

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**ANÁLISIS FLORÍSTICO COMPARATIVO DE LA VEGETACIÓN ALTO-  
ANDINA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA Y DE LOS ANDES DE CHILE  
CENTRAL**

**Nicolás García Berguecio**

**Santiago, Chile**

**2006**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**ANÁLISIS FLORÍSTICO COMPARATIVO DE LA VEGETACIÓN ALTO-  
ANDINA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA Y DE LOS ANDES DE CHILE  
CENTRAL**

**“COMPARATIVE FLORISTIC ANALYSIS OF THE HIGH-ANDEAN  
VEGETATION OF THE COASTAL AND ANDES MOUNTAIN RANGES OF  
CENTRAL CHILE”**

**Nicolás García Berguecio**

**Santiago, Chile**

**2006**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**ANÁLISIS FLORÍSTICO COMPARATIVO DE LA VEGETACIÓN ALTO-  
ANDINA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA Y DE LOS ANDES DE CHILE  
CENTRAL**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

**Nicolás García Berguecio**

Calificaciones

Profesores Guías

Sr. Luis Faúndez Yancas  
Ingeniero Agrónomo

Sra. Mary T. Kalin de Arroyo  
B. Sc., Ph. D. (University of California)

Profesores Evaluadores

Sr. Federico Luebert Bruron  
Ingeniero Forestal

Sra. Berta Escobar Alvarez  
Profesora de Química y Ciencias Naturales

Colaborador

Sra. Gladys Fernández Hinojosa  
Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.

Santiago, Chile

2006

### **Agradecimientos:**

A Pablo Becerra, por su ayuda fundamental en la elaboración de la metodología y en el análisis de los datos. A Mary Kalin, Luis Faúndez y Federico Luebert, por su guía y comentarios valiosos durante la elaboración de esta investigación y desarrollo del manuscrito. A Mélica Muñoz-Schick y Clodomiro Marticorena, por proporcionar información y datos taxonómicos, nomenclaturales y distribucionales de algunas especies. Al Profesor Rodolfo Gajardo y a Sebastián Teillier, por comentarios inspiradores. Al Profesor Reynaldo Charrier, por sus comentarios respecto a la historia del alzamiento de la Cordillera de la Costa.

A Rosa Montero, Alicia Marticorena y Roberto Rodríguez, por la hospitalidad brindada en el Herbario de la Universidad de Concepción; a Inés Meza y Elizabeth Barrera de la sección Botánica del Museo Nacional de Historia Natural. A María Negritto, por la ayuda en la aproximación taxonómica de *Poa*.

A Don Guillermo Trivelli, por las facilidades de acceso proporcionadas al Fundo Quilapilún. A los arrieros de Chicauma, Don Siriaco Pérez y Don Luchín. A Sergio Araya y Alejandra Carmona por su ayuda en la toma de datos en Altos de Chicauma.

A Juan Luis Celis y Ernesto Badano por la ayuda con algunos análisis. A Patricio Pliscoff, por la ayuda con las imágenes del relieve de Chile central y las fotos aéreas. A Miguel Escobar, por la ayuda con la imágenes.

A Tania Villaseñor, por su apoyo emocional y ayuda en la elaboración de las imágenes finales.

A mis padres, hermanas y hermanos, por su apoyo y cariño.

Al Proyecto Milenio P99-P 103 F ICM de Chile, por la ayuda financiera para trabajos de campo del proyecto Flora de Altos de Chicauma, parte de cuyos datos fueron utilizados en esta investigación, y a la beca tesista Proyecto FONDECYT 1020956, por su apoyo financiero en la elaboración de mi Memoria de Título.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Contextualización biogeográfica y vegetacional.....	12
Sitios de estudio.....	13
Geología.....	15
Clima.....	15
Muestreo y análisis de datos.....	16
RESULTADOS.....	21
Riqueza florística de la vegetación alto-andina en Altos de Chicauma y Quilapilún.....	21
Riqueza <i>alpha</i> .....	21
Riqueza <i>gamma</i> .....	24
Composición florística de la vegetación alto-andina en Altos de Chicauma y Quilapilún.....	25
Similitud florística.....	25
Endemismo.....	27
Espectro de dispersión de la flora en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma y Quilapilún.....	28
Síndromes de dispersión de <i>Chaetanthera</i> en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma y Quilapilún.....	29
DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
APÉNDICE 1. Listado de la flora total y de los polígonos de muestreo en Altos de Chicauma y Quilapilún, indicando tipo biológico, síndrome de dispersión y endemismo a cordilleras.....	48
APÉNDICE 2. Inventarios de parcelas (100 m <sup>2</sup> ) en Altos de Chicauma y Quilapilún.....	57
APÉNDICE 3: Coordenadas geográficas y altitudes de parcelas (100 m <sup>2</sup> ) en Altos de Chicauma y Quilapilún.....	68

## RESUMEN

Se evaluaron las diferencias de riqueza y composición florística de la vegetación alto-andina entre un sector de la Cordillera de la Costa (Altos de Chicauma) y otro ubicado en la Cordillera de Los Andes (Quilapilún). Además, se consideraron aspectos de la dispersión de la flora en general, y de un género representativo (*Chaetanthera*) de la vegetación analizada, con el fin de evaluar la relevancia del grado de dispersabilidad para la presencia de determinadas especies en Altos de Chicauma.

