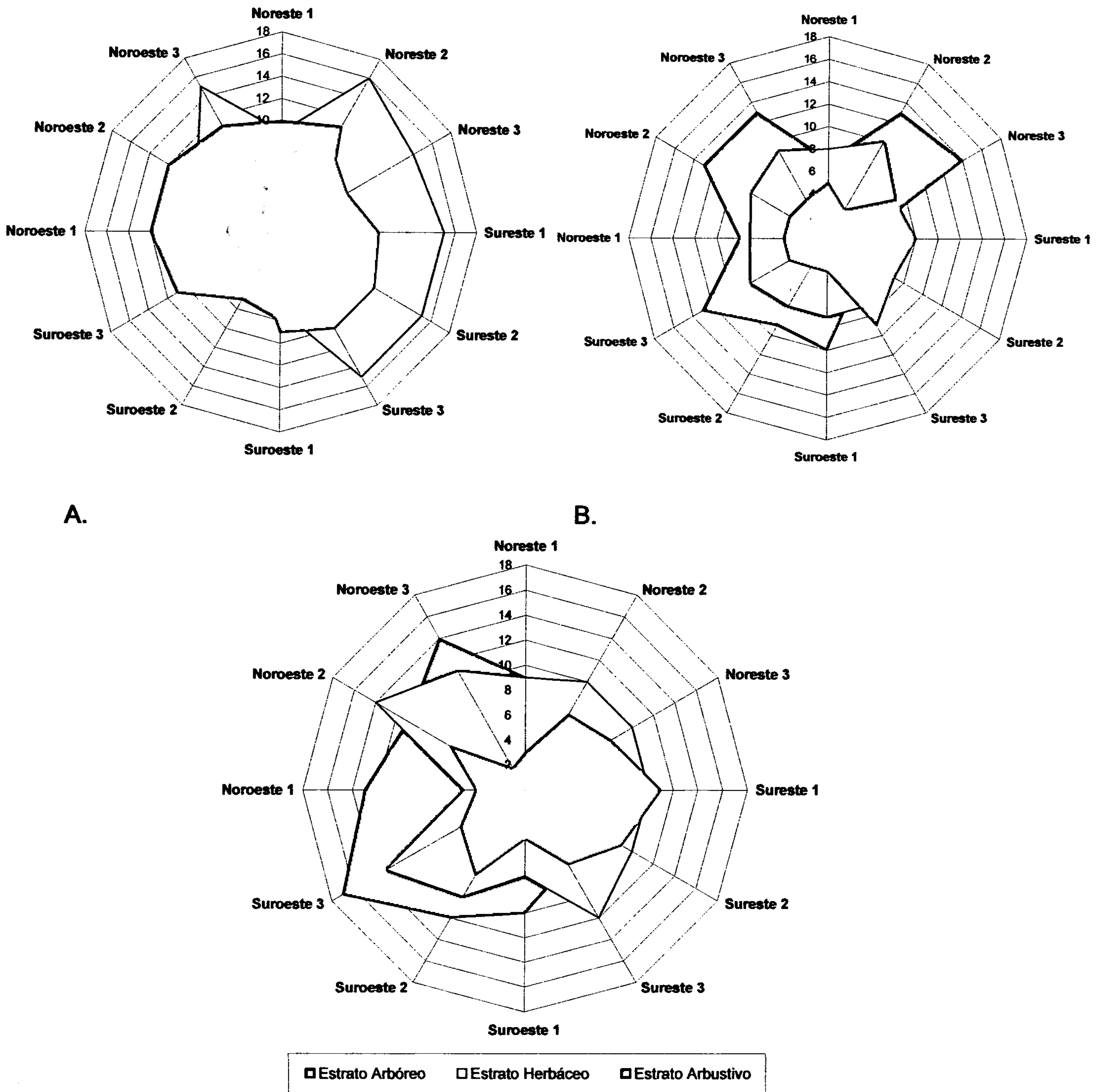
Gráfica 10.

Hábitos de crecimiento de la vegetación del volcán San Pedro.

En base a los hábitos de crecimiento observados, en el bosque del volcán 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%).

Resalta la elevada proporción de hierbas, arbustos y epifitas, las 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. Ya que no se limitan a un estrato vegetal dominante tanto en riqueza como en abundancia, más bien son bosques con diferentes especies arbóreas sobre las que crece una gran cantidad y variedad de epifitas y lianas, un sotobosque con arbustos de altura considerable, y numerosas herbáceas tolerantes a la sombra. (Gráfica 10)

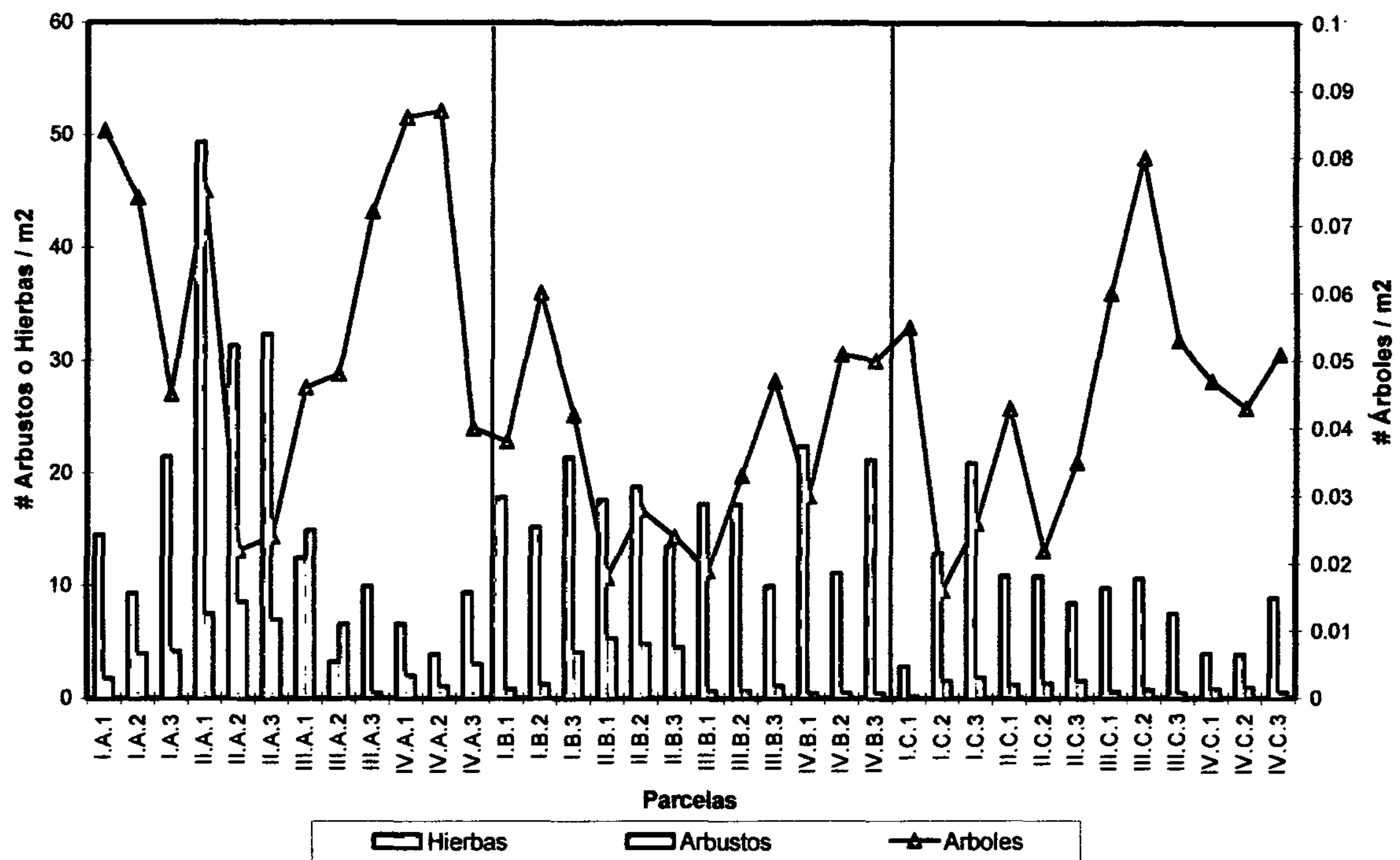
En cuanto a la distribución de la riqueza por hábito de crecimiento (gráfica 11), llama la atención que en los sitios en los que el estrato arbóreo presenta una elevada riqueza de especies (ladera suroeste y noroeste), la riqueza de arbustos y hierbas es relativamente baja. Lo contrario sucede cuando 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 (gráfica 12, 13 y 14). 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).



C.

Gráfica 11.

Riqueza de especies por hábito de crecimiento por parcela de Whittaker de 0.1 Ha, ordenada por rango altitudinal y exposición. A. 2,900 msnm; B. 2,700 msnm; C. 2,500 msnm.



Gráfica 12.

Abundancia por hábito de crecimiento (individuos / m²) por parcela de Whittaker. Pisos: A. 2,900 msnm; B. 2,700 msnm; C. 2,500 msnm. Exposición: I. NE, II. SE, III. SO, y IV. SE.

Tomando al diámetro y la altura promedio como indicadores del grado de adaptación que alcanzan las especies arbóreas y arbustivas en las distintas regiones del volcán, fue posible encontrar variaciones que a simple vista guardan mayor relación con los cambios en la exposición.

En el caso del estrato arbóreo, los mayores diámetros promedio fueron observados en la ladera sureste a 2,700 msnm (47 cms) y noroeste a 2,900 msnm (46 cms), y los menores diámetros promedio en la ladera sureste a 2,500 msnm (24 cms).

La mayor altura promedio en árboles fue observada en la ladera noreste a 2,500 msnm (17 mts), y la menor en la ladera suroeste a 2,900 msnm (9 mts).

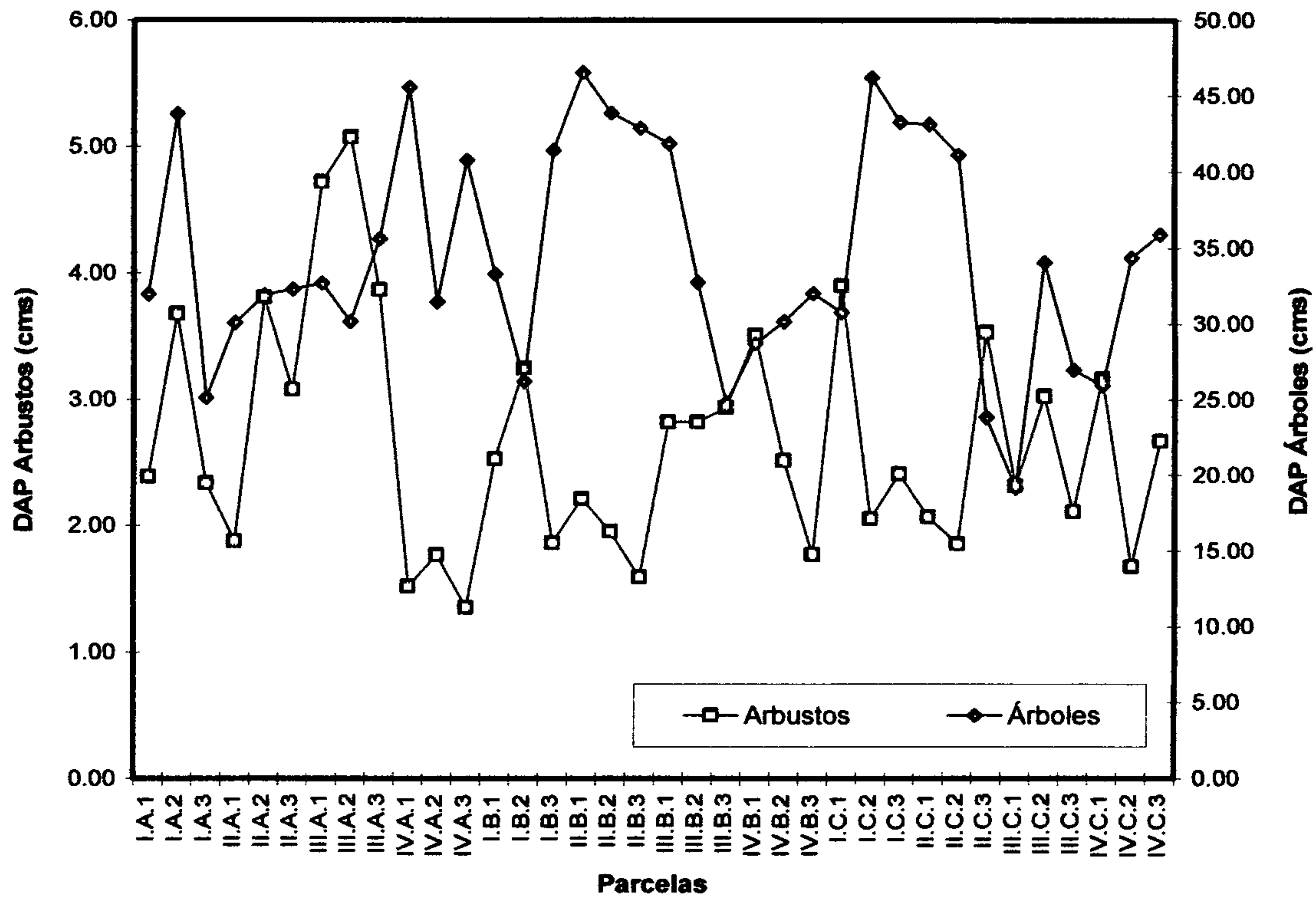
En el caso de arbustos la ladera suroeste a 2,900 msnm (5 cms), presentó el mayor diámetro, y la ladera sureste a 2,900 msnm (4 mts) la mayor altura.

En cuanto a las especies en particular, los árboles que mayores alturas alcanzaron en el volcán son: *Pinus pseudostrobus* (26 mts) en la ladera noreste y noroeste entre 2,600 y 3,020 msnm, *Quercus pilicaulis* (25 mts) en la ladera suroeste a 2,500 msnm, *Quercus crispifolia* (21 mts) en la ladera noroeste a 2,700 msnm, y *Alnus acuminata* (20 mts), *Oreopanax xalapensis* (20 mts) y *Phoebe salvinii* (20 mts), los tres en la ladera noroeste a 2,900 msnm.

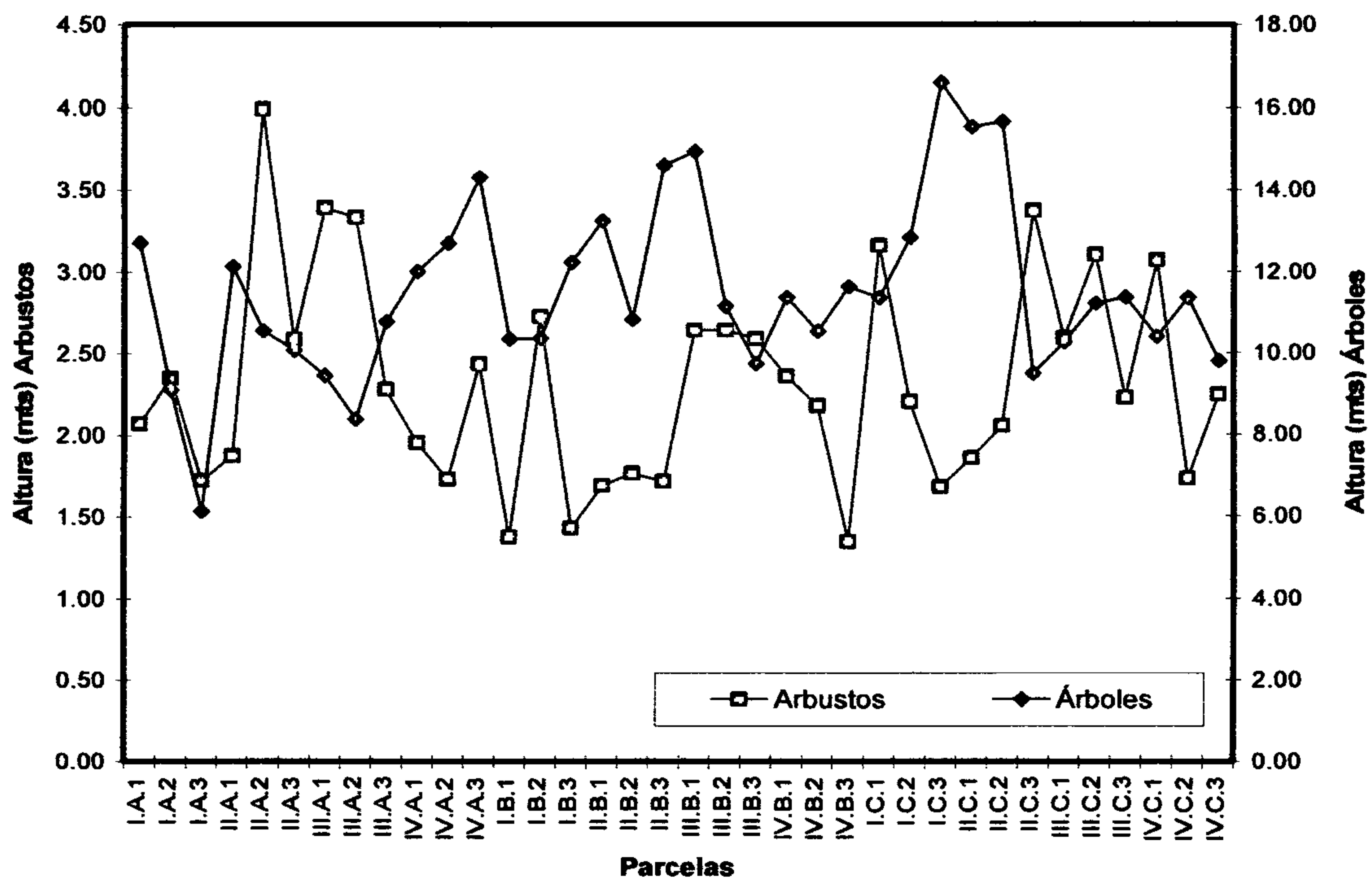
Los mayores diámetros promedio en árboles se observaron en: *Heliocarpus donell-smithii* (143 cm) en la ladera noroeste a 2,500 msnm, *Chiranthodendron pentadactylon* (137 cm) en la ladera noreste a 2,900 msnm, y *Quercus acatenangensis* (130 cm) en la ladera noreste a 2,500 msnm.

Si bien 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. Como es el caso en el antiguo cráter del volcán, en donde se observan ríos efímeros y anegamiento en época lluviosa, y en ciertas partes de la ladera sureste en donde debido a la pronunciada pendiente ocurren deslizamientos de suelo.

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 (mayor humedad, suelos fértiles, etc.), los que favorecen no solamente una alta densidad de especies, sino también el establecimiento de poblaciones numerosas.



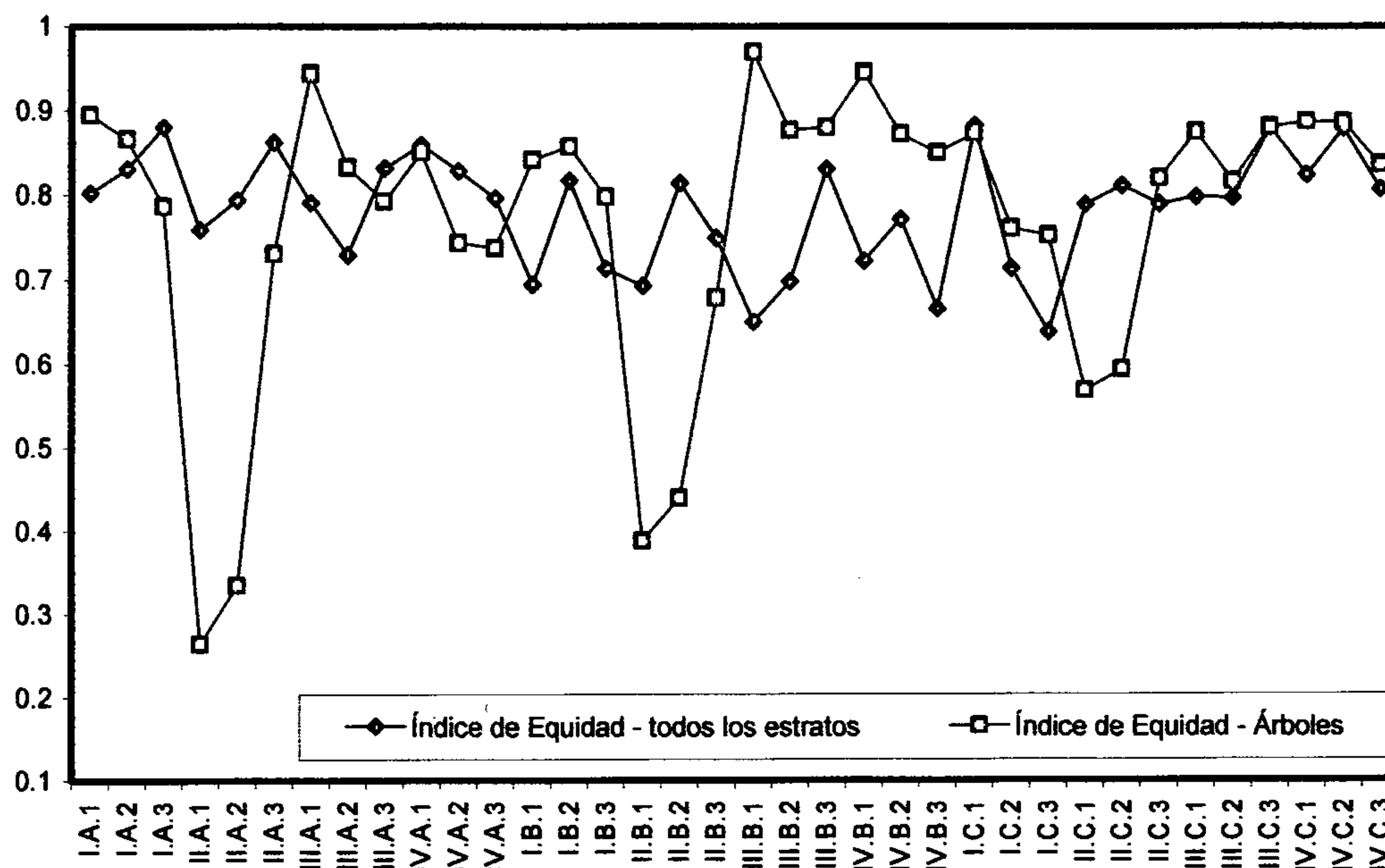
Gráfica 13. Diámetro a la altura del pecho promedio en árboles y arbustos (cm), por unidad experimental (Parcela de Whittaker).



Gráfica 14. Altura promedio en árboles y arbustos (mts), por unidad experimental (Parcela de Whittaker).

En la ladera sureste el bosque se encuentra dominado por sólo una especie de encino (*Quercus pilicaulis*), mientras que las otras especies arbóreas se encuentran en poblaciones muy reducidas. Condición que evidencia un bajo grado de equidad¹⁰, y 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.

Si se compara el índice de equidad entre las parcelas levantadas, se observa una abrupta disminución en la ladera sureste, fenómeno que se repite en los tres pisos altitudinales. Mientras que en las otras laderas el bosque mantiene una equidad no menor a 0.75 (elevada homogeneidad entre las poblaciones). Relación que coincide con los patrones que presentan los ensambles o asociaciones vegetales que se describen a continuación. (Gráfica 15)



Gráfica 15. Índice de Equidad por parcela, tomando todas las especies y sólo especies arbóreas. Pisos: A. 2,900 msnm; B. 2,700 msnm; C. 2,500 msnm. Exposición: I. NE, II. SE, III. SO, y IV. SE.

¹⁰ Índice de equidad= Diversidad de Shannon entre el logaritmo del número de especies (homogeneidad de la distribución de los individuos entre los taxa observados).

8.3 PATRONES ESPACIALES DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO

El análisis de la composición y abundancia de especies vegetales por parcela, empleando técnicas de clasificación (Twinspan) y agrupamiento¹¹, aporta elementos para considerar heterogénea a la vegetación del volcán a modo de un mosaico clímax de hábitats, acá referidos como ensambles vegetales¹².

Este mosaico es producto de la variabilidad ambiental, y procesos de sucesión y perturbación a nivel local (hecho que queda demostrado a la luz del análisis de ordenación). Se considera clímax porque si bien pueda que exista un cambio cíclico o microsucesión, este se encuentra asociado a factores ambientales locales por lo que una macrosucesión es poco probable (Poore y McVean, 1957).

Es importante señalar la existencia de un continuo dentro y entre ensambles, condición que queda evidenciada al considerar la cantidad de especies que se comparten o "traslapan" a lo largo de los gradientes ambientales. 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% (gráfica 16 y 17). Razón por la que sería arbitrario definir a estos ensambles de forma discreta.

Tomando en cuenta el elevado porcentaje de especies que se llegan a compartir entre localidades, se puede deducir el grado de interrelación que guardan muchos de los hábitats, por lo que es probable que en los sitios en donde se observó bajo traslape de especies (alta diversidad α), como es el

¹¹ 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.

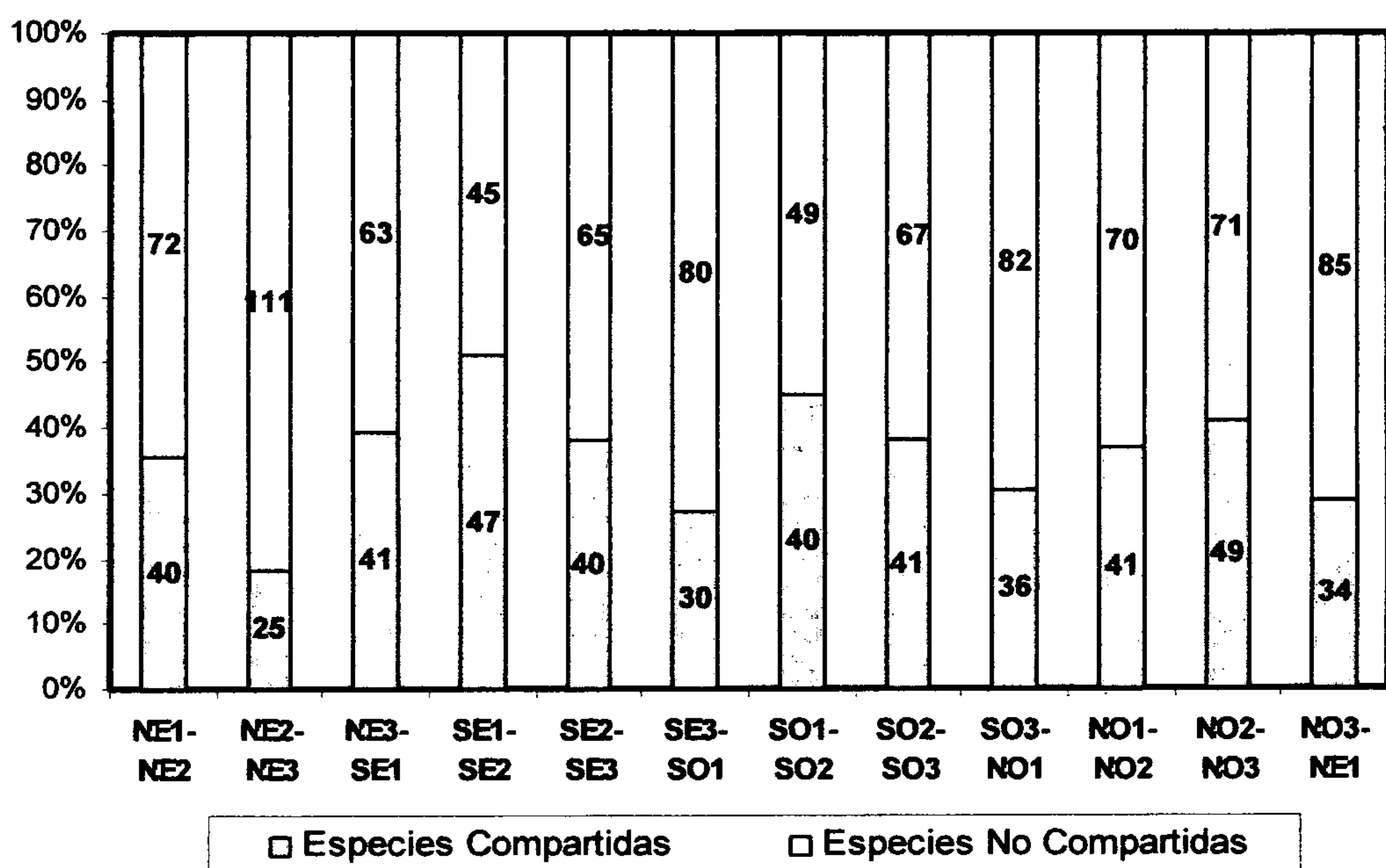
¹² El término ensamble puede corresponder a la definición de comunidad vegetal, en el sentido que la proporción de ciertas especies tiende a ser más o menos estable en comparación con la proporción de otras especies. Esto debido a que cada especie puede reaccionar de forma particular ante el ambiente 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)

caso de la exposición sureste de 2,500 a 2,700 msnm, se encuentre una zona de transición entre los ensambles vegetales (gráfica 18).

La vegetación del volcán se describe en función de dos grupos principales generados por los análisis de clasificación y ordenación, los cuales guardan entre sí 20% de similitud. (Anexo 4, figura 7 y 8)

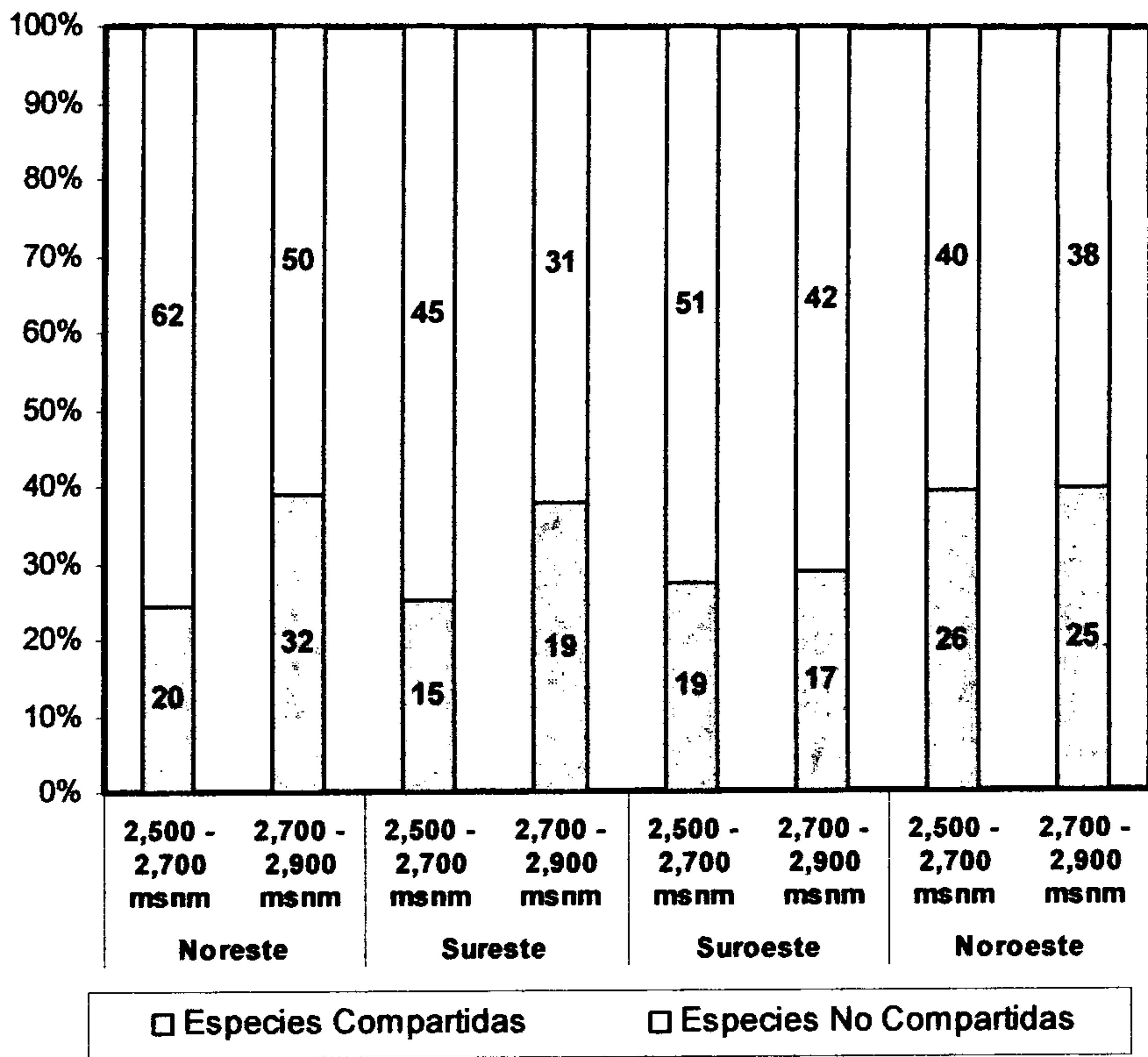
El primer grupo con 35% de similitud, corresponde al ensamble de especies: *Saurauia subalpina* / *Meliosma dives* / *Synardisia venosa* – *Solanum appendiculatum* – *Maianthemum flexuosum*. El segundo grupo con 25% de similitud, corresponde al ensamble: *Quercus pilicaulis* / *Arbutus xalapensis* / *Ceanothus azureus* – *Galium mexicanum* – *Salvia lasiantha*.

Al mismo tiempo, fue posible separar ciertos sitios que corresponden a zonas de regeneración. Estas zonas si bien forman parte de los dos ensambles principales, para fines prácticos se describen como un ensamble de especies propias de zonas perturbadas.

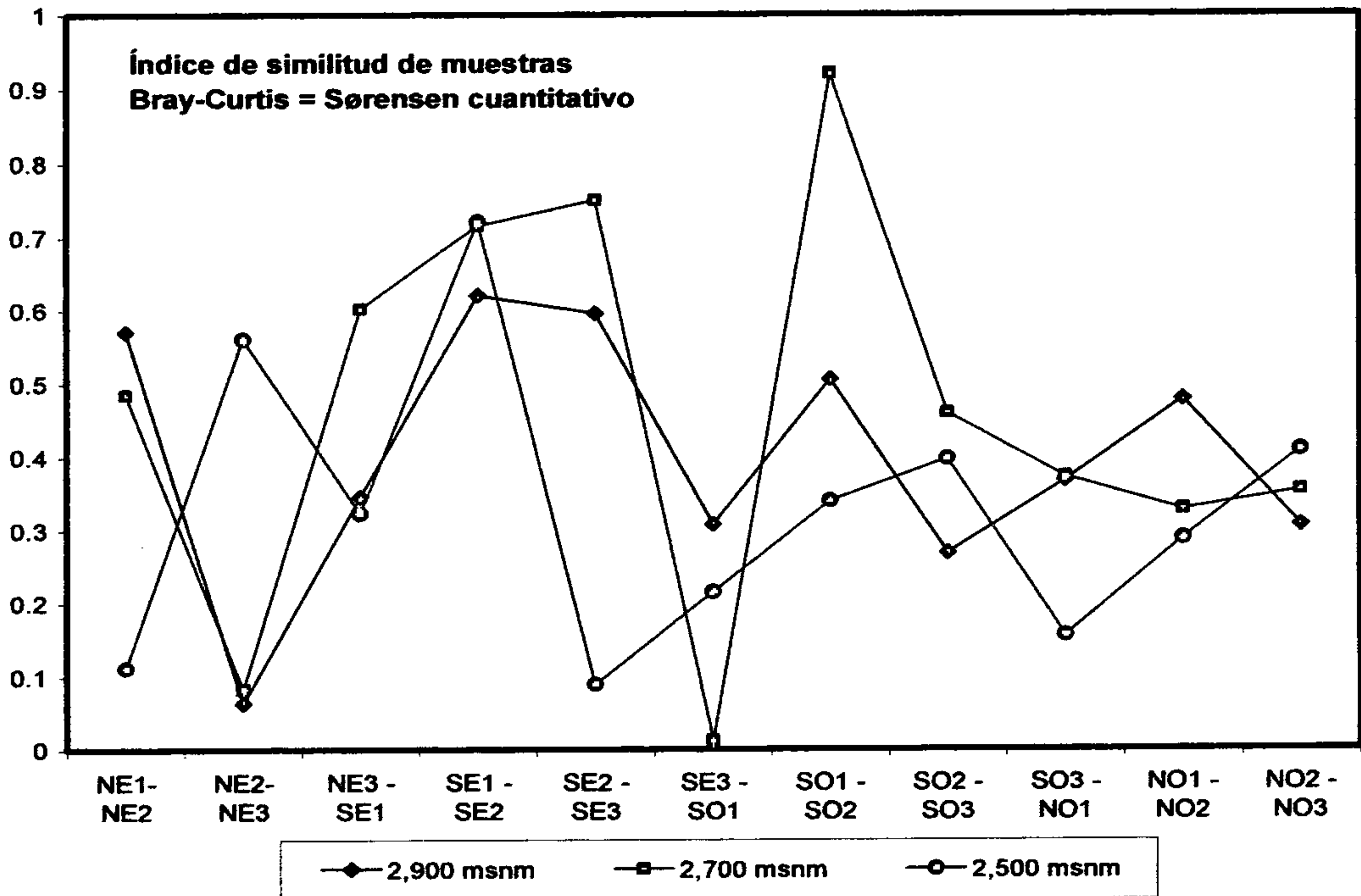


Gráfica 16.

Especies compartidas entre los doce rangos de exposición observados en el volcán San Pedro (30 grados), tomando como el centro de la circunferencia la cumbre del volcán.



Gráfica 17. Especies compartidas entre los tres rangos de altitud observados.



Gráfica 18. Índice Bray-Curtis, similitud entre parcelas (sitios) en los tres rangos de altitud y los rangos de exposición.

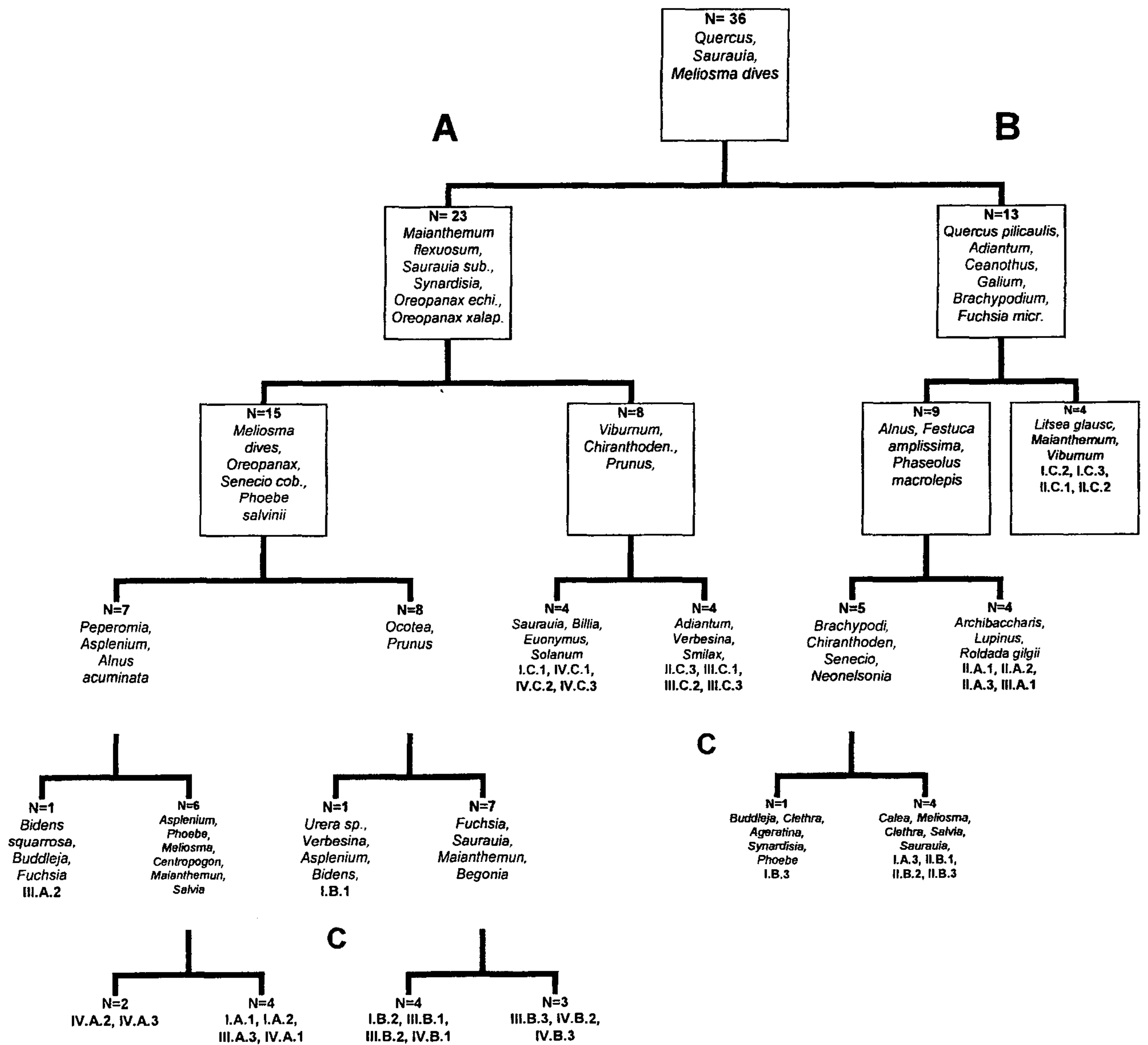


Figura 7. Dendrograma del Análisis de Clasificación: TWINSpan. Clasificación de parcelas de vegetación en el volcán San Pedro. A. Ensamble *Saurauia subalpina* / *Meliosma dives* / *Synardisia venosa* - *Solanum appendiculatum* - *Maianthemum flexuosum*, B. Ensamble *Quercus pilicaulis* / *Arbutus xalapensis* / *Ceanothus azureus* - *Galium mexicanum* - *Salvia lasiantha*, C. Zonas de Regeneración.