En cada sitio de estudio, se registró la flora vascular en un polígono de 100 ha, dos polígonos de 50 ha y 30 parcelas de 100 m<sup>2</sup>. También se registraron especies fuera de los polígonos de muestreo, para los análisis de endemismo y dispersión. Se realizó una prueba-*t* de la riqueza-*alpha* media y un ANOVA factorial de la riqueza registrada en las parcelas de 100 m<sup>2</sup> por tipo biológico y por localidad. Se construyó una curva riqueza-área para cada sitio y se efectuó una Prueba de Homogeneidad de Pendientes, con el fin de comparar el efecto del área sobre la riqueza. Para evaluar la similitud florística entre localidades, se aplicó un Análisis de Conglomerados para la flora registrada en 200, 100 y 50 ha, en general y por tipo biológico, y se determinó la significancia de dichas similitudes mediante el método de Bootstrap. Se compararon con la prueba de G las proporciones de especies presentes sólo en Costa o en Andes y los espectros de dispersión de la flora total. La proporción de especies de *Chaetanthera* con distinto tipo de *pappus* fue comparada entre localidades mediante una prueba de Fisher de dos colas.

Tanto la riqueza, como la composición de especies, evaluadas en superficies equivalentes, no difieren significativamente, aunque hay una mayor proporción de especies presentes sólo en Andes que en Costa de Chile central. Tanto el espectro de dispersión de la flora total, como la proporción de especies de *Chaetanthera* que presentan fruto con distinto tipo de *pappus*, son similares entre localidades, indicando una baja probabilidad de origen a partir de dispersión a larga distancia de la vegetación alto-andina actual en Altos de Chicauma.

Palabras clave: Chile central, vegetación alto-andina, flora, disyunción, riqueza, composición, dispersión, *Chaetanthera*

## ABSTRACT

Richness and composition floristical characters of the high-andean vegetation were evaluated among a site in the Coastal (Altos de Chicauma) and Andes (Quilapilún) mountain ranges of central Chile (33° S). The dispersal spectrum of the total floras and the proportion of *Chaetanthera* species with different *pappus* types were compared among sites, in order to discern the relevance of the dispersability degree in the origin of the analyzed vegetation in the Coastal mountains. Both richness and composition of species, evaluated in equivalent areas, are not significantly different, although there is a higher proportion of species only present in the Andes than in the Coastal range of central Chile. The dispersability is similar among sites, indicating a low probability of long distance dispersal as the origin of the actual high-andean vegetation in Altos de Chicauma. Aspects relevant to explain the resulting richness and compositional patterns, and the evolution of the high-andean flora, are discussed.

Key words: Central Chile, high-andean vegetation, flora, disjunction, richness, composition, seed dispersion, *Chaetanthera*

## INTRODUCCIÓN

El sector central de Chile mediterráneo (Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Lib. B. O'Higgins) se caracteriza, en términos generales, por una predominancia de vegetación del tipo Esclerofilo (Gajardo, 1994) en las zonas bajo los 1700-2000 m.s.n.m (Muñoz-Schick *et al.*, 2000). Por sobre esta cota altitudinal, cuyos límites son variables dependiendo de la situación local, se desarrolla otro tipo de vegetación, de distribución principal en la Cordillera de Los Andes (CdLA), caracterizada por la dominancia de arbustos bajos y/o acojinados, hierbas arrosetadas y gramíneas perennes (Arroyo *et al.*, 1981; Villagrán *et al.*, 1983; Muñoz-Schick *et al.*, 2000; Cavieres *et al.*, 2000). Los ambientes de alta montaña se han definido genéricamente como ambiente alpino, que aquí trataremos como alto-andino, y se desarrolla por sobre el límite altitudinal arbóreo, caracterizándose por contener matorrales bajos y herbazales adaptados a sus condiciones ambientales extremas (Körner, 1999; Castor, 2002; Luebert y Pliscoff, 2006). La predominancia de estas formas de vida, sumado a una identidad y ciertas singularidades florísticas, la destacan como una unidad vegetacional de Chile mediterráneo, denominada Estepa Alto-Andina de la Cordillera de Santiago (Gajardo, 1994).

En Chile central, tres grandes sistemas montañosos de la Cordillera de la Costa (CdIC) (~ 32°50' – 34°50' S), tienen la ubicación geográfica adecuada y las altitudes necesarias, para albergar vegetación alto-andina fuera de CdLA. Los cordones montañosos aludidos de CdIC corresponden al sistema Chache-Caquis o Cordillera de El Melón (Región de Valparaíso), el sistema Aconcagua-Maipo (Regiones de Valparaíso y Metropolitana) y el sistema Altos de Cantillana (Regiones Metropolitana y del Lib. B. O'Higgins). La vegetación y flora alto-andina de la CdIC ha sido observada por varios autores en el sistema Aconcagua-Maipo, entre el Co. La Campana y Altos de Chicauma, así como en el sistema Altos de Cantillana (e.g. Reiche, 1934; García y Arroyo, 2003; Romero y Teillier, 2003; vease Luebert y Pliscoff, 2006 para revisión). La irregular continuidad de altitudes superiores a los 1800-2000 m.s.n.m. en CdIC, determina que la vegetación alto-andina se desarrolle en forma de "islas" relegadas a los sectores con altitudes por sobre esta cota (vease Figura 1).