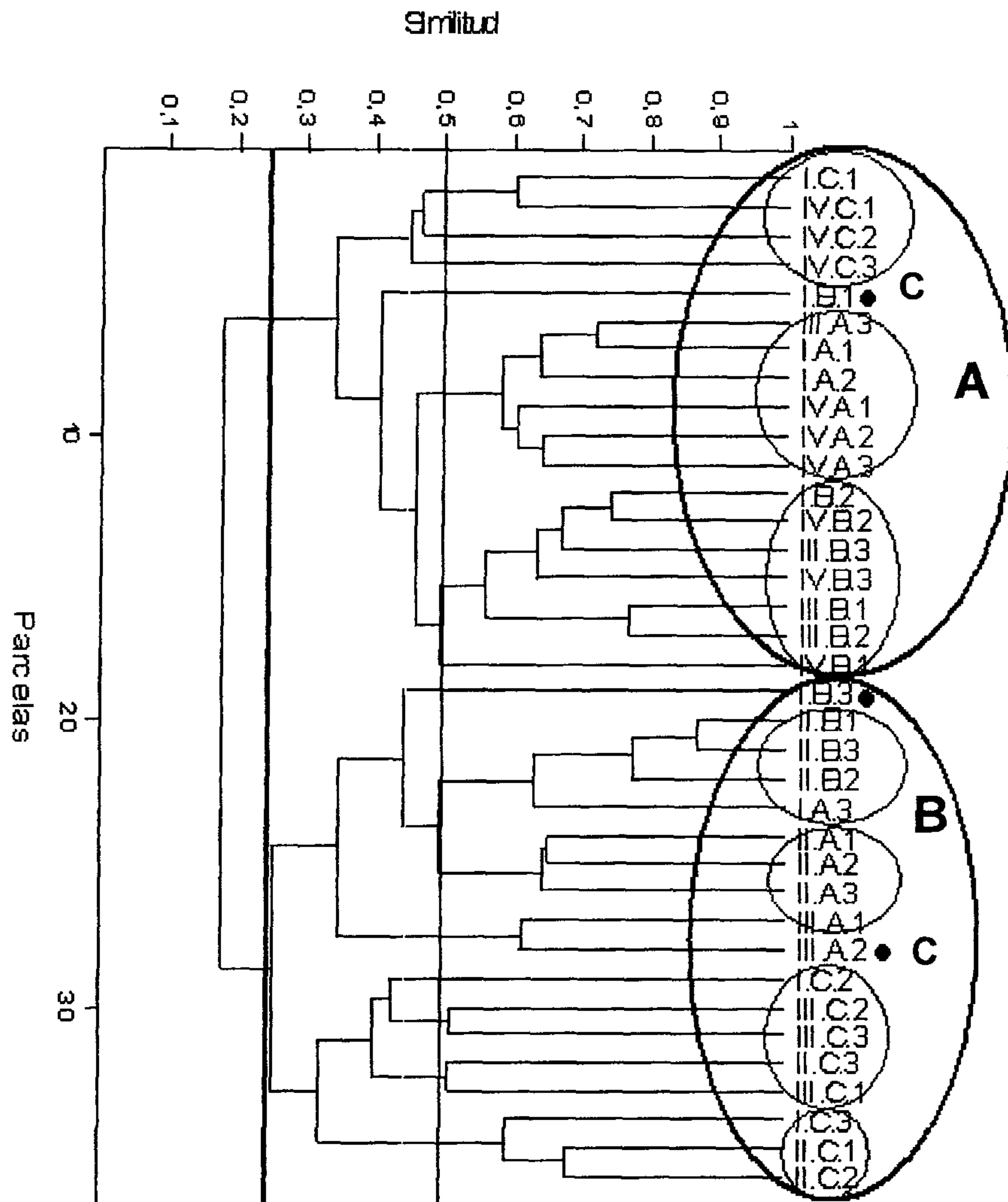


Figura 8.

Dendrográma del Análisis de agrupamiento de parcelas de vegetación en el volcán San Pedro. Medida de similitud: Índice de Sorensen. Exposición: I. Nordeste, 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.

8.3.1 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. Esta región del volcán se caracteriza por presentar mayor humedad debido al efecto de sombra,

condición que favorece la presencia de un mayor número de especies vegetales que es posible encontrar en poblaciones que guardan cierta equidad entre sí (figura 9, gráfica 15).

Entre las especies arbóreas que componen este ensamble se encuentran: *Saurauia subalpina*, *Synardisia venosa*, *Meliosma dives*, *Oreopanax echinops*, *Oreopanax xalapensis*, *Phoebe salvinii*, *Prunus salasii*, *Clethra pachecoana*, *Ocotea sp.*, *Quercus crispifolia*, *Rhamnus discolor*, *Fuchsia arborescens*, *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 (*Oreophasis 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 sp.*, *Piper Martensianum* y *Euonymus enantiophyllus*.

En general el estrato herbáceo se encuentra compuesto por especies que en su mayoría dependen de suelos con gran cantidad de materia orgánica y elevada humedad ambiental, como: *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*).

La gran cantidad de especies que se encuentran ocupando los distintos estratos vegetales, la densidad del dosel y la presencia de varias especies arbóreas subdominadas (*Synardisia venosa*, *Parathesis sp.*, *Saurauia subalpina*, *Saurauia oreophila*, *Cestrum sp.*), hacen que este bosque presente una estructura compleja con altos índices de productividad.

En términos generales el ensamble 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. (Figura 10)

8.3.2 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. Esta vertiente se caracteriza por estar expuesta a una mayor cantidad de radiación solar, por lo que la humedad que es depositada por las corrientes de aire húmedo se pierde rápidamente. (Figura 9)

El bosque se encuentra dominado por unas pocas especies (baja equidad), las cuales presentan resistencia a la desecación por el viento y el sol. (Gráfica 15)

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. Otras especies con hábito herbáceo que es posible observar son: *Adiantum andicola*, *Ageratina sp.*, *Archibaccharis corymbosa*, *Arenaria sp.*, *Bromus laciniatus*, *Calea integrifolia*, *Chimaphila maculata*, *Coaxana purpurea*, *Crotalaria sp.*, *Dahlia coccinea*, *Drymaria sp.*, *Euphorbia orizabae*, *Fuchsia microphylla*, *Galium sp.*, *Gaultheria odorata*, *Geranium andicola*, *Gnaphalium liebmanii*, *Hieracium irasuense*, *Lasiacis divaricada*, *Lupinus montanus*, *Neonelsonia acuminata*, *Phaseolus macrolepis*, *Psacalium pinetorum*, *Pteridium aquilinum*, *Roldana gilgii*, *Rubus sp.*, *Salmea scandens*, *Salvia cinnabarina*, *Schistocarpha sp.*, *Senecio acutangulus*, *Senecio barba-johannis*, *Senecio dorathophyllus*, *Stevia lucida var. oaxacana*, *Stevia polycephala*, *Teramnus sp.*, *Trisetum deyeuxioides*, *Vulpia bromoides* y *Zeugites munroanus*.

En este bosque es posible observar una gran riqueza y abundancia de epifitas, en especial: briofitas, líquenes (anexo 5), y bromélias. Hecho que concuerda con evidencias que demuestran que en regiones en las que el clima en el dosel del bosque es extremo, sin efecto búfer del suelo o de la humedad por transpiración, se favorece a especies capaces de sobrevivir en condiciones secas (Andersohn, 2004).

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 presenta rasgos que lo identifican con el bioma bosque de montaña, con especies vegetales en su mayoría procedentes de Norteamérica. (Figura 11)

8.3.3 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 (figura 9). En la ladera noreste a 2,860 msnm cerca del área de campamento, se encuentra una pequeño plan¹³ cubierto con densa vegetación arbustiva y herbácea (*Salvia spp.*, *Schistocarpha sp.*), con algunos árboles típicos de

¹³ Posiblemente producto del derrumbe de una de las paredes del antiguo cráter del volcán.

zonas de regeneración (*Urera sp.*, *Verbesina sp.*, y *Montanoa guatemalensis*).

Debido a que este tipo de ensamble es producto de perturbaciones a nivel local, las zonas de regeneración pueden ser hasta cierto punto imperceptibles, por lo que es difícil definir las en espacio y tiempo preciso.



**PRINCIPALES ENSAMBLES VEGETALES EN EL
BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO
RESERVA DE USOS MÚLTIPLES DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN**

Proyección UTM
Datum WGS_1984
Escala de presentación: 1:131,000
Fuentes: Mapa de Cobertura Forestal 1,999 MAGA
Capas Digitales de Curvas a Nivel Proyecto JICA
Mayo de 2,007

- Ubicación de los Principales
Ensamblajes Vegetales en el bosque
del Volcán San Pedro
- Ensamble vegetal *Saurauia subalpina*/filices adiva/*Synedrella verosa*-*Solanum appendiculatum* - *Mimantemum de rostratum*
 - Ensamble vegetal *Quercus piliculis*/*Arbutus xalapensis*/*Ceanothus aureus*-*Galium mexicanum*-*Salvia lasiantha*
 - Ensamble vegetal de zonas de Regeneración



Figura 10. Perfil Vegetal del ensamble *Saurauia subalpina* / *Meliosma dives* / *Synardisia venosa* – *Solanum appendiculatum* – *Maianthemum flexuosum*

Leyenda: *Meliosma dives* (*M.dives*), *Cestrum* sp. (*Cest*), *Saurauia oreophila* (*S.orep*), *Saurauia subalpina* (*S.sub*), *Clethra mexicana* (*C.mexi*), *Parathesis* sp. (*Parath*), *Alnus acuminata* (*Al.ac*), *Chiranthodendron pentadactylon* (*C.penta*), *Oreopanax xalapensis* (*O.xala*), *Oreopanax echinops* (*O.echi*), *Synardisia venosa* (*S.ven*).

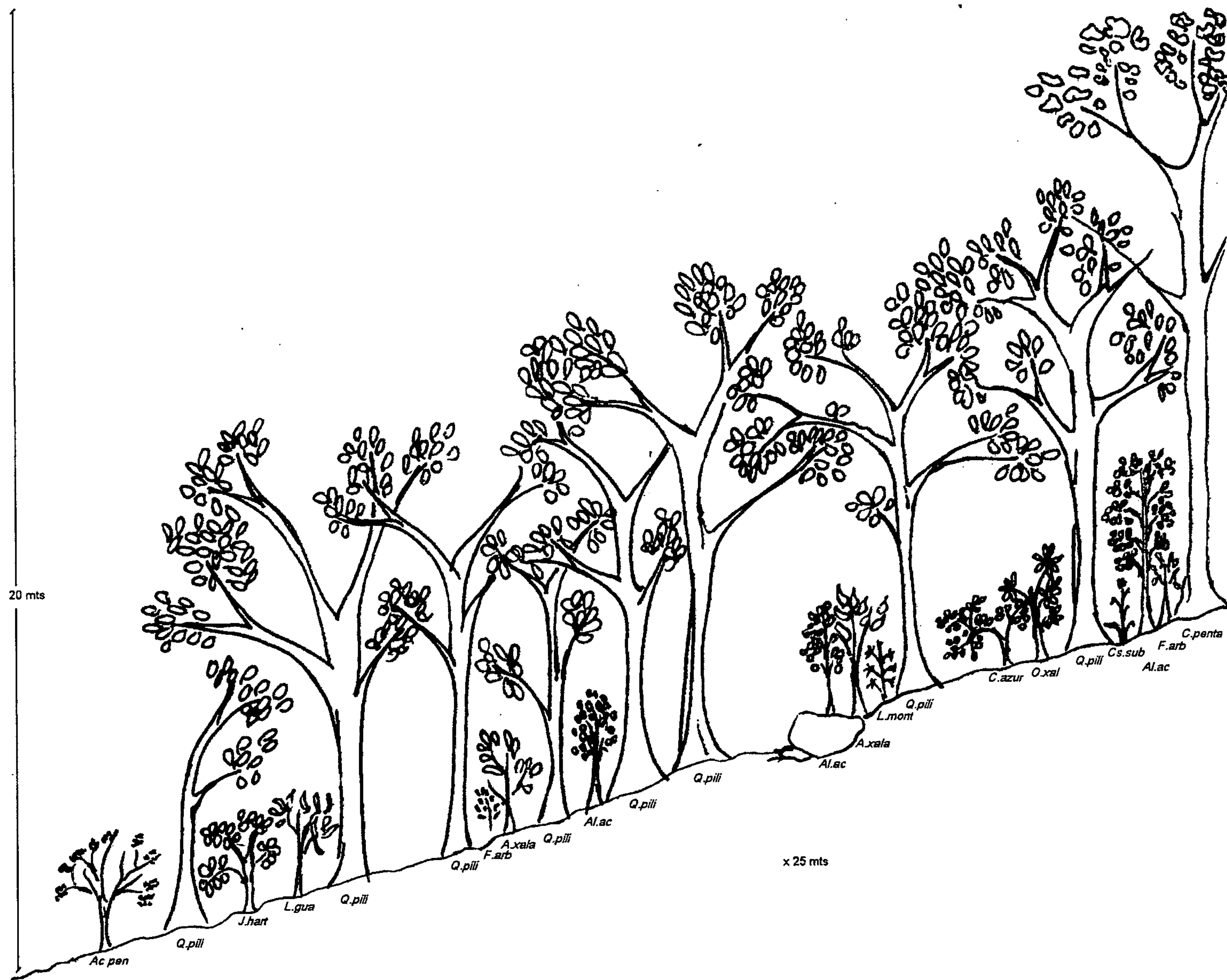


Figura 11. Perfil Vegetal del ensamble *Quercus pilicaulis* / *Arbutus xalapensis* / *Ceanothus azureus* - *Galium mexicanum* - *Salvia lasiantha*.

Leyenda: *Quercus pilicaulis* (Q.pili), *Acacia pennatula* (Ac.pen), *Arbutus xalapensis* (A.xala), *Litsea guatemalensis* (L.gua), *Viburnum hartwegii* (J.hart), *Ceanothus azureus* (C.azur), *Cirsium subcoreaceum* (Cs.sub), *Alnus acuminata* (Al.ac), *Fuchsia arborescens* (F.arb), *Lupinus montanus* (L.mont), *Chiranthodendron pentadactylon* (C.penta), *Oreopanax xalapensis* (O.xala).

8.4 DINÁMICA ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN SAN PEDRO

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. Esto se interpreta en base al elevado valor de la raíz característica (eigenvalue de 0.82) y la longitud del gradiente para el primer eje (3.02 – 3.51 y 4.02 – 4.14) producto de DCA, lo que sugiere un cambio en la composición de especies entre sitios definido por el gradiente ambiental relacionado con el primer eje. 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 en la vegetación del volcán.

En base al 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 12).

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. A partir de lo cual se puede deducir que el gradiente de exposición (humedad), determina en mayor medida las variaciones observadas en la vegetación del volcán.

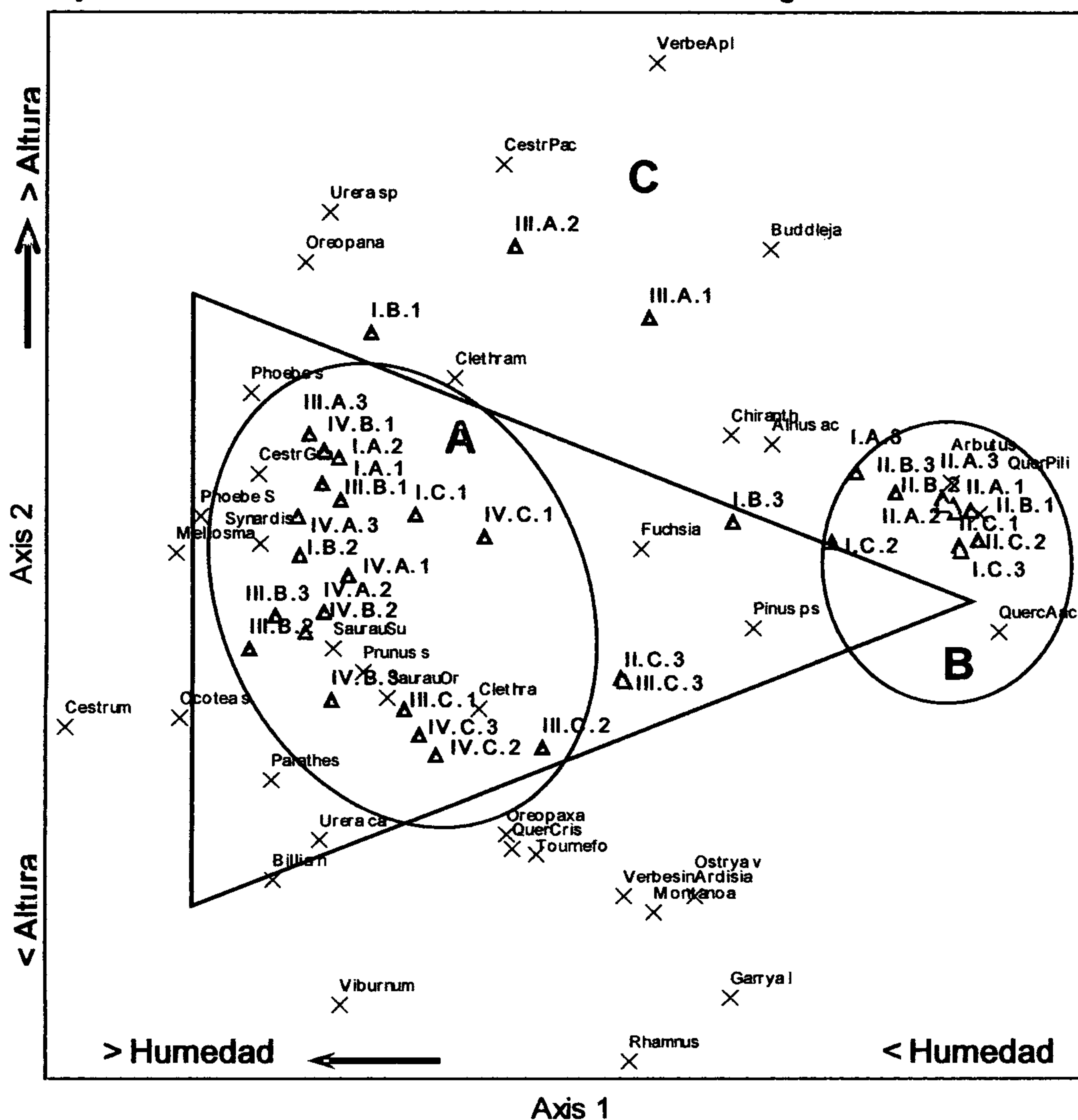


Figura 12. Gráfico del Análisis de Correspondencia Rectificado (DCA). Ordenación indirecta de Parcelas (Triángulos) y Especies (X) a lo largo de los gradientes representados por los dos ejes principales, eje 1 (0.82 Eigenvalue) asociado al gradiente de humedad, y eje 2 (0.32) asociado al gradiente de altura. 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. 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).

8.5 CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS SOBRE EL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO

8.5.1 ETNOBOTÁNICA DEL VOLCÁN SAN PEDRO

La colecta de material vegetal además de permitir conocer la composición de especies del bosque del volcán permitió conocer la riqueza etnobotánica asociada al mismo.

Consultas con personas de las comunidades de San Pedro la Laguna y Santiago Atitlán, así como la revisión de estudios etnobotánicos del área, permitieron tener una buena aproximación al uso que le es dado a muchas de las plantas que se encuentran creciendo naturalmente en el área.

Se reporta un total de 87 especies vegetales sujetas a extracción. Estas son utilizadas como medicina, alimento, ornamento, para construcción, y en rituales mágicos o costumbres. (Anexo 6)

De la información etnobotánica a la que se tuvo acceso, resalta el hecho que hasta hace pocos años existió extracción intensiva de productos no maderables en los bosques del volcán San Pedro. Esta práctica fue realizada principalmente por las nueve cofradías de San Pedro la Laguna en época de Semana Santa y Navidad, períodos del año en los que se emplea grandes cantidades de musgo gris (*Tillandsia usneoides*), hojas de palma de Kip (*Chamaedorea rojasiana* y *C. keeleriorum*), pata de gallo (*Tillandsia spp.*), hoja de Koj'ots (*Clusia sp.*), y flor de la orquídea conocida como Ixquin' Chey (*Epidendrum sp.*). Estas plantas se utilizan principalmente como adorno en arcos de Semana Santa, andas procesionales, y en los altares de la iglesia y de las casas de las cofradías. (Pardo, 2002)

En algún momento la búsqueda y extracción de flora útil se dejó de realizar en el bosque del volcán San Pedro, debido a que cada vez fue más difícil encontrar estas plantas. Esta sobre extracción puede ser una de las

principales causas por la que varias poblaciones naturales se encuentren muy reducidas en la actualidad, como se pudo constatar en el caso de las palmas (*Chamaedorea spp.*), la orquídea Ixquín' Chey, y el helecho Ala de Angel (*Lophosoria sp.*), entre otras.

8.5.2 EL PAVO DE CACHO (*Oreophasis derbianus*)

El pavo de cacho es una especie endémica del sur de México y Guatemala, considerada en peligro crítico por la UICN debido a la creciente reducción y fragmentación de su hábitat y por cacería. Los crácidos, familia a la que pertenece esta ave, son excelentes bioindicadores de la calidad de los bosques por ser susceptibles a la destrucción del hábitat. (Brooks y Strahl, 2000)

El bosque del volcán San Pedro es una de las pocas áreas en las que todavía es posible encontrar poblaciones de esta ave. En este bosque se logró detectar por lo menos 10 especies vegetales que son parte de la dieta del mismo. Entre las que llama la atención, el Aguacatillo (*Phoebe salvinii*, *Phoebe sp.*, *Ocotea sp.*), Canak (*Chiranthodendron pentadactylon*), Mano de León (*Oreopanax echinops* y *O. xalapensis*), Duraznillo de montaña (*Prunus salasi*), y la especie *Meliosma dives*. Árboles presentes en poblaciones importantes en la ladera noroeste entre los 2,500 y 3,020 msnm, área en la que es frecuente observar a este crácido. (Anexo 7)

Estudios realizados en Chiapas (González-García, 2005; citado por Cobar, 2006) y en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango (Cobar, 2006), sobre la dieta del pavo de cacho, reportan un gran número de especies vegetales que es posible observar en el volcán, entre ellas: *Synardisia venosa*, *Parathesis sp.*, *Lycianthes sp.*, *Saurauia oreophila*, *Litsea glaucensens*, *Hedyosmum mexicanum*, *Miconia sp.*, *Pasiflora membranacea*, *Quercus sp.*, *Eupatorium sp.*, *Anthurium sp.*, *Smilax jalapensis*, *S. mollis*, *S. lanceolata*, *Rhamnus capraeifolia*, *Cestrum aff.*

guatemalense, *Trema micrantha*, *Urera caracasana*, y *Citharexylum mocinni*.

No obstante la disponibilidad de alimento en el bosque del volcán, la permanencia de la especie a largo plazo no se encuentra garantizada debido a la gran vulnerabilidad que presenta por encontrarse estrechamente ligada a procesos estocásticos del ecosistema y al creciente aislamiento con respecto a poblaciones de mayor tamaño reportadas en los volcanes Tolimán y Atitlán. Por lo que las acciones de protección y manejo deben inclinarse a identificar los posibles “corredores virtuales”¹⁴ que el pavo de cacho pueda tener dentro del área. Tomando en cuenta que estos corredores, según estudios realizados por Pe'er *et al.* (2005), evolucionan de acuerdo a la respuesta de los animales a los gradientes de elevación, temperatura, humedad, y factores antropogénicos.

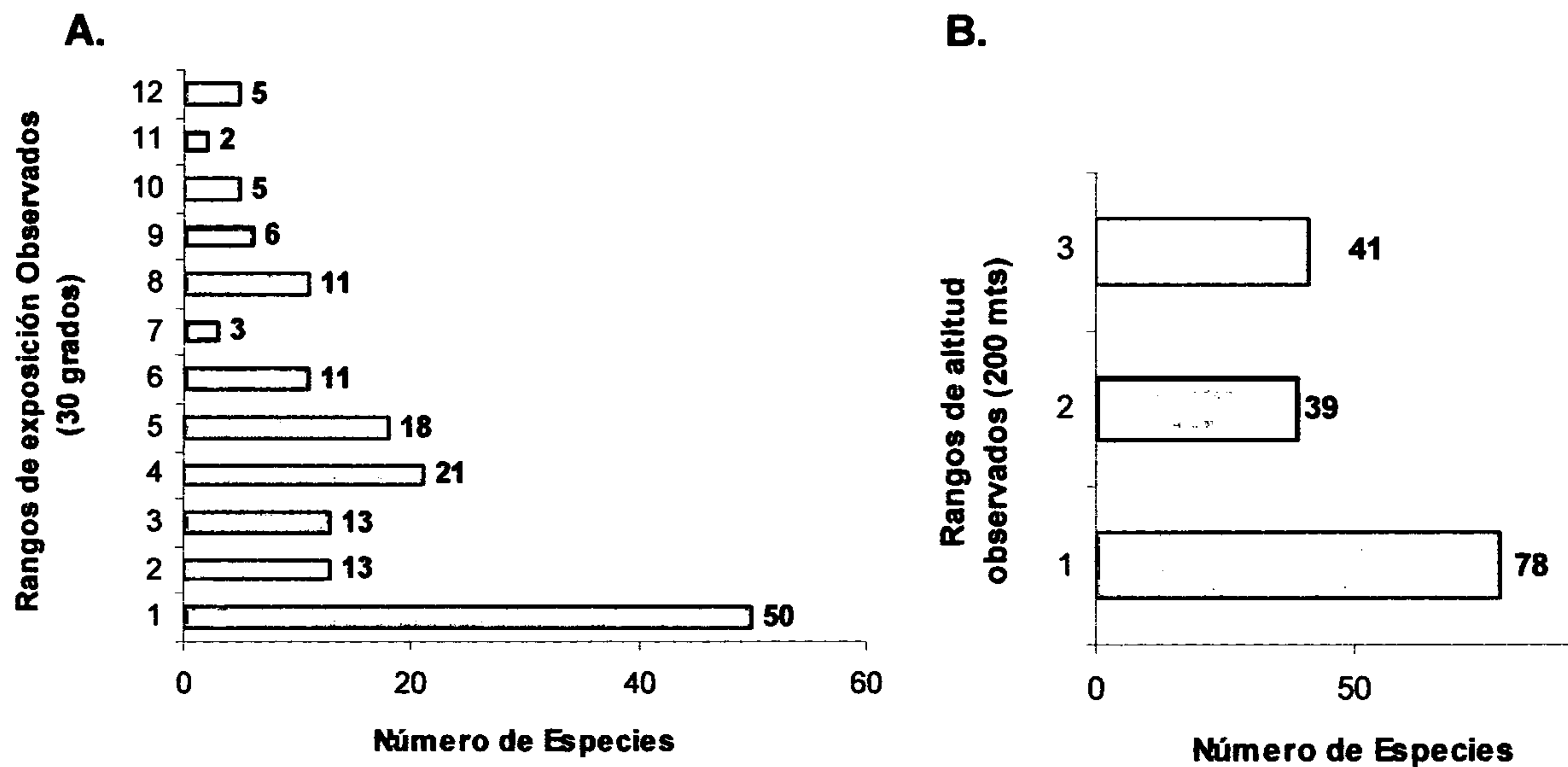
8.6 ELEMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO

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, muchas de estas restringidas a sitios puntuales dentro del área. Esta situación es más evidente si se considera los rangos de distribución observados por especie.

En la grafica 19, se aprecia 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. Por lo que las estrategias de conservación deberán considerar cada una de sus partes como un hábitat único.

¹⁴ Un corredor virtual se define como la respuesta de los animales a ciertos aspectos de la heterogeneidad espacial logrando canalizar los movimientos hacia rutas específicas que puedan ser similares a su entorno (Pe'er *et al.*, 2005).



Gráfica 19.

Rangos de distribución observados por especie. A. Rangos de exposición observados por especie. B. Rangos de altitud observados por especie.

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. A lo que hay que sumar las especies que se reportan como vulnerables o en peligro de extinción a nivel regional (74 spp. - anexo 8).

No obstante, el hecho que tome mucho tiempo para que una deuda de extinción sea saldada (hasta un siglo en algunas áreas) 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 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 se debe considerar en el caso de la vegetación del volcán, ya que determina la adaptabilidad de la población (persistencia 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 (p.e. la estimación del tamaño poblacional mínimo viable para *Senecio integrifolius* es de 2,518 individuos) (Widén, 1993; citado por Reed, 2005). Reed (2005), recomienda que las poblaciones en los hábitats naturales deben ser protegidas, con el objeto que mantengan el 95% de la adaptabilidad original, debido a variaciones estocásticas del ambiente.

Según estimados calculados en base a los resultados del presente estudio, las poblaciones vegetales del volcán se encuentran entre un rango de 105 individuos (*Montanoa guatemalensis* y *Ostrya virginiana*), y 6 a 7 millones de individuos (*Arracacia donnell - smithii* y *Festuca amplissima*, respectivamente). Y por lo menos 20 especies (en especial 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 se deberá no solamente considerar la protección de los hábitats naturales del volcán, sino también la recuperación de los mismos por medio de restauración.

9. CONCLUSIONES

- I. El bosque natural del volcán San Pedro presenta una riqueza de 415 especies vegetales agrupadas en 3 divisiones taxonómicas: Pteridophyta 9%, Pinophyta 1%, y Magnoliophyta (Liliopsida - 18%, y Magnoliopsida 72%); y 102 familias botánicas. La riqueza de especies en relación al área total del bosque del volcán es de 4.12 especies por Ha.
- II. Entre las familias mejor representadas se encuentran: Asteraceae (17.5%), Orchidaceae (6.6%), Poaceae (4.6%), Solanaceae (3.6%) y Fabaceae (3.2%).
- III. En el bosque del volcán San Pedro fue posible identificar siete estratos vegetales, según los hábitos de crecimiento observados: Hierbas (36%), Arbustos (22%), Epifitas (14%), Árboles (13%), Lianas (11%), Epipétricas (3%), y Parásitas (1%).
- IV. El análisis de clasificación con Twinspan, aporta evidencia que apoya la existencia de dos grupos o ensambles principales de especies en el bosque del volcán San Pedro, los cuales según el análisis de agrupamiento con el índice de Sørensen guardan similitud del 20%.
- V. El ensamble *Saurauia subalpina* / *Meliosma dives* / *Synardisia venosa* – *Solanum appendiculatum* – *Maianthemum flexuosum*, localizada en la ladera suroeste, noroeste y parte de la noreste, desde los 2,400 a los 3,020 msnm.
- VI. Y el ensamble *Quercus pilicaulis* / *Arbutus xalapensis* / *Ceanothus azureus* - *Galium mexicanum* – *Salvia lasiantha*, que se localiza en parte de la ladera noreste y la ladera sureste del volcán San Pedro, desde los 2,400 msnm hasta la cumbre del volcán, a 3,020 msnm.
- VII. Se infiere que existe continuidad entre los dos ensambles vegetales en base a la cantidad de especies que se comparten o “traslapan” a lo largo de los gradientes de altitud y exposición.

-
- VIII. El análisis de ordenación indirecta (DCA), determinó que la alta correspondencia entre sitios y especies se debe principalmente al gradiente de exposición (humedad) que presenta el volcán.
- IX. Si bien, el gradiente de humedad es el que determina en gran medida la distribución de la vegetación en el volcán, 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.
- X. Los resultados del análisis de ordenación guardan fuerte relación con los grupos identificados mediante el análisis de clasificación, lo que da mayor validez al mismo.

10. RECOMENDACIONES

El área natural del volcán San Pedro junto con las cumbres de los volcanes vecinos forma parte de un archipiélago de islas de hábitats (figura 4), en los cuales es posible observar poblaciones muy reducidas de especies en peligro de extinción, como es el caso del pavo de cacho. La presencia de la especie en el bosque del volcán es un buen indicador de la salud del mismo.

Sobre esta base, será necesario realizar estudios que busquen conocer el flujo de especies que pueda existir entre el volcán y las zonas aledañas, con el objeto de establecer sitios prioritarios para la conservación y el manejo. Esto busca evitar que el parche de bosque del volcán quede completamente aislado, hecho que podría acelerar una posible deuda de extinción y comprometer a muchas de las especies que aun conserva.

En términos generales, el manejo del área natural deberá estar encaminado a reducir el impacto que la actividad turística produce en los hábitats ya de por sí vulnerables, monitorear a las especies indicadoras del volcán, dar protección especial a la comunidad vegetal de la cual dependen directamente, y restablecer o fortalecer la conectividad con los volcanes Atitlán, Tolimán y Paquisis.

11. REFERENCIAS

- Andersohn C. Does Tree Height Determine Epiphyte Diversity? USA: Selbyana, 2004. Vol. 25, 1:101-117.
- Alroy J. Methods for removing sampling biases from diversity curves. Paleobiology. 1998; 20:191-207.
- Aguirre GG. La Cruz de Nimajuyú: Historia de la Parroquia de San Pedro la Laguna. Guatemala: Oficina del Arzobispado de Guatemala, 1972. 474p.
- Barrientos R A. Estudio de la composición florística de las comunidades de Mangle comprendidas entre Laguna Grande y la Barra Sarstún, área de protección especial Río Sarstún, Livingston, Izabal. Guatemala: Universidad de San Carlos (Tesis de graduación, Facultad de Agronomía) 2002. vii + 78p.
- Beaman J. A preliminary ecological study of the alpine flora of Popocatepetl and Iztaccihuatl. Bol. Soc. Bot. Mex. 1960; 29:63-75.
- 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.
- 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.
- Bonham CD. Measurements for Terrestrial Vegetation. USA: Wiley – Interscience Publication, 1989. 338p.
- Breedlove DE. The Phytogeography and Vegetation of Chiapas (México). 1988:149-165.
- 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.

- Cardelús CL, Colwell R, Watkins JE. Vascular epiphyte distribution patterns: explaining the mid-elevation richness peak. British Ecological Society, 2005. Vol. 94:144-156.
- Castro F. Diagnóstico del Parque Nacional Volcán de Pacaya y Propuesta de Plan de manejo. Guatemala: INAB, 1998.
- 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.
- Centro de Datos para la Conservación (CDC- Cecon). Jerarquización de las Comunidades Vegetales de Guatemala. Guatemala: Centro de Estudios Conservacionistas - USAC, The Nature Conservancy. Doc. Tec., 1999. 25p.
- 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.
- Cobar A. Distribución actual y selección de sitios para el estudio y conservación del Pavo de Cacho (*Oreophasis derbianus* G.R. Gray, 1844) en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango, Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (tesis de graduación, Fac. CC. Q. Y Farmacia), 2006. 98p.
- 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.
- CONAP – Enma Díaz & Consultores Asociados. Plan Maestro del Área de usos Múltiples “Volcán de Ipala – Agua Blanca”. Guatemala: CONAP, 2001. 88p.

- De la Cruz J. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - INF- DIGESA, 1982. 42p.
- Díaz-Francés E, Soberón J. Statistical Estimation and Model Selection of Species-Accumulation Functions. *Conservation Biology*. April 2005. Vol.19, 2:569-573.
- 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.
- Dunn RR. Bromeliad Communities in Isolated Trees and Three Successional Stages of an Andean Cloud Forest in Ecuador. USA, Selbyana, 2000. Vol.21, 1 y 2:137-143.
- Estrada C. Distribución altitudinal de las comunidades forestales en la parte media de la subcuenca Río Raxón Tzunúm, Reserva de la Biosfera Sierra de Las Minas. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala (Tesis de graduación de Ing. Forestal) 1999. 98p.
- FUNCEDE. Diagnóstico del Departamento de Sololá y Municipio de San Pedro la Laguna. Guatemala: Funcede, OIM, Fonapaz, 1997.
- García B. Estudio del dosel de la selva nublada del biotopo Universitario para la conservación del Quetzal, "Mario Dary Rivera". Guatemala: Universidad de San Carlos (tesis de graduación, Facultad de CC. Q. Y Farmacia), 1998.
- Gerace JB. Factors controlling Species density in herbaceous communities. *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics*. Jun 1999; Vol.2, 1:1-28.
- Godoy JC. Los Volcanes de Guatemala: Identificación y Priorización para su manejo dentro de la estrategia de desarrollo del Sistema guatemalteco de áreas protegidas (SIGAP). Guatemala: CONAP/ USAID, Doc. Tec. No. 7, 1999. 56p.

- González O. Composición forestal remanente entre 400 y 1,200 msnm, de la subcuenca del Río Raxón Tzunúm, Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Panzos, Alta Verapaz. Guatemala: Universidad del Valle (Tesis de graduación Ing. Forestal) 1999. iv + 63p.
- Guerra D. Estudio de las Comunidades Vegetales del complejo Calahuala, *Polypodiaceae*, de uso medicinal en la cuenca del Río las Escobas, Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal. Guatemala: Universidad de San Carlos (tesis de graduación, Facultad de Agronomía), 2004. 63p.
- Hammer DA, Harper T, Ryan PD. PAST - PAlaeontological STatistics, ver. 1.13. 2003. 63p.
- Heinrich W. Zonas de Vegetación y Clima. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1ª reimpresión, 1994.
- Instituto Geográfico Nacional. Diccionario Geográfico de Guatemala. Guatemala: Instituto Geográfico Militar. Vols 3, Vol. 3, 1980.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) – Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA). Características de la Población y de los locales de habitación, XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación. Guatemala: INE, 2003. 38p.
- Islebe GA. Lista de la flora del Bosque Subalpino de los altos Cuchumatanes, Guatemala. Brenesia 1993; 39-40:131-135.
- Islebe GA, Velásquez A. Affinity among mountain ranges in Megamexico: A phytogeographical scenario. Vegetatio 1994; 115:1-9.
- Islebe GA, Velásquez A, Cleef AM. High elevation coniferous vegetation of Guatemala: A phytosociological approach. Vegetatio 1995; 116:7-23.
- Krebs CJ. Ecological Methodology. 2nd ed. USA, Canada: Addison - Welsey Educational Publishers, Inc. 1999. 581p.
- Kirkland S. Atitlán, an archaeological study of ancient remains on the borders of the lake Atitlán, Guatemala. Washington: Carnegie institution, No. 444, 1933.

-
- Lubertazzi D, Tschinkel W. Ant community change across a ground vegetation gradient in north Florida's longleaf pine flatwoods. *Journal of Insect Science* 2003; 3:17pp. Online: insectscience.org/3.21
 - MacVean AL. Plantas Útiles de Sololá. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala 2006. 222p.
 - 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.
 - 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.
 - Newhall CG. Geology of the Lake Atitlán region, western Guatemala. *J. of Volcanology and Geothermal Research* 1987; 33:23-55.
 - Ordóñez N, et al. Mamíferos menores y entomofauna del bosque nuboso del área núcleo de la reserva de Biosfera La Fraternidad, Guatemala. Guatemala: Centro de Datos para la Conservación, CECON, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 45p.
 - Páiz Y. Estudio florístico de Comunidades Vegetales de la Península de Manabique, Izabal. Guatemala: Universidad de San Carlos (Tesis de graduación, Facultad de Agronomía) 2001. 83P.
 - 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.
 - Pe'er G, Saltz D, Frank K. Virtual Corridors for Conservation Management. USA: *Conservation Biology*, Dic. 2005. Vol.19, 6:1997-2003.

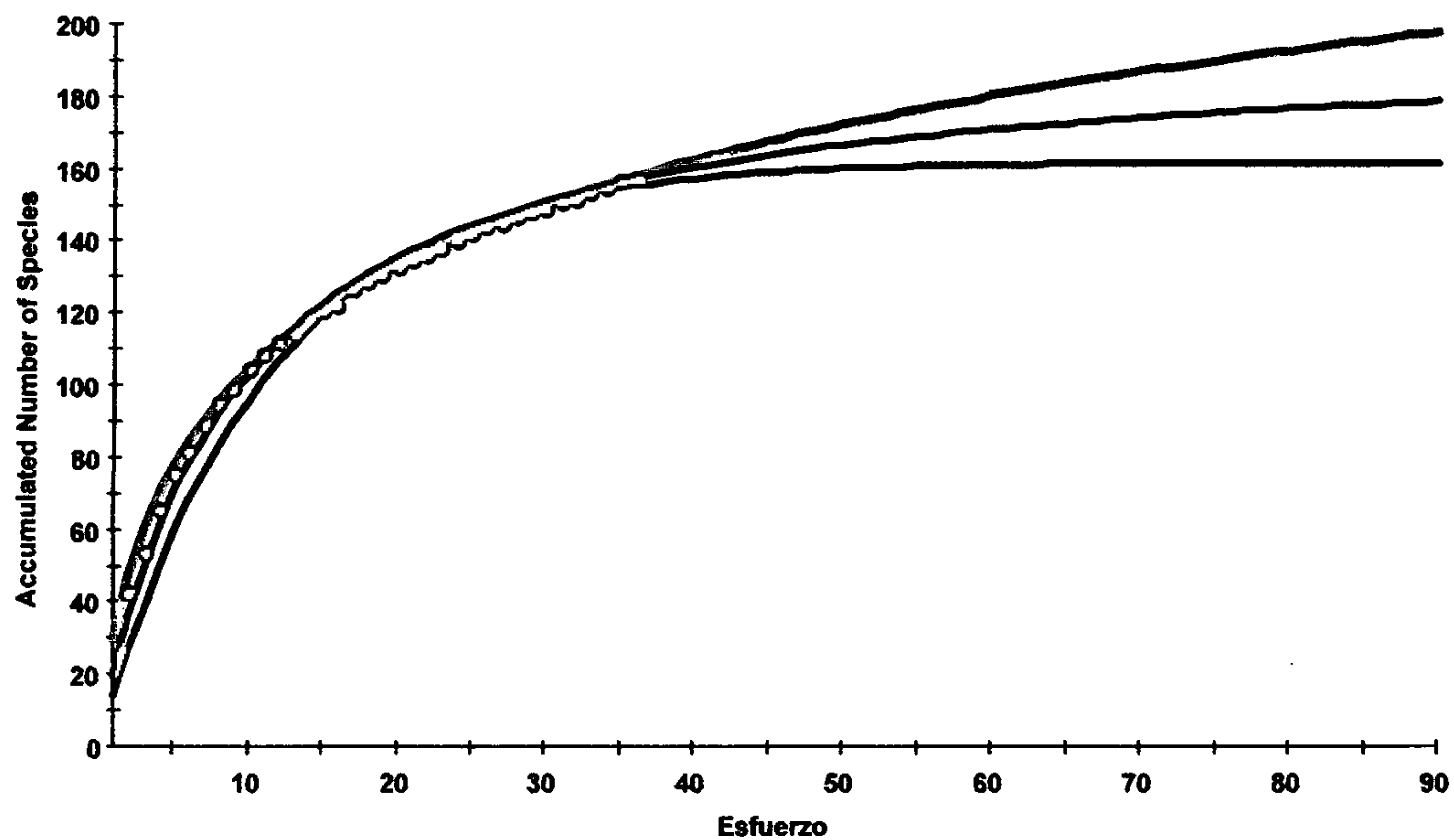
- Pereira LF. Estudio de la Realidad de Guatemala: Aspecto Ecológico. Guatemala: Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales, Universidad Rafael Landívar, 1994. 75p.
- Pineda RT. Estudio Florístico de las Especies Arbóreas y Arbustivas en el área intangible del Volcán Ipala, Ipala, Chiquimula y Agua Blanca, Jutiapa. Guatemala: Universidad de San Carlos (Tesis de graduación, Facultad de Agronomía) 2004. 57p
- Proarcas, Capas/ CCAD - USAID. Áreas de Conservación de la biodiversidad en Volcanes al sur de Quetzaltenango. Guatemala: Proarcas, Capas / CCAD – USAID, 2000. 323p.
- Prodert – Asesoría Manuel Basterrechea Asociados, S.A. Estudio técnico Área protegida Volcán Suchitán. Guatemala: Proyecto de Desarrollo rural sostenible de zonas de fragilidad ecológica en la región del triffinio (Prodert), 1999. 80p.
- Ramírez N, *et al.* Análisis florístico y sucesional en la estación biológica Cerro Huitepec, Chiapas, México. Act. Bot. Mex 1998; 44:59-85.
- Reed D. Relationship between Population Size and Fitness. Conservation Biology, April 2005. Vol. 19, 2:563-568.
- Rosito J. Estudio florístico de la comunidad del Cipresillo (*Taxus globosa* Schlecht.) en los Cerros Pinalón, Guaxabajá y Mululjá, en la Sierra de las Minas. Guatemala: Universidad de San Carlos (Tesis de graduación, Facultad de Agronomía) 1999. 106p.
- Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala. Anales de la Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala. Guatemala: SGHG, 1964. Tomo XXXVIII, No 1-4.
- 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.

- Standley P, Steyermark J. Flora de Guatemala. USA: Chicago, Fieldiana: Botany, Volumen 24, Parte 1 a 24, 1949.
- 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.
- 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.
- Vargas JM. Caracterización de las comunidades vegetales asociadas a las familias Lophosoriaceae, Dicksoniaceae y Cyatheaceae, en el bosque nublado de la microcuenca "Río el Naranjo", en la Sierra de las Minas. Guatemala: Universidad de San Carlos, (tesis de graduación, Facultad de Agronomía) 1999. XII+110p.
- 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.
- Véliz ME. Las Orquídeas del Volcán de Acatenango. Cc y Tec 1997; 2:29-78.
- Véliz ME. La Vegetación del Volcán de Acatenango, Guatemala. Cc y Tec 2000; 1 y 2:3-166.
- Véliz ME, Negli Gallardo, Mario Vázquez, Rodolfo Luarca. La Vegetación Montana de Guatemala. Cc y Tec 2001;1:3-61
- 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.
- Villar L. La Flora Silvestre de Guatemala. Guatemala: Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998. 99p.

- 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.
- Winkler K. Mujeres Indígenas y Manejo de la Biodiversidad en Centroamérica: El caso de Guatemala. Guatemala: Fundación Solar y Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Doc. Tec., 2001. 187p.

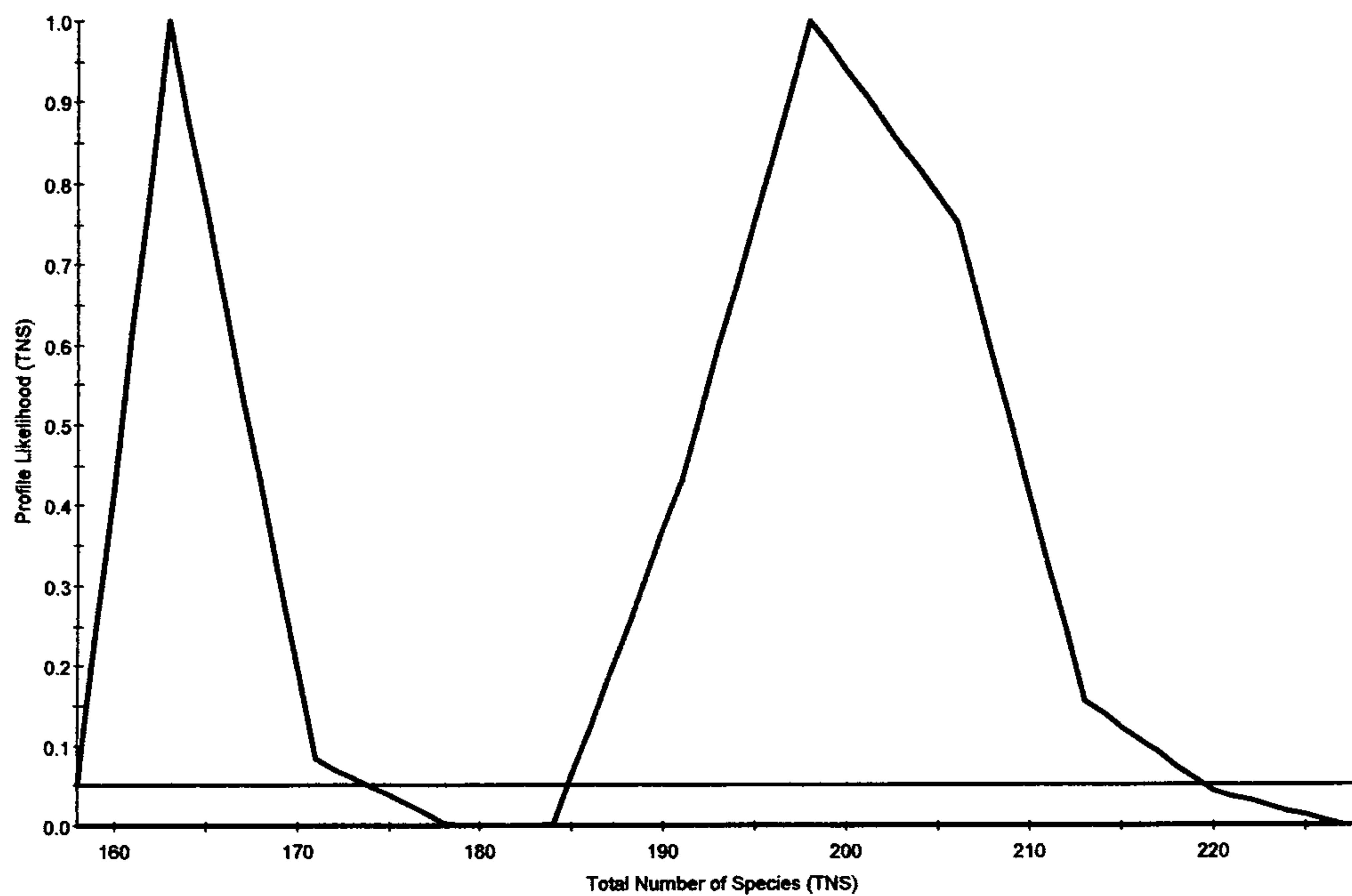
12. ANEXOS

**ANEXO I: CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES Y NÚMERO
TOTAL DE ESPECIES DEL VOLCÁN SAN PEDRO**



Gráfica 1. Curva de Acumulación de Especies por unidad de esfuerzo.

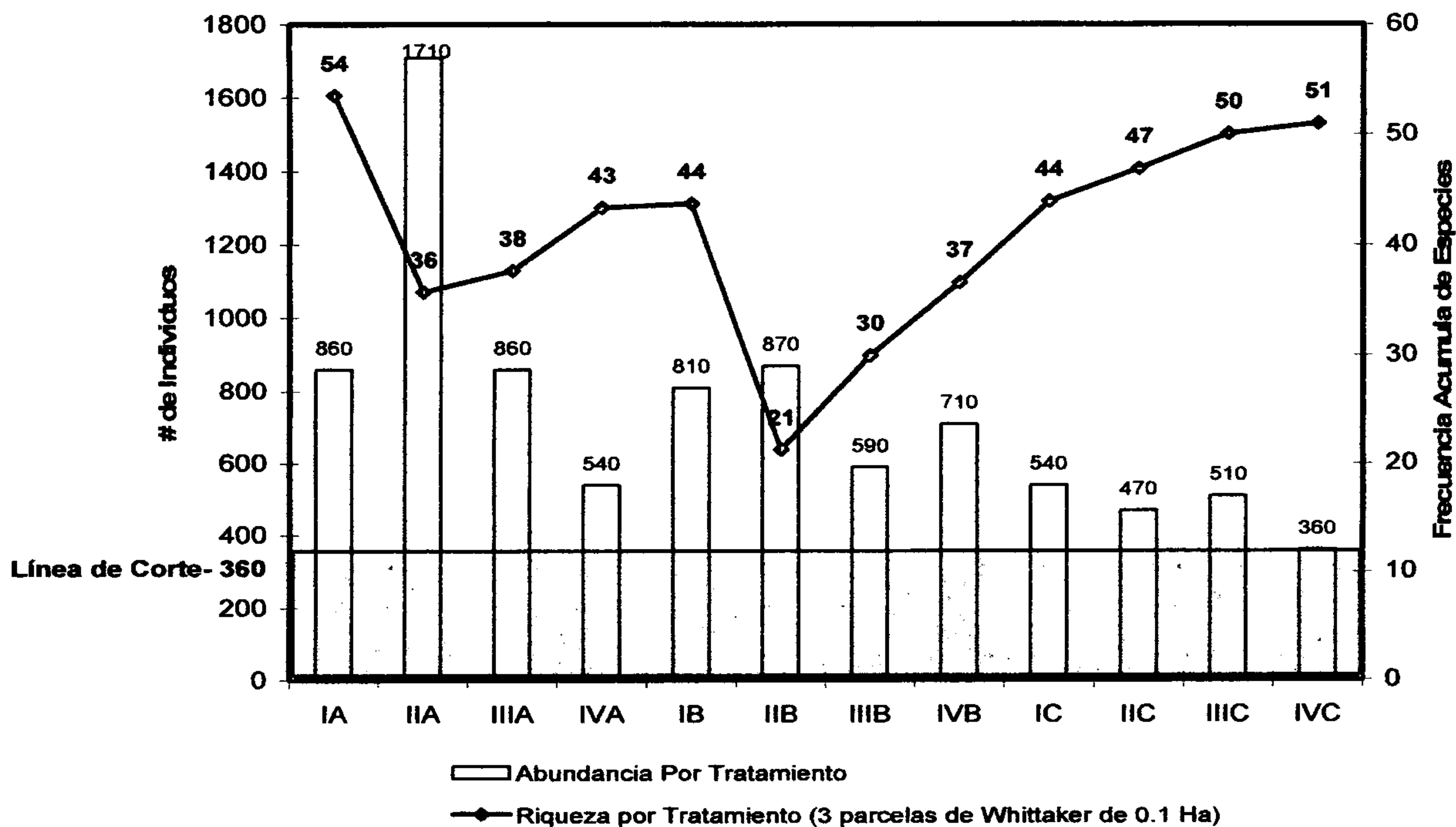
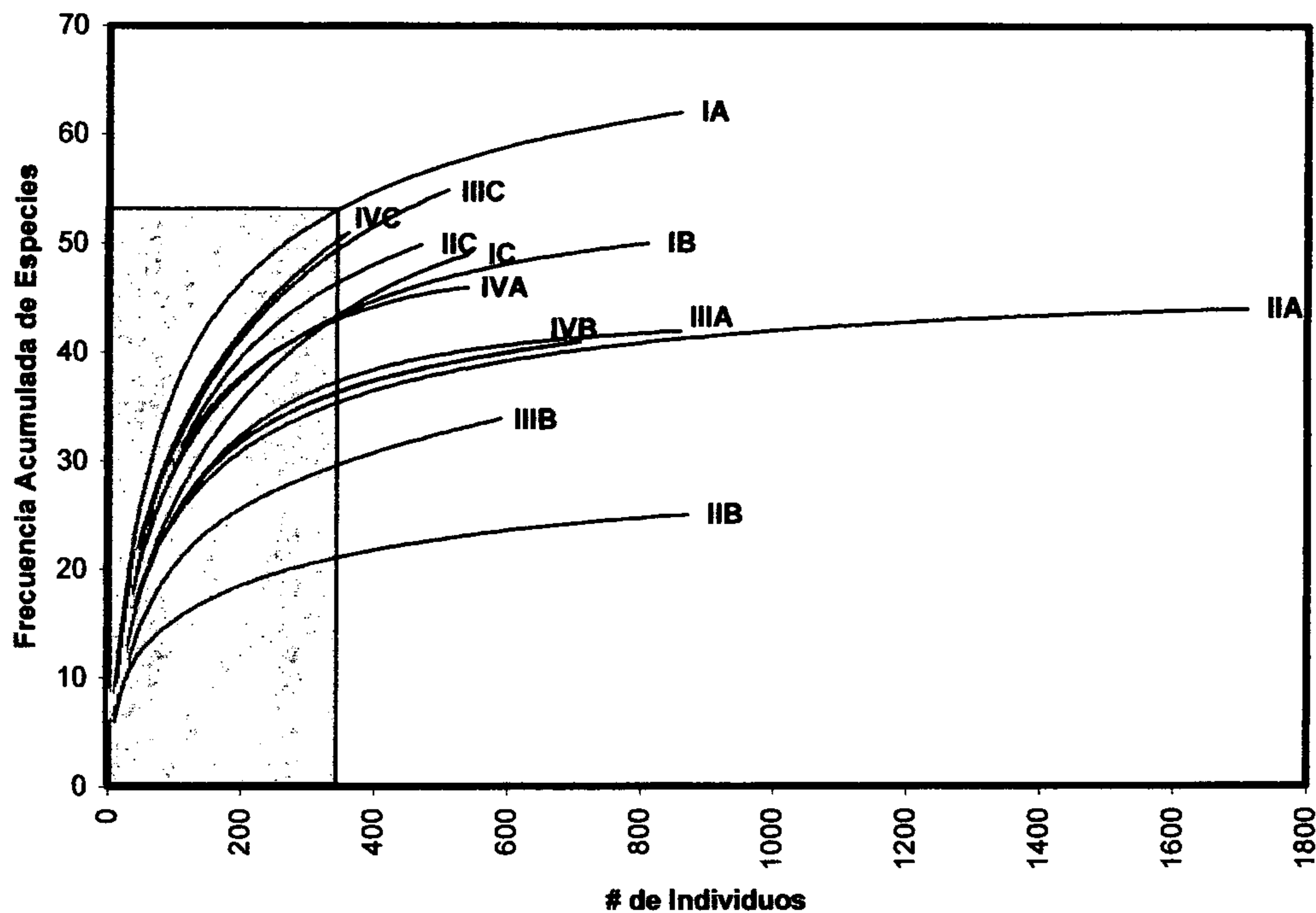
Modelos con mejor bondad de ajuste: 1. Modelo Logarítmico (línea amarilla), 2. Modelo Clench (línea azul), 3. Modelo Exponencial (línea verde), Datos observados (puntos rojos). En base al programa "SpAcc2", desarrollado por el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), México. E. Díaz-Francés, J. Soberón, y L.G. Gorostiza.



Gráfica 2.

Estimación del Total de Especies Esperadas (TNS) con probabilidad de 0.05 (barra horizontal) en el bosque del volcán San Pedro. Intervalo de probabilidad: Modelo Clench (línea azul) 185 – 219 especies, y Modelo Exponencial (línea verde) 158 – 174 especies. En base al programa "SpAcc2", desarrollado por el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), México. E. Díaz-Francés, J. Soberón, y L.G. Gorostiza.

**ANEXO II: CURVAS DE RAREFACCIÓN DE LAS UNIDADES DE
ESFUERZO, EN EL VOLCÁN SAN PEDRO**



Gráfica 3 y 4.

Superior: Curvas de rarefacción para los tratamientos (estratos) en el volcán San Pedro. En el recuadro verde se resalta el nivel de corte o de unificación de esfuerzo (# de individuos).

Inferior: gráfica de riqueza estandarizada por rarefacción por tratamiento, a un mismo nivel de esfuerzo (línea de corte: 360 individuos) en recuadro verde. Se gráfica la abundancia total por tratamiento y abundancia estandarizada (360).

**ANEXO III: COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL
VOLCÁN SAN PEDRO**

No.	Familia	Especie	Registro BIGU	Hábito	Distribución							
					Altitud (mnm)				Exposición			
					< 2,500	2,500	2,700	2,900	NE	SE	SO	NO
405		<i>Citharexylum donnell-smithii</i> Greenm		Arb								
406		<i>Citharexylum mocinnii</i> D. Don	33297	Ár								
407	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	33265	Her								
408		<i>Lantana hispida</i> Kunth		Her								
409		<i>Lippia substrigosa</i> Turcz.	33074	Arb								
410		<i>Priva mexicana</i> (L.) Pers.	33062	Her								
411	Violaceae	<i>Hybanthus attenuatus</i> (Humb. & Bonpl. Ex Roem. & Schult.) Schutze- M.	33245	Her								
412		<i>Viola seleriana</i> W. Becker		Her								
413	Viscaceae	<i>Phoradendrom nervosum</i> Oliver, Vid.		Pst								
414		<i>Phoradendrom vulcanicum</i> Trell.		Pst								
415	Vittariaceae	<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.		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

ANEXO IV:
TABLAS DETALLADAS DE RESULTADOS DE TWINSPAN Y DCA
(Detrended correspondence analysis)

TABLA DE ORDENACIÓN DE DOS VIAS (PC-ORD) - TWINSpan

11 111222221233333331 111 2222
812129049021343545601235367845676789

6	Ageratin	-----111----1-----	000000
45	Euonymus	-----1-11--1-----	00000
98	Piper Ma	-----111--1-----	000000
152	Verbesin	-----1---1111-----	000000
154	Viburnum	-----1--11-111-----	000000
17	Billia h	-----1-1-1-11-1-----	000001
39	Commelin	-----1-1-1-1-----	000001
103	Polystic	-1-11-----111-111-11-----	00001
104	Prunus s	-----1-1-111-1111-1-1-----	00001
150	Valerian	---1-1-11---11-1-----	00001
65	Iresine	-----1---11-1---1---	00010
133	Smilax j	--1-----1-1111-----1--	00010
85	Parathes	-----11-1-11--111-11-1-----	000110
145	Tournefo	-----1--111-1-11-11-----	000110
74	Maianthe	-1111111111111-1-111111-----1-1111	000111
83	Oreopana	-11--111--111-1111-1111-----1-	000111
109	Quercus	-11-----1--111-11-----1--	000111
14	Aspleni	-----1--1-1-1-----1	001000
101	Polypodi	---1-1111111-1-1---1-----1-1	001000
30	Cestrum	-----11-----	001001
81	Ocotea s	-----111-111--1-----	001001
15	Begonia	---111-1111111-111-----	001010
28	Cestrum	---1---111--1-1-----	001010
91	Phanerop	--1---111-----1-----	001010
99	Piper sp	-----11--1---1-----	001010
122	Saurauia	-11111-1111111-111111--1-----	001010
149	Urera sp	-----11-1--111-----	001010
35	Clematis	--1-1-----11-----	001011
36	Clethra	---111--1-1-1-111-----1---	001011
136	Solanum	1111111111-1-1111111-1-----1---	001011
142	Synardis	-1111111-1-11111-1-1111-----	001011
13	Aspleni	-11-111-----1-1-----	001100
89	Peperomi	-111111-----1-----	001100
96	Phoebe s	-1-111-----1-1-----	001100
121	Saurauia	-11-1-1-----1-----	001100
131	Sibthorp	-11--11-----	001100
147	Uncinia	-11-1-----	001100
157	Zanthoxy	-11-1-----	001100
29	Cestrum	1111-111-----1-----1---	001101
27	Centropo	--11111111--1-1-----	001110
48	Eupatori	--1111-1-1-1-1-----	001110
61	Goodyera	--11--11---11-1-----	001110
76	Meliosma	-11111111111111-----11-----	001110
82	Oreopana	111111111-11-11-----1---	001110
95	Phoebe S	--11-1111111111-----1-----	001110
117	Salvia c	-111111---1111-----1-----	001111
16	Bidens s 1	-----1--1-----1-----1---	0100
88	Peperomi	-11-1-----1-----1	0100
127	Senecio	-1111-1111-1111---1-11-----1--1111	0100

0000000111111100001111000001111
 011111100000001 01111
 0011110000111

***** Detrended Correspondence Analysis (DCA) *****

PC-ORD, Version 3.12

San Pedro Twinspan

Number of non-zero data items: 319

Downweighting selected. Weights applied to columns, in sequential order:

1.000 1.000 .284 1.000 .945 1.000 1.000 .393 1.000 1.000
 .825 1.000 .376 1.000 .284 1.000 1.000 1.000 .284 1.000
 1.000 1.000 1.000 1.000 .869 1.000 1.000 .284 1.000 1.000
 1.000 1.000 .284 1.000 .558 1.000 .792

Axes are rescaled

Number of segments: 30

Threshold: .00

----- Axis 1 -----

.3292038000 = residual at iteration 0
 .0027318590 = residual at iteration 1
 .0000237921 = residual at iteration 2
 .0000002669 = residual at iteration 3
 .0000000829 = residual at iteration 4
 .8235495000 = eigenvalue

Length of gradient: 3.023

Length of segments: .38 .35 .31 .26 .22 .19 .15 .13 .12 .12

Length of segments: .12 .12 .13 .14 .15 .15

Length of gradient: 3.516

Length of gradient: 4.023

Length of segments: .25 .23 .22 .22 .21 .20 .18 .17 .18 .18

Length of segments: .19 .18 .16 .15 .14 .15 .16 .18 .21 .23

Length of segments: .24

Length of gradient: 4.140

----- Axis 2 -----

.1272736000 = residual at iteration 0
 .0062127870 = residual at iteration 1
 .0015640220 = residual at iteration 2
 .0003998041 = residual at iteration 3
 .0001151316 = residual at iteration 4
 .0000308653 = residual at iteration 5
 .0000089402 = residual at iteration 6
 .0000024053 = residual at iteration 7
 .0000007028 = residual at iteration 8
 .0000001937 = residual at iteration 9
 .0000000726 = residual at iteration 10
 .3169117000 = eigenvalue

Length of gradient: 2.607

Length of segments: .25 .25 .25 .24 .23 .21 .20 .19 .17 .14
Length of segments: .12 .12 .12 .12
Length of gradient: 2.869

Length of gradient: 2.939
Length of segments: .18 .18 .19 .20 .21 .22 .22 .22 .22 .22
Length of segments: .20 .17 .16 .17 .18
Length of gradient: 2.948

----- Axis 3 -----

.0449304000 = residual at iteration 0
.0212616100 = residual at iteration 1
.0011423600 = residual at iteration 2
.0000547147 = residual at iteration 3
.0000030839 = residual at iteration 4
.0000001534 = residual at iteration 5
.0000000299 = residual at iteration 6
.2184848000 = eigenvalue

Length of gradient: 2.470
Length of segments: .24 .24 .23 .22 .21 .20 .19 .18 .16 .15
Length of segments: .15 .14 .14
Length of gradient: 2.599

Length of gradient: 2.607
Length of segments: .19 .19 .19 .19 .19 .19 .19 .19 .19 .19
Length of segments: .19 .18 .18 .17
Length of gradient: 2.595

***** Calculations finished *****

ANEXO V: LISTADO ESPECIES DE LIQUENES OBSERVADOS EN EL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO

Cuadro 6. Listado de líquenes del volcán San Pedro

No.	# Col.	Especie	lugar de colecta
1	1039	<i>Cladonia sp. 1</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste
2	1045	<i>Cladonia sp. 2</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste
3	1040	<i>Everniastrum sp.</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste
4	1046	<i>Heteroderma leucocephala</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste
5	1042	<i>Parmotrema sp.</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste
6	1043	<i>Sticta sp. 1</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste
7	1044	<i>Sticta sp. 2</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste
8	1041	<i>Usnea sp.</i>	En bosque en la cumbre del volcán (2,900 msnm), Ladera noroeste

Determinados por el Lic. Mario Cifuentes.

ANEXO VI: LISTADO ETNOBOTÁNICO DEL VOLCÁN SAN PEDRO

No.	Especie	Nombre común	Forma de Uso
1.		Capulín	Empleado como desinfectante. (1)
2.		Duraznillo, palo de Zotz	Las ramas se utilizan para hacer escobas u horcones. (1)
3.		Much Kham	Bejuco utilizado para amarrar (1)
4.	<i>Acalypha guatemalensis</i>	Hierba de Cáncer	Desinfectante. (1)
5.	<i>Acalypha sp.</i>		Planta empleada para aliviar infecciones de riñón. (2)
6.	<i>Ageratina areolaris</i>		Cocida junto con K'aj Pux (asteraceae) sirve para aliviar el dolor de estómago.
7.	<i>Alnus sp.</i>	Ilamo, Aliso	La corteza del ilamo se usa para teñir los hilos de color amarillo, también es empleado para aliviar los malestares por cálculos biliares junto con el abedul, árnica y gordolobo. Es beneficioso para el reumatismo. Junto con el ciprés sirve para hacer baños para aliviar gripe, resfrió y calentura (1)
8.	<i>Anthurium montanum</i>	Hierba de loro, Mux j'al, Corazón de Monte, flor de monte, Ixquín Juyú,	Ornamental, sembrada en los jardines o en macetas. Las hojas y las flores se colocan en los arcos de Semana Santa. (1)
9.	<i>Archibaccharis corymbosa</i>	Lagarto Macho	Para quitar calentura. Junto con la corteza cocida del árbol de cedro sirve para quitar la locura. (2)
10.	<i>Asclepia elata</i>	Lengua de Venado	Comida cruda sirve para aliviar la gastritis por la leche. Molida en emplastos para aliviar llagas. (2) Las hojas tiernas se comen hervidas (1).
11.	<i>Asplenium sp.</i>	Rubach a'bjaj (Planta de piedra)	Una vez seco se muele la planta, este polvo sirve para aliviar las llagas. (2)
12.	<i>Asteraceae</i>	K'aj Pux	Cocida y tomada para aliviar el dolor de estómago. (2)
13.	<i>Begonia oaxacana</i>	K'tzej Kais (Flor de planta)	Junto con la sábila se cocinan y se toman para aliviar la gastritis. Tomado un vaso diario de té, sirve para el cerebro. Cocido y tomado para mal hecho. (2)
14.	<i>Bomarea acutifolia</i>		Cocida en té para infecciones. (2)
15.	<i>Bouvardia leiantha</i>	Kapé K'oy (Café de mono)	La planta se cocina, y el té sirve para elevar la presión arterial. También la planta comida es abortiva. (2)
16.	<i>Bursera simaruba</i>	Saliché o palo de jote	Medicinal para torceduras o desguinces. La madera se usaba para hacer mascarás. (1)
17.	<i>Calliandra grandiflora</i>		La planta sembrada en los jardines sirve para evitar maldades o mal hechos. (2)
18.	<i>Chamaedorea sp.</i>	Hoja de Kip	Adorno para la iglesia como en las casas en todo tipo de celebraciones o reuniones, durante todo el año pero principalmente en Semana Santa y Navidad. (1) En el pasado el tallo con las raíces adventicias endurecidas servía como instrumento para moler granos de cacao. El raquis crudo es comestible y sirve para curar la disentería y la malaria. (2)
19.	<i>Chamaedorea sp.</i>	Hoja de Pacaya	Adorno para la iglesia como en las casas en todo tipo de celebraciones o reuniones, durante todo el año pero principalmente en Semana Santa y Navidad. (1)
20.	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	Kanak, Q'anaq'	Las hojas sirven para envolver tamalitos. Se utiliza principalmente en los meses de verano en los

		que no hay hojas de milpa. La flor se dice que tiene propiedades abortivas y contraceptivas. (1)
21.	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Chachal Ceremonial. (3) Empleado en decoraciones de altares o monumentos y en los arcos para la época de Semana Santa. (1)
22.	<i>Clethra mexicana</i>	Usos varios. (3)
23.	<i>Commelina sp.</i>	Hierba de pollo La savia o liga se emplea como desinfectante en heridas. (1) La planta se cocina y el té sirve para los riñones. La savia sirve para limpiar cortaduras en el campo y evitar infecciones. (2)
24.	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés Para la elaboración de coronas para difuntos y adorno en floreros de la iglesia durante todo el año. Las ramas hervidas junto con el ilamo para baños cuando hay gripe, resfrió o calentura; los frutos sirven para aliviar el dolor de muelas y de garganta. (1)
25.	<i>Dahlia imperialis</i>	Tunay Árbol o arbusto cuya savia se utiliza para el dolor de cabeza. (1)
26.	<i>Epidendrum sp.</i>	Ixquin Chéy, Chiquichoy, Chiquichey Orquídea con flores muy aromáticas color púrpura, utilizada para adornar la iglesia, los arcos y las casas para Semana Santa. (1)
27.	<i>Equisetum hyemale</i>	Cola de Caballo Males de orín, para el dolor de estomago. (1)
28.	<i>Erythrina macrophylla</i>	Se comen las hojas tiernas y las vainas en época de fructificación. (1)
29.	<i>Euonymus enantiophyllus</i>	El agua de cocción para baños, alivia las fiebres y gripes, como tónico. (2)
30.	<i>Eupatorium pycnocephaloides</i>	Shup Comestible y Medicinal. (1,3)
31.	<i>Gnaphalium sp.</i>	Gordolobo Mal de orín, para los cálculos biliares (junto con árnica y abedul). (1)
32.	<i>Govenia superba</i>	Orquídea Como adorno sembrada en los jardines de las casas. Durante las épocas de Floración (Mayo a Julio) (1)
33.	<i>Heterocetron sp.</i>	Rum Rum Los niños jugaban con los tallos huecos de este arbusto, lanzando fuertemente al aire un trozo de tallo y al pasar el aire a través de esta abertura producía sonido como flauta. (1)
34.	<i>Hylocereus undatus</i>	Pitahaya Fruto comestible. (1)
35.	<i>Ipomoea signata</i>	Kalaj mu'l En baños y en té para personas con parálisis. (2)
36.	<i>Isochilus aurantiacus</i>	Orquídea Se colocan en macetas o sobre los árboles en los jardines, se extraen durante las épocas de floración (Mayo a Julio). (1)
37.	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	Taxiscobo Artesanal, Medicinal, para leña y madera. (3)
38.	<i>Litsea glaucescens</i>	Laurel La hoja se emplea para condimentar alimentos durante todo el año. (1)
39.	<i>Litsea guatemalensis</i>	Laurel de monte Para condimento de comida. Usado para teñir hilos de color amarillo. (1)
40.	<i>Lobelia aguana,</i> <i>Lobelia laxiflora</i>	Rak'm sat Sirve para aliviar el dolor de muelas. (2)
41.	<i>Malvaviscos arboreus var.</i> <i>pendulliflorus</i>	Farolito Medicinal y Ornamental. (3)
42.	<i>Monnina xalapensis</i>	Cocida y en té tomada para aliviar el dolor de estómago. (2)
43.	<i>Monstera pertusa</i>	Sajpor Las hojas sirven para adornar la iglesia y los arcos de Semana Santa y se tiene sembrada en los jardines. (1) El jugo de esta planta se usa para baños y tomas, para quitar embrujos. (2)

44.	<i>Ocotea sp.</i>	Canoj	Para elaboración de artesanías (mascaras). (3)
45.	<i>Opuntia guatemalensis</i>	Tuna	Fruto comestible. (1)
46.	<i>Opuntia sp.</i>	Nuxtí	Sirve para teñir de color amarillo los hilos. (1)
47.	<i>Parmotrema sp. (liquen)</i>	Kulanter ab'aj	Seco y molido en polvo, sirve para aplicar en llagas por enfermedades venéreas en los hombres. (2)
48.	<i>Passiflora sp.</i>		Cocida con otras plantas y en baño sirve para quitar la fiebre en niños. (2)
49.	<i>Phaseolus polyanthum</i>		Planta venenosa si se da a comer a los caballos y vacas. (2)
50.	<i>Philodendron sp.</i>	Kont'e	Las hojas se usan para adornar los arcos de Semana Santa. (1)
51.	<i>Phoebe sp.</i>	Aguacatillo	Para elaboración de artesanías (mascaras). (3)
52.	<i>Phytollaca icosandra</i>	Moco, Jaboncillo	Empleada para teñir hilos y en la antigüedad como detergente. (1,3)
53.	<i>Pinus pseudostrobus,</i>	Ch'aj	Las hojas despenicadas para colocar en el piso en las fiestas o celebraciones particulares y de la comunidad, durante todo el año. Para ocote y Leña. La trementina se emplea para impermeabilizar los cayucos. (1)
54.	<i>Piper sp.</i>	Santa María	Medicinal. (3)
55.	<i>Quercus crispifolia</i>	S'aq ch'e (Palo o encino blanco)	La corteza es astringente. (2)
56.	<i>Quercus pilicaulis</i>	Colaj Ch'e (Palo fuerte)	La corteza es astringente. (2)
57.	<i>Quercus sp.</i>	Encino	Para el dolor de muelas y de artritis se utiliza la corteza. En lienzos sirve para quitar cicatrices. La corteza sirve para teñir hilos de color gris. (1)
58.	<i>Rhus terebinthifolia</i>	Sal de Venado	Medicinal y Comestible. (3)
59.	<i>Rhpidocladum sp.</i>	Caña de Carrizo, Bambú silvestre	Empleada para la construcción de paredes de bajareque, para techos y circulación de casas y gallineros. (1)
60.	<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo	Medicinal. (3)
61.	<i>Rubus sp.</i>	Zarzamora	Fruto comestible. Se consume en época de fructificación (época lluviosa). (1)
62.	<i>Rubus trilobus</i>	Mora	Fruto comestible, en época de fructificación. (1)
63.	<i>Salvia lasiantha</i>		Las hojas en té sirven para infecciones. (2)
64.	<i>Sambucus mexicana</i>	Saúco	Fruto comestible. (1)
65.	<i>Saurauia kegeliana</i>	Moco	El fruto es comestible. (3)
66.	<i>Schistocarpa sp.</i>	Girasol de monte	Cocida junto con las hojas de aguacate, limoncillo, hoja de naranja y de lima, cocidas para baños y tomas, quitan el cansancio y debilidad. (2)
67.	<i>Sedum sp.</i>	Flor	Ornamental, sembrada en los jardines o en macetas. (1)
68.	<i>Senecio cobanensis</i>		Las hojas lisas de esta planta se usaban mucho para dar masajes. (2)
69.	<i>Senecio sp.</i>	Lagarto hembra	Hojas cocidas y tomado para eliminar mal hecho o brujería. Tomado en té, sirve para quitar la calentura y para las mujeres luego de dar a luz (en baño y tomado), evita enfermedades. (2)
70.	<i>Sibthorpia repens</i>	Botoncito	Junto a otras plantas sirve para evitar el mal hecho o brujería. (2)

71.	<i>Sida rhombifolia</i>	Escobillo	Medicinal. (1,3)
72.	<i>Sigesbeckia jorullensis</i>	Shup	
73.	<i>Smilacina sp.</i>	Flor	Ornamental, sembrada en los jardines o en macetas. (1) Cura contra el mal hecho o la brujería. (2)
74.	<i>Smilax sp.</i>	Zarzaparrilla, hoja de bejuco o Ku'l	Las hojas se usan para envolver tamalitos, les da buen sabor y como bejuco para amarrar. (1)
75.	<i>Solanum wendlandii</i>	Quixtán	Planta comestible muy apetecida, encontrada creciendo solamente en bosques densos y húmedos. (1, 2)
76.	<i>Sonchus oleraceus</i>	Amargón	Hierba comestible, sirve en té para los riñones y como suero vitamínico. Cocido y tomado sirve para la gastritis, o crudo. En Baños para mal hecho. (2)
77.	<i>Tagetes erecta</i>	Flor de muerto	Para hacer coronas para el día de muertos. (2)
78.	<i>Taraxacum sp.</i>	Diente de león	En té y en emplastos para artritis y para los huesos. (2)
79.	<i>Tillandsia guatemalensis</i>	Pata de Gallo	Adorno para la iglesia como en las casas en época de Navidad y Semana Santa. (1)
80.	<i>Tillandsia usneoides</i>	Paxte, musgo blanco o musgo gris	Para adornar colgado en lazos a modo de flecos en navidad y la fiesta patronal, o para forrar los arcos en Semana Santa. (1)
81.	<i>Trema micrantha</i>	Ik	Maderable. (3)
82.	<i>Triumfetta dumetorum</i>	Mozote	Medicinal. (3)
83.	<i>Urera caracasana</i>	Espinaca	Se usa para baños de vapor. Cocido y tomado sirve para quitar mal hecho. Masajes con agua de té sirve para golpes y tomado en té para quitar y disminuir moretes. (2)
84.	<i>Wigandia ureas var. caracasana</i>	Chichicaste	Medicinal. (3)
85.	<i>Woodwardia spinulosa</i>		Junto con el girasol de monte, el agua de cocción se usa en baños para evitar o quitar el mal hecho (embrujo). (2)
86.	<i>Yucca guatemalensis</i>	Izote	Empleado para delimitar límites de parcelas, ornamental en casas y terrenos. La inflorescencia es comestible. (1, 3)
87.	<i>Zanthoxylum sp.</i>	Diente de coche de monte	El agua de la cocción de este bejuco se utiliza para enjuagues para disminuir el dolor de muelas. (2)

Fuente: (1) Pardo (2002); (2) Encuesta con Antonio Navichoc (San Pedro la Laguna) y Francisco Bixcul (Santiago Atitlán), (2006); (3) MacVean (2006).

Cuadro 7. Listado etnobotánico del bosque natural del volcán San Pedro.

**ANEXO VII: DISTRIBUCIÓN Y DIETA OBSERVADA DEL PAVO DE
CACHO, Y LISTADO DE AVES COMUNES EN EL BOSQUE NATURAL
DEL VOLCÁN SAN PEDRO**

Cuadro 8.

Avistamientos del Pavo de Cacho en el bosque del volcán San Pedro, durante la fase de campo del estudio (enero 2005 a Mayo 2006).

No.	Mes/ Año	Hora	Altitud (msnm)	# de Ind.	Actividad	Latitud	Longitud
1.a	Enero, 2005	10:00 a.m.	3,006 msnm	1 macho	En vuelo	N 14° 39' 27.66"	W 91° 15' 59.16"
1.b	Enero, 2005	05:00 p.m.	3,006 msnm	1 ND	En vuelo	N 14° 39' 27.66"	W 91° 15' 59.16"
2	Febrero, 2005	11:00 a.m.	3,000 msnm	2 machos, 1 hembra	Alimentándose	N 14° 39' 27.66"	W 91° 15' 59.16"
3.a	Abril, 2005	03:00 p.m.	2,860 msnm	1 macho y 1 hembra	En vuelo	N 14° 39' 39.00"	W 91° 15' 57.50"
3.b	Abril, 2005	05:00 p.m.	2,900 msnm	1 macho	En vuelo	N 14° 39' 28.20"	W 91° 15' 56.70"
4.a	Abril, 2005	08:00 a.m.	2,860 msnm	1 macho	Alimentándose	N 14° 39' 39.00"	W 91° 15' 57.50"
4.b	Abril, 2005	04:00 p.m.	3,020 msnm	1M, 1H, 2 ND	En vuelo	N 14° 39' 31.92"	W 91° 15' 56.35"
5.a	Junio, 2005	08:00 a.m.	2,860 msnm	1 ND	En vuelo	N 14° 39' 39.00"	W 91° 15' 57.50"
5.b	Junio, 2005	11:00 a.m.	2,542 msnm	2 ND	Alimentándose	N 14° 39' 54.50"	W 91° 15' 56.90"
6	Julio, 2005	12:00 p.m.	2,542 msnm	3 ND	Alimentándose	N 14° 39' 54.50"	W 91° 15' 56.90"
7	Agosto, 2005	02:00 p.m.	2,600 msnm	1 macho	Alimentándose	ladera suroeste del volcán	
8	Septiembre, 2005	05:00 p.m.	3,020 msnm	1 ND	En vuelo	N 14° 39' 31.92"	W 91° 15' 56.35"
9	Noviembre, 2005	03:00 p.m.	2,800 msnm	1 escuchado	En vuelo	ladera noroeste del volcán	
10.a	Noviembre, 2005	03:00 p.m.	2,700 msnm	1 macho, 2 hembras	En vuelo	Orilla del sendero, ladera noroeste	
10.b	Noviembre, 2005	11:30 a.m.	3,006 msnm	1 juvenil	Perchando	N 14° 39' 36.00"	W 91° 16' 12.00"
11	Febrero, 2006	05:00 p.m.	3,006 msnm	1 macho, 3 ND	Perchando	N 14° 39' 36.00"	W 91° 16' 12.00"
12	Marzo, 2006	10:00 a.m.	2,860 msnm	1 ND	Perchando	N 14° 39' 39.00"	W 91° 15' 57.50"
13.a	Mayo, 2006	01:00 p.m.	2,860 msnm	2 ND	Perchando	N 14° 39' 39.00"	W 91° 15' 57.50"
13.b	Mayo, 2006	02:00 p.m.	3,000 msnm	1 macho	Perchando	N 14° 39' 27.80"	W 91° 15' 49.80"

Cuadro 9.

Listado de especies vegetales que forman parte de la dieta del Pavo de Cacho en el bosque del volcán San Pedro. Observaciones durante la fase de campo del estudio (enero 2005 a Mayo 2006)

No.	Especie	Familia	Hábito	Parte comestible	Época	Distribución	
						Altitud (msnm)	Exposición
1	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	Sterculiaceae	Árbol	Cápsulas tiernas	Dic. a Mayo	2,500 a 3,020	SE, SO, NO y NE
2	<i>Hedyosmum mexicanum</i>	Chloranthaceae	Árbol	Infrutescencia madura	Abr. a Jun.	2,700 a 3,000	NO y NE
3	<i>Meliosma dives</i>	Sabiaceae	Árbol	Frutos	Ene. a May.	2,700 a 3,020	NO y SO
4	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	Árbol	Frutos	Ene. a May.	2,700 a 3,000	NO y SO
5	<i>Oreopanax echinops</i>	Araliaceae	Árbol	Frutos Maduros	Ene. a Mar.	2,700 a 3,020	NE, NO, SO y SE
6	<i>Oreopanax xalapensis</i>	Araliaceae	Árbol	Frutos Maduros	Ene. a Mar.	2,700 a 3,020	NE, NO, SO y SE
7	<i>Phoebe Salvini</i>	Lauraceae	Árbol	Frutos	Ene. a May.	2,700 a 3,000	NO y SO
8	<i>Phoebe sp.</i>	Lauraceae	Árbol	Frutos	Ene. a May.	2,700 a 3,000	NO y SO
9	<i>Prunus salasil</i>	Prunaceae	Árbol	Frutos maduros o verdes	Mar. a Sep.	2,500 a 2,800	NO y NE
10	<i>Smilax lanceolata</i>	Smilacaceae	Bejuco	Frutos	Ago. a Oct.	2,400 a 3,020	NO, NE y SO

Cuadro 10.

Listado de Aves frecuentes del bosque del volcán San Pedro. Observaciones durante la fase de campo del estudio (enero 2005 a Mayo 2006)

No.	Especie	Familia	Lugar
1	<i>Atlapetes bruinneinucha</i>	Fringillidae	Campamento, desde 2,400 a 3,000 msnm, ladera noreste
2	<i>Columba fasciata</i>	Columbidae	En cumbre del Volcán a 3,020 msnm, ladera noreste
3	<i>Trogon mexicanus</i>	Trogonidae	Orilla del sendero, 2,900 msnm, ladera noreste
4	<i>Penelopina nigra</i>	Cracidae	2,800 msnm en la ladera noroeste
5	<i>Ortalis leucogastra</i>	Cracidae	2,800 msnm en la ladera noroeste
6	<i>Caprimulgus sp.</i>	Caprimulgidae	2,500 a 3,000 msnm
7	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Rhamphastidae	2,800 msnm en la ladera noroeste
8	<i>Dendrocincla sp.</i>	Dendrocolaptidae	2,800 msnm en la ladera noroeste
9	<i>Otus sp.</i>	Tytonidae	Zonas de regeneración, 2,000 msnm, ladera noroeste

* En base a Peterson & Chalif. (1973). A Field Guide to Mexican Birds. Houghton Mifflin Company. Boston, NY.

**ANEXO VIII: LISTADO DE FLORA ENDÉMICA O EN PELIGRO
ENCONTRADA EN EL BOSQUE DEL VOLCÁN SAN PEDRO**

No.	Familia	Especie	Conap ¹	UICN ²	Cites
1	Araceae	<i>Anthurium montanum</i> Hemsl.	2		
2		<i>Monstera siltepecana</i> Matuda	3		
3	Araliaceae	<i>Oreopanax echinops</i> (Cham. & Schldl.) Decne. & Planch.		VU	
4		<i>Oreopanax sanderianus</i> Hemsl.	2	EN	
5	Arecaceae	<i>Chamaedorea keeleriorum</i> Hodel & Castillo	3	EN	
6		<i>Chamaedorea rojasiana</i> Standl. & Steyerem.	3		
7	Asclepiadaceae	<i>Cynanchum woodsonianum</i> L.O. Williams	2		
8	Asteraceae	<i>Eupatorium nubigenum</i> Benth.	2		
9		<i>Eupatorium pycnocephalum</i> Less.	2		
10		<i>Montanoa guatemalensis</i> B.L. Rob. & Greenm		NT	
11		<i>Psacalium pinetorum</i> (Standl. & Steyerem.) Cuatrec.	2		
12		<i>Senecio acutangulus</i> (Bertol.) Hemsl.	2		
13	Bromeliaceae	<i>Tillandsia butzii</i> Mez	3		
14		<i>Tillandsia caput-medusae</i> E. Morren	3		
15		<i>Tillandsia guatemalensis</i> L. B. Sm.	3		
16		<i>Tillandsia ionantha</i> var. <i>scaposa</i> L. B. Sm.	3		
17		<i>Tillandsia matudae</i> L. B. Sm.	3		
18		<i>Tillandsia ponderosa</i> L.B. Sm.	3		
19		<i>Tillandsia rodrigueziana</i> Mez	3		
20		<i>Tillandsia tephrophylla</i> var. <i>guzmanioides</i> (L. B. Sm.) Rohwende	3		
21		<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	3		
22		<i>Tillandsia vicentina</i> Standl.	3		
23	Cactaceae	<i>Disocactus cinnabarinus</i> (Eichlam ex Weing.) Barthlott	2		Apendice II
24		<i>Epiphyllum crenatum</i> (Lindl.) G. Don	2		Apendice II
25	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.		VU	
26	Crassulaceae	<i>Sedum guatemalense</i> Hemsl.	3		
27	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea dicranandra</i> Donn.Sm.	2		
28	Fagaceae	<i>Quercus acatenangensis</i> Trel.	3	LC	
29		<i>Quercus crispifolia</i> Trel.	2	EN	
30		<i>Quercus pilicaulis</i> Trel.	3	NT	
31		<i>Quercus tristis</i> Liebm.	3	LC	
32	Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i> Hartw. ex Benth.	2	EN	
33	Geraniaceae	<i>Geranium andicola</i> Loes.	2		
34	Lamiaceae	<i>Salvia curtiflora</i> Epling.	2		
35	Lauraceae	<i>Litsea guatemalensis</i> Mez	3		
36		<i>Phoebe Salvini</i> (Mez) Lundell	3		
37	Lophosoriaceae	<i>Lophosoria quadripinnata</i> var. <i>quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr.	2		Apendice II
38	Onagraceae	<i>Fuchsia cordifolia</i> Benth.	3		
39	Orchidaceae	<i>Arpophyllum alpinum</i> Lindl. In Benth.			Apendice II
40		<i>Bletia purpurata</i> A. Rich. & Galeotti	3		Apendice II
41		<i>Coelia</i> sp.			Apendice II
42		<i>Corallorhiza maculata</i> (Raf.) Raf.			Apendice II
43		<i>Cranichis apiculata</i> Lindl.			Apendice II
44		<i>Cyclopogon elatus</i> (Sw.) Schltr.			Apendice II
45		<i>Epidendrum arbuscula</i> A. Rich. & Galeotti			Apendice II
46		<i>Epidendrum dixorum</i> Hágsater			Apendice II
47		<i>Epidendrum microcharis</i> Rchb. f.			Apendice II
48		<i>Epidendrum varicosum</i> Bateman ex Lindl.			Apendice II
49		<i>Goodyera striata</i> Rchb. f.	3		Apendice II
50		<i>Govenia superba</i> (La Llave & Lex.) Lindl. ex Lodd.			Apendice II
51		<i>Gracielanthus pyramidalis</i> (Lindl.) R. González & Szlach.			Apendice II
52		<i>Habenaria</i> sp.1	3		Apendice II
53		<i>Habenaria</i> sp.2	3		Apendice II
54		<i>Isochilus aurantiacus</i> Hamer & Garay			Apendice II
55		<i>Lemboglossum</i> sp.			Apendice II
56		<i>Lemboglossum stellatum</i> (Lindl.) Halb.			Apendice II
57		<i>Lepanthes</i> sp.			Apendice II
58		<i>Lepanthes tecpanica</i> Luer & Behar			Apendice II
59		<i>Lepanthes williamsii</i> Salazar & Soto Arenas			Apendice II
60		<i>Malaxis brachyrhynchos</i> (Rchb. f.) Ames			Apendice II
61		<i>Maxillaria tenuifolia</i> Lindl.			Apendice II
62		<i>Ponera pellita</i> Rchb. f.			Apendice II
63		<i>Potosia schaffneri</i> (Rchb. f.) R. González & Szlach. ex Mytnik	3		Apendice II
64	<i>Rhynchoetele pygmaea</i> (Lindl.) Rchb. f.			Apendice II	
65	<i>Stelis</i> sp.			Apendice II	
66	Poaceae	<i>Calamagrostis guatemalensis</i> Hitchc.	2		
67	Prunaceae	<i>Prunus salasii</i> Standl.	2		
68	Rosaceae	<i>Rubus hadrocarpus</i> Standl. & Steyerem.	2		
69	Rubiaceae	<i>Didymaea microphylla</i> L.O. Williams	2		
70	Rutaceae	<i>Zanthoxylum aguilarii</i> Standl. & Steyerem.	2		
71	Sabiaceae	<i>Meliosma dives</i> Standl. & Steyerem.	2		
72	Sauraulaceae	<i>Saurauia oreophila</i> Hemsl.	2	EN	
73	Sterculiaceae	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i> Larreategui	3	VU	
74	Viscaceae	<i>Phoradendrom vulcanicum</i> Trel.	2		

1. Índice Conap: (1) Casi extintas, (2) En grave peligro, (3) Manejo especial- uso controlado.

2. Criterios de la UICN: (VU) Vulnerable, (EN) En Peligro, (NT) Casi Amenazada, (LC) Menor preocupación.

Cuadro 11.
Listado de flora
endémica o en
peligro, encontrada
en el bosque del
volcán San Pedro.

**ANEXO IX: CUADRO COMPARATIVO DE LA INFORMACIÓN BIOLÓGICA
DE ALGUNOS CERROS Y VOLCANES DE GUATEMALA**

Cuadro 12.

Síntesis de la información biológica de algunos cerros y volcanes de Guatemala.

Volcán / Cerro	Altura y Ubicación (Departamento)	Estudios Biológicos (Autor / año)	Pisos de Vegetación y Ecosistemas característicos	Flora Endémica	Fauna Endémica
Volcán de Agua	3,766 msnm Escuintla, Sacatepéquez y Guatemala	Viñals (1993) Véliz <i>et al.</i> (2001)	Viñals reporta en la cima 37 especies en total. Árboles: <i>Pinus rudis</i> ; Arbustos: <i>Baccharis vaccinioides</i> , <i>Pernettya saxicola</i> ; Hierbas predominantes de la familia Asteraceae y Poaceae. Véliz <i>et al.</i> , reportan 126 especies en el piso de 3,000 a 3,760 msnm, de las cuales 15 son árboles, 23 arbustos, 77 hierbas, 5 epifitas, 5 lianas y 1 parásita.	2 especies endémicas	
Volcán Acatenango	3,976 msnm Chimaltenango - Sacatepéquez	Véliz (1985 al 2000), Viñals (1993); Islebe, Velásquez & Cleef (1995)	Véliz reporta 918 especies vegetales en el rango de altitud de 1,500 a 3,976 msnm, y la Comunidad de Canac (<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>) entre los 2,000 a 3,000 msnm. Viñals reporta en la cima los árboles: <i>Pinus rudis</i> ; Arbustos: <i>Arctostaphylos cratericola</i> , <i>Vaccinium geminiflorum</i> , <i>Muehlenbeckia volcanica</i> ; Hierbas predominantes de la familia Asteraceae y Poaceae.		
Volcán Atitlán	3,542 msnm Sololá	Viñals (1993), Véliz <i>et al.</i> (2001), Dix <i>et al.</i> (2003), Schuster (2003).	Viñals reporta en la cima volcánica 28 especies. Árboles: <i>Pinus rudis</i> , <i>Buddleia skutchii</i> ; Arbustos: <i>Stevia lucida</i> var. <i>Oaxacana</i> , <i>Wigandia urens</i> , <i>Gaultheria odorata</i> ; Hierbas predominantes de la familia Asteraceae y Poaceae. Véliz <i>et al.</i> reportan de los 3,000 a 3,540 msnm un total de 104 especies, de estas 8 son árboles, 19 arbustos, 61 hierbas, 7 epifitas y 9 lianas.	2 especies endémicas y 4 de distribución restringida	<i>Oileus sargi</i> , pasáido de los bosques Nubosos. (Schuster, 2003)

Continuación cuadro 12.

Volcán / Cerro	Altura y Ubicación	Autor / Año	Pisos de Vegetación y Ecosistemas característicos	Flora Endémica	Fauna Endémica
Continuación Volcán Atitlán	3,542 msnm Sololá		Se reporta la presencia de Bosques Latifoliados de <i>Alnus jorullensis</i> , <i>Quercus sp.</i> entre 2,000 y 2,400 msnm; Bosque Mixto de <i>Quercus sp.</i> , <i>C. pentadactylon</i> <i>Pinus sp.</i> y <i>Phoebe salvinii</i> entre 2,400 y 2,800 msnm; Bosque Nuboso entre 2,800 y 3,300 msnm. (UVG, 2003)		
Volcán de Fuego	3,763 msnm Chimaltenango - Sacatepéquez	Viñals (1993), Véliz et al. (2001).	Viñals reporta en la cima solo 9 especies por la intensa actividad eruptiva. Árboles: <i>Pinus rudis</i> . Arbustos: <i>Muehlenbeckia volcanica</i> . Hierbas predominando las familias Poaceae, Asteraceae. Véliz et al. reportan para el piso de 3,000 a 3,763 msnm junto con el volcán Acatenango la presencia de 166 especies vegetales; de las que 17 son árboles, 30 arbustos, 102 hierbas, 8 epifitas, 8 lianas y 1 saprofito.	1 especie endémica	
Volcán y Laguna de Ipala	1,650 msnm Chiquimula	Archila (1994), Conama, Conap, Inguat, SGRH (1997), Conap - Enma Díaz & A (2001) Pineda (2004)	Se reporta la presencia de un Bosque Húmedo subtropical templado en la cima, en donde se encuentra la laguna de Ipala. Árboles dominantes: <i>Quercus sp.</i> , <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pachira acuatica</i> , <i>Enterolobium sp.</i> , <i>Cedrella odorata</i> . Pineda (2004), reporta 53 especies, 37 árboles y 16 arbustos. Endémicas: <i>Cedrela oaxacensis</i> , <i>Inga micheliana</i> , <i>Prunus guatemalensis</i> , <i>Prunus salasii</i> , <i>Meliosma dives</i> , <i>Ficus cotinifolia</i> , <i>Quercus corrugata</i> . Amenazada: <i>Nephelea mexicana</i> .	Orquídeas: <i>Lycaste Skinneri</i> var. <i>Ipala</i> y <i>Catleya ipalensis</i> Archila (1994). Pineda (2004) reporta 5 especies endémicas, 1 especie restringida, 1 en extinción.	
Cerro Iquitiú	2,238 msnm, San Lucas Tolimán, Sololá	Valdéz, et al. (2000)	Bosques Templados del Bioma Bosque de Montaña, 1850 a 2,238 msnm. Árboles dominantes: <i>Quercus skineri</i> , <i>Carpinus caroliniana</i> y <i>Ostrya virginiana</i> , <i>Pinus ayuacahute</i> .	<i>Quercus skinerii</i>	Dos especies de ratones endémicos regionales: <i>Peromyscus guatemalensis</i> y <i>Oryzomys rhabdops</i> ; y una nueva especie de salamandra de género <i>Bolitoglossa</i> , grupo Morio.

Continuación cuadro 12.

Volcán / Cerro	Altura y Ubicación	Autor / Año	Pisos de Vegetación y Ecosistemas característicos	Flora Endémica	Fauna Endémica
Cerro Miramundo	2,600 msnm Jalapa	Marroquín (1995), Valdéz, <i>et al.</i> (2000)	Bosque de Pino y Encino (ocupando las partes más elevadas que varían de 2,500 a 2,600 msnm), Bosque de <i>Quercus-Persea</i> (entre 2,300 a 2,470 msnm), Bosque de coníferas (en todo el cerro), y un hábitat transicional de regeneración con <i>Baccharis vaccinioides</i> .		Especie endémica de musaraña, <i>Sorex verapacis</i> . Tres especies de ratones endémicas regionales: <i>Microtus guatemalensis</i> , <i>Habromys lophurus</i> y <i>Oryzomys cf. saturator</i> . Dos nuevas especies de salamandra género: <i>Bolitoglossa</i> . (Valdéz et al)
Volcán de Pacaya	2,552 msnm Guatemala - Escuintla	Fitzpatrick <i>et al.</i> (en Pereira, 1990), Castro - INAB (1998), Calderón <i>et al.</i> , (2005)	Bosque húmedo subtropical templado Árboles dominantes: <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>Quercus spp.</i> , <i>Chirantodendron sp.</i> Se reporta un total de 174 especies, predominando las familias Asteraceae, Piperaceae, Poaceae, Polypodiaceae, Rubiaceae y Solanaceae. Las especies más abundantes son: <i>Tradescantia spp</i> , <i>Smilacina flexuosa</i> , <i>Senecio cobanensis</i> , <i>Penisetum clandestinum</i> , <i>Hydrocotille mexicana</i> , <i>Monstera siltepecana</i> , <i>Arenaria spp</i> , <i>Cestrum pacayense</i> , <i>Commelina spp</i> , <i>Geranium andicola</i> .	<i>Cedrela pacayana</i> , <i>Cestrum pacayense</i> , <i>Chusquea longifolia</i>	
Volcanes del sur de Quetzaltenango	Cerro Quemado, Chicabál, Lacandón, Santiaguito, Siete Orejas 1,500 msnm	Proarcas – Capas – USAID (2000).	Comunidades Boscosas ubicadas entre 1,500 y 2,700 msnm, Zonas de Vida: Bosque húmedo premontano subtropical, bosque húmedo montano bajo subtropical, bosque húmedo montano subtropical.	9sp. endémicas regionales, 6sp. endémicas nacionales, 1sp. endémica local (<i>Fucsia cordifolia</i>)	
Volcán San Pedro	3,020 msnm Sololá	Dix <i>et al.</i> (2003)	Se reporta la presencia de Bosques Latifoliados de <i>Alnus jorullensis</i> , <i>Quercus sp.</i> entre 2,000 y 2,400 msnm; Bosque Mixto de <i>Quercus sp.</i> , <i>C. pentadactylon</i> , <i>Pinus sp.</i> y <i>Phoebe salvinii</i> , entre 2,400 y 2,800 msnm; Bosque Nuboso entre 2,800 y 3,020 msnm. (UVG, 2003)	1 especie amenazada	

Continuación cuadro 12.

Volcán / Cerro	Altura y Ubicación	Autor / Año	Pisos de Vegetación y Ecosistemas característicos	Flora Endémica	Fauna Endémica
Volcán Santa María	3,772 msnm Quetzaltenango	Viñals (1993), Islebe, Velásquez & Cleef (1995), Proarcas – Capas – USAID (2000), Véliz et al. (2001).	Viñals reporta en la cima 24 especies vegetales. Árboles: <i>Pinus rudis</i> , <i>Buddleia skutchii</i> . Arbustos: <i>Acaena elongata</i> , <i>Oxylobus glanduliferus</i> . Hierbas Predominando las familias Asteraceae y Poaceae. Véliz et al. reportan para el piso de 3,000 a 3,772 msnm, 138 especies de las que 8 son árboles, 2 arbustos, 85 hierbas, 3 epifitas, 8 lianas y 2 parásitas.	4 especies endémicas	
Volcán Santo Tomás (Pecúl)	3,505 msnm Sololá, Quetzaltenango	Viñals (1993), Suchini, et al. (2001), Véliz et al. (2001).	Viñals reporta en la cima 37 especies. Árboles: <i>Pinus rudis</i> , <i>Buddleia skutchii</i> , <i>Alnus firmifolia</i> . Arbustos: <i>Acaena elongata</i> , <i>Arbutus xalapensis</i> , <i>Arctostaphylos cratericola</i> , <i>Pernettya saxicola</i> . Hierbas predominando las familias Poaceae y Asteraceae. Véliz et al. reportan para la Sierra Chuatroj (donde se ubica el volcán) 266 especies. Con 25 especies arbóreas, 60 arbustos, 144 hierbas, 17 epifitas, 17 lianas y 3 parásitas.	Se reportan 7 especies endémicas, 1 especie amenazada	
Volcán Suchitán	2,042 msnm Jutiapa	Prodert - Manuel Basterrechea Asociados (1999), Valdéz, et al. (2000)	Bosque Nuboso de encinos y lauráceas, mitad alta del volcán Vegetación característica: <i>Quercus ilex</i> , <i>Garrya laurifolia</i> , <i>Ostrya virginiana</i> , <i>Oreopanax sp.</i> , <i>Conium sp.</i> , <i>Sambucus oreopala</i> .	<i>Peperomia suchitanenesis</i> , y <i>Rojasianthe superba</i>	<i>Accipiter striatus chionogaster</i> , musaraña endémica regional (<i>Cryptotis goowini</i>), y una nueva especie de salamandra: <i>Bolitoglossa sp.</i>
Volcán Tacaná	4,092 msnm San Marcos	Viñals (1993), Islebe, Velásquez & Cleef (1995), Suchini, et al. (2001), Véliz et al. (2001).	En la cima volcánica Viñals reporta 27 especies vegetales. Árboles: <i>Pinus rudis</i> , <i>Juniperus standleyi</i> . Arbustos: <i>Senecio heterogamus</i> , <i>Stevia microchaeta</i> , <i>Acaena elongata</i> , <i>Holodiscus argenteus</i> .	Suchini, et al. reportan 3 especies endémicas. Breedlove reporta en el área mexicana del volcán Tacaná las especies de plantas endémicas: <i>Ardisia ovandensis</i> .	Población restringida del ave, <i>Tangara cabanisi</i> . Refugio de ratones (endémicos regionales) <i>Peromyscus gymnotis</i> ,

Continuación cuadro 12.

Volcán / Cerro	Altura y Ubicación	Autor / Año	Pisos de Vegetación y Ecosistemas característicos	Flora Endémica	Fauna Endémica
continuación Volcán Tacaná			Hierbas predominando las familias Asteraceae y Poaceae. Véliz <i>et al.</i> reportan en el piso comprendido entre los 3,000 y 4,000 msnm para el área abarcada entre el volcán Tacaná y Tajumulco, 213 especies de plantas, de las que 12 son árboles, 36 arbustos, 149 hierbas, 9 epifitas, y 9 lianas.	<i>Buddleia ovandensis</i> , <i>Clethra matudai</i> , <i>Deherainia matudai</i> , <i>Eugenia siltepecana</i> , <i>Q.ovandensis</i> , <i>Q.paxtalensis</i> , <i>Symplocos tacanensis</i> y <i>Zinowiewia matudai</i>	<i>Heteromys goldmani</i> , <i>Oryzomys cf. saturator</i> , y <i>P. guatemalensis</i> .
Volcán Tajumulco	4,220 msnm San Marcos	Viñals (1993), Islebe, Velásquez & Cleef (1995), Suchini, <i>et al.</i> (2001), Véliz <i>et al.</i> (2001).	Para la cima Viñals reporta 21 especies de plantas. Árboles: <i>Pinus rudis</i> . Arbustos: <i>Acaena elongata</i> , <i>Arctostaphylos cratericola</i> , <i>Pernettya saxicola</i> . Hierbas predominando las familias Rosaceae, Poaceae y Asteraceae. Suchini <i>et al.</i> describen entre los 1,150 y 1,500 msnm una selva subtropical húmeda, con especies: <i>Quercus skineri</i> y <i>Annona</i> sp. Véliz <i>et al.</i> reportan en el piso comprendido entre los 3,000 y 4,000 msnm para el área abarcada entre el volcán Tacaná y Tajumulco, 213 especies de plantas, de las que 12 son árboles, 36 arbustos, 149 hierbas, 9 epifitas, y 9 lianas.	Se reportan 8 especies endémicas, y 4 especies amenazadas	
Volcán Tolimán	3,175 msnm Sololá	UVG (2003)	Se reporta la presencia de Bosques Latifoliados de <i>Alnus jorullensis</i> , <i>Quercus</i> sp. entre 2,000 y 2,400 msnm; Bosque Mixto de <i>Quercus</i> sp., <i>C. pentadactylon</i> , <i>Pinus</i> sp. y <i>Phoebe salvinii</i> entre 2,400 y 2,800 msnm; Bosque Nuboso entre 2,800 y 3,175 msnm. (UVG, 2003)		

Continuación cuadro 12.

Volcán / Cerro	Altura y Ubicación	Autor / Año	Pisos de Vegetación y Ecosistemas característicos	Flora Endémica	Fauna Endémica
Volcán Zunil	3,542 msnm Quetzaltenango Sololá, Suchitepéquez	Viñals (1993), Suchini, <i>et al.</i> (2001), Véliz <i>et al.</i> (2001).	<p>En la cumbre se reportan 31sp Árboles: <i>Pinus rudis</i>, <i>Alnus firmifolia</i>, <i>Buddleia skutchii</i>. Arbustos: <i>Acaena</i> <i>elongata</i>, <i>Stevia lucida</i> var. <i>Oaxacana</i>, <i>Vaccinium geminiflorum</i>. Hierbas predominando las familias Asteraceae y Poaceae.</p> <p>Véliz <i>et al.</i> reportan para la Sierra Chuatroj en el piso comprendido entre los 3,000 a los 3,542 msnm, 266 especies de plantas. Con 25 especies arbóreas, 60 arbustos, 144 hierbas, 17 epifitas, 17 lianas y 3 parásitas.</p>	Se reportan 5 especies endémicas y 1 especie amenazada	

ANEXO X: BOLETA PARA LA TABULACIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO

FECHA: _____ NÚMERO DE PARCELA (correlativo a mapa): _____

PISO ALTITUDINAL: _____ EXPOSICIÓN: _____ ORIENTACIÓN DE LA PENDIENTE: _____

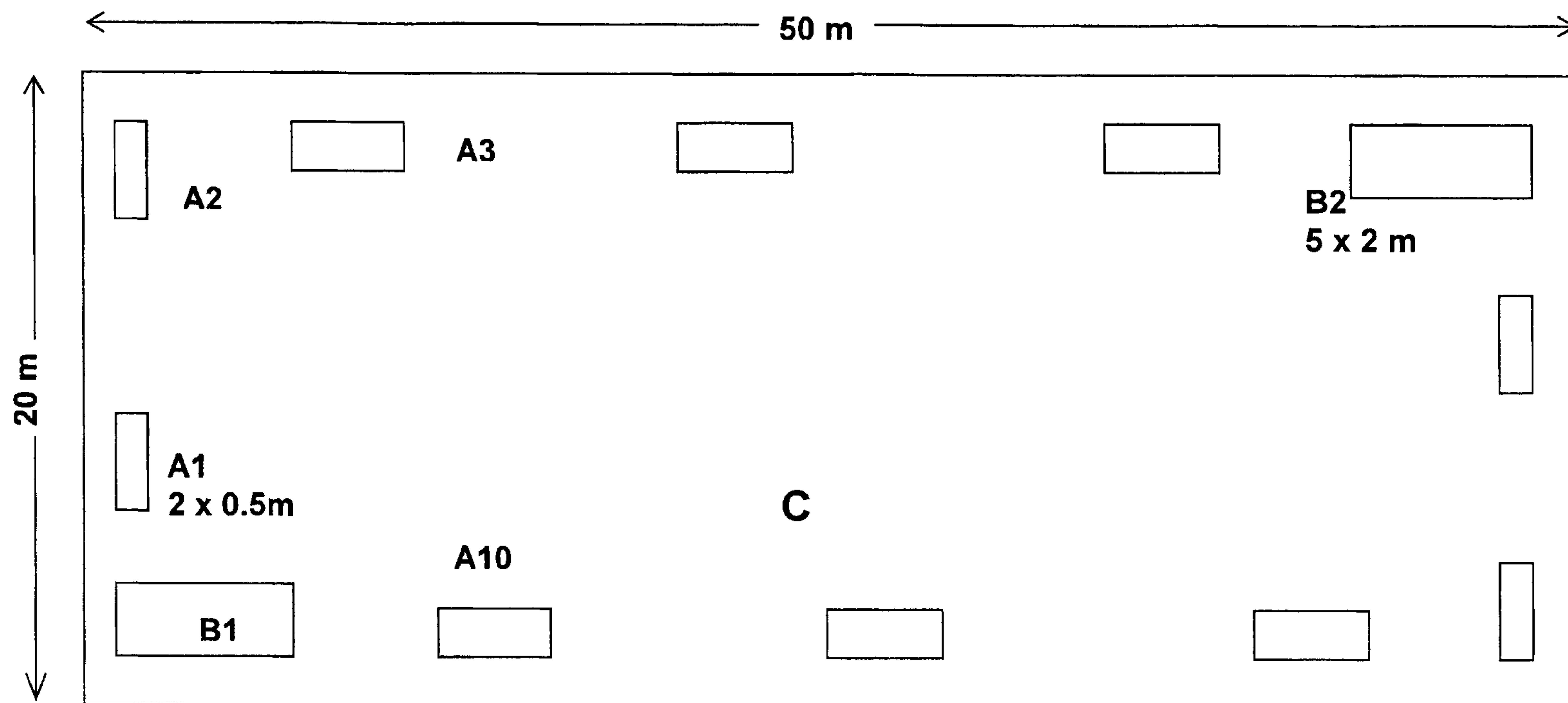
COORDENADAS GEOGRÁFICAS EN EL CENTRO DE LA PARCELA: _____

Sub parcela	# correlativo a colecta	Nombre común o Morfoespecie	Nombre Científico (si se conoce)	DAP (cm)	Altura (m)	Abundancia (frecuencia)	observaciones

Cuadro 13.

Boleta para la tabulación de datos de campo

ANEXO XI: DIAGRAMA DE LA PARCELA DE WHITTAKER PARA EL MUESTREO DE LA VEGETACIÓN

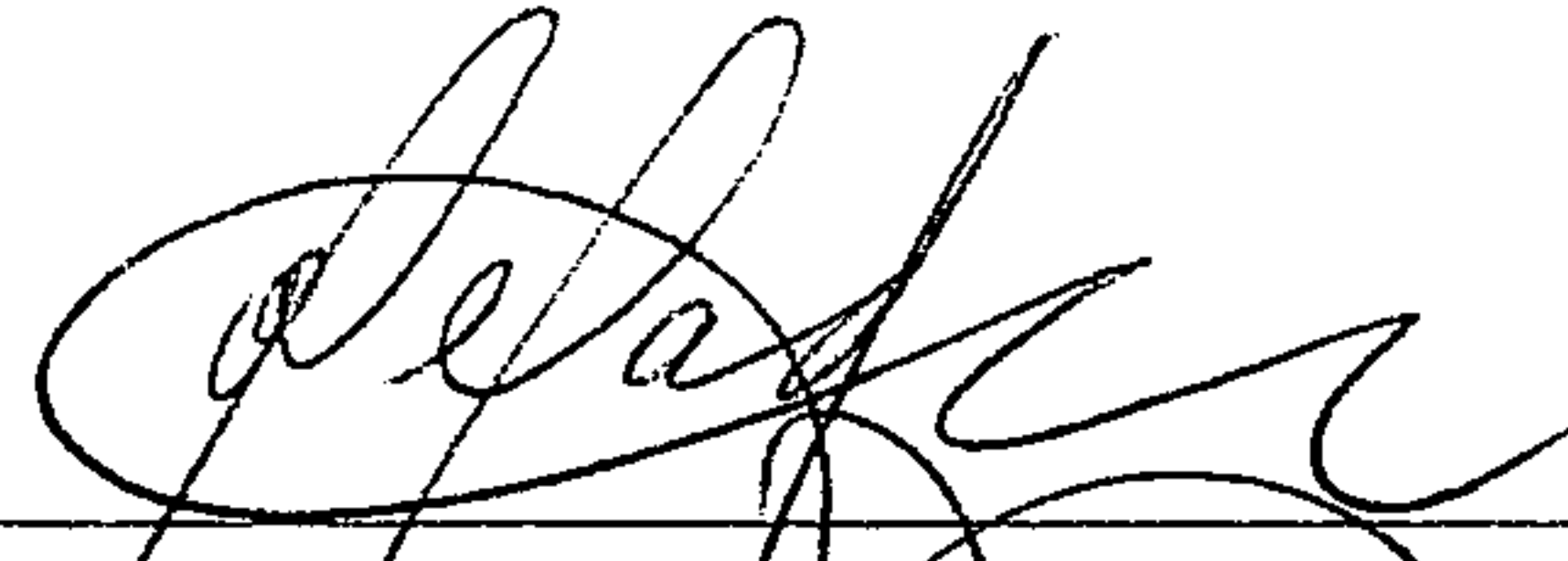


Cuadro 14. Parcela de Whittaker

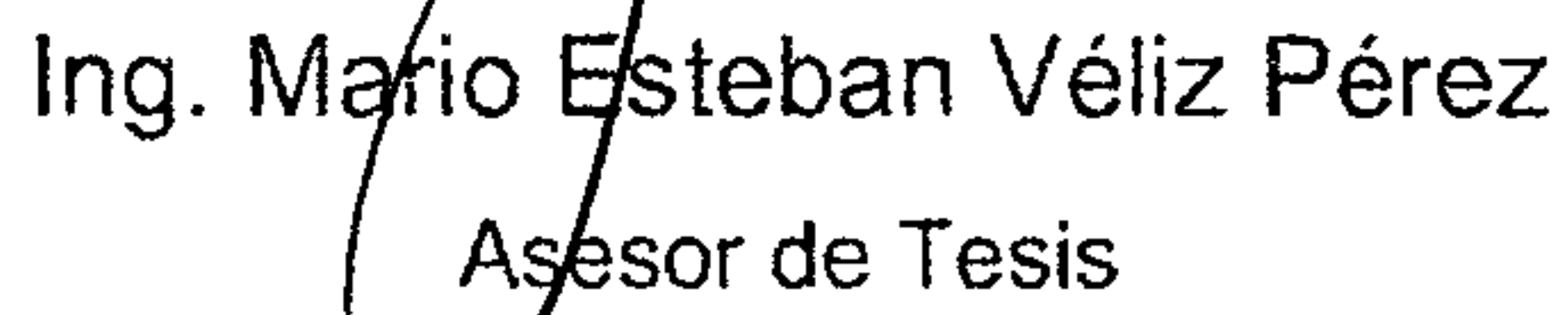
Según la metodología de Whittaker, las subparcelas identificadas como A1 a A10 (2m x 0.5m) corresponden a hierbas menores a 50 cm de altura, en las que sólo se reporta la composición y abundancia.

Las subparcelas B1 y B2 (2m x 5m), corresponden a los arbustos y árboles pequeños con diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 1 cm, y menor a 10 cm. Se mide la altura, DAP y abundancia.

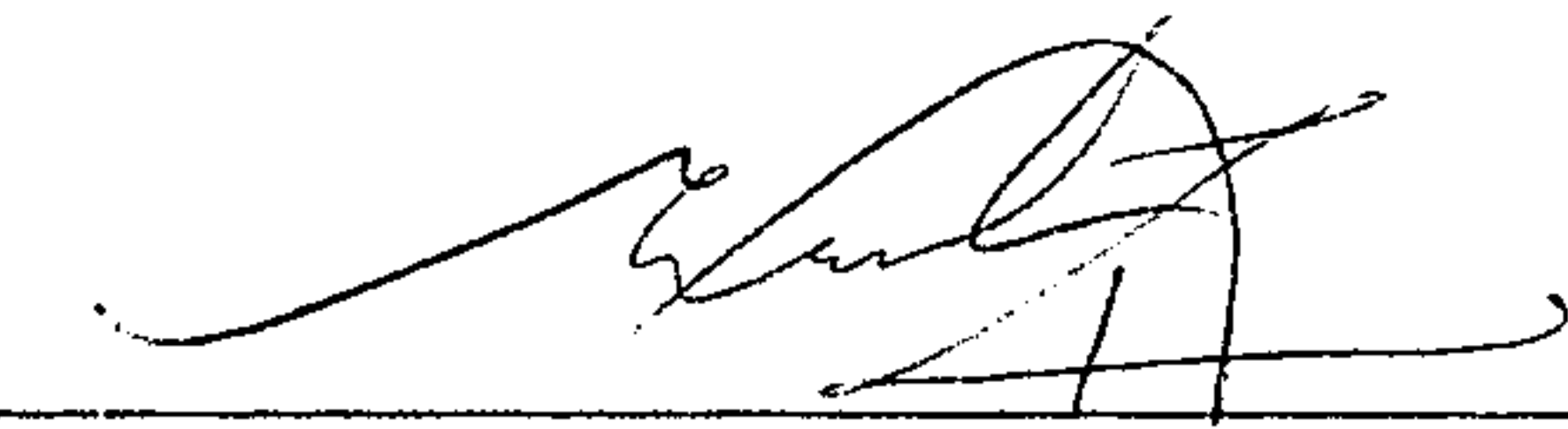
En la parcela grande C (20 x 50m), se colectan y miden todos los árboles con DAP igual o mayor a 10 cm.



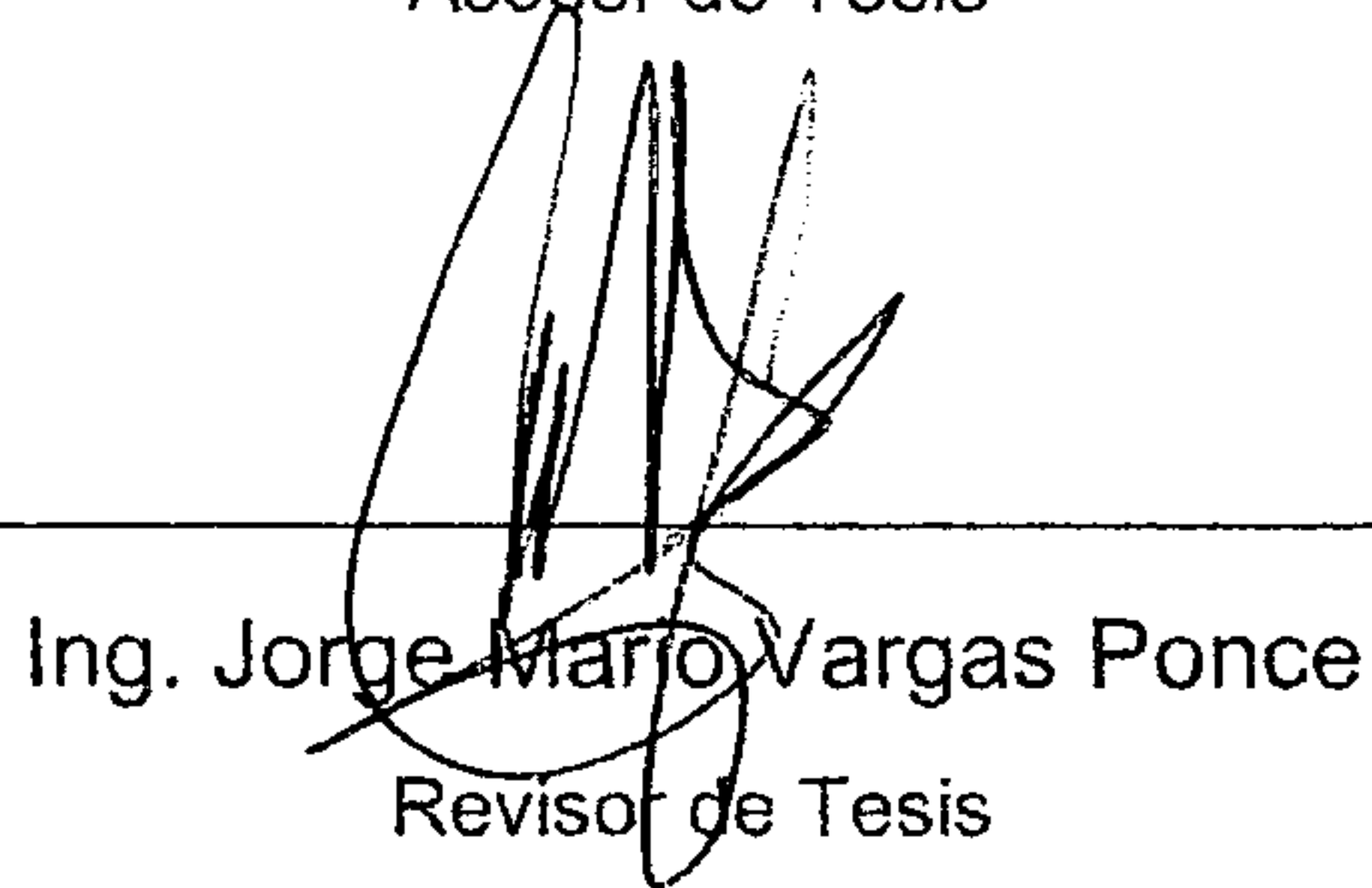
Pedro Daniel Pardo Villegas
Autor



Ing. Mario Esteban Véliz Pérez
Asesor de Tesis



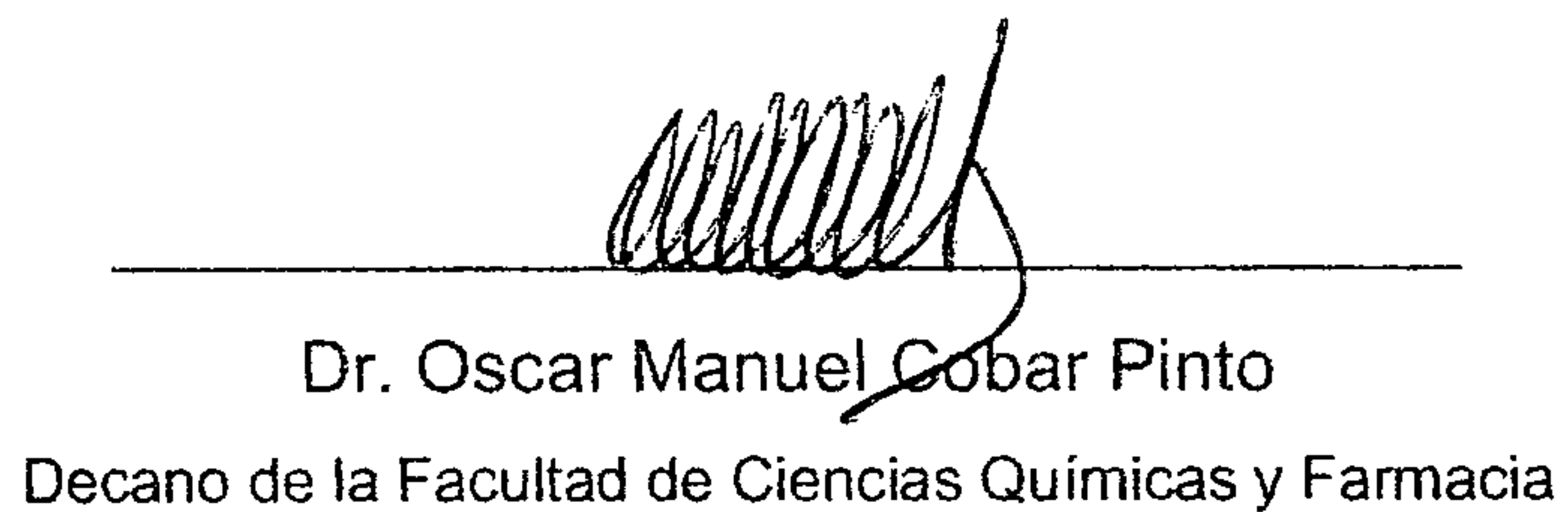
Lic. Claudio Aquiles Méndez Hernández
Asesor de Tesis



Ing. Jorge Marro Vargas Ponce
Revisor de Tesis



Licda. Ana Rosalito Barrios Solís
Directora de Escuela de Biología



Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto
Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia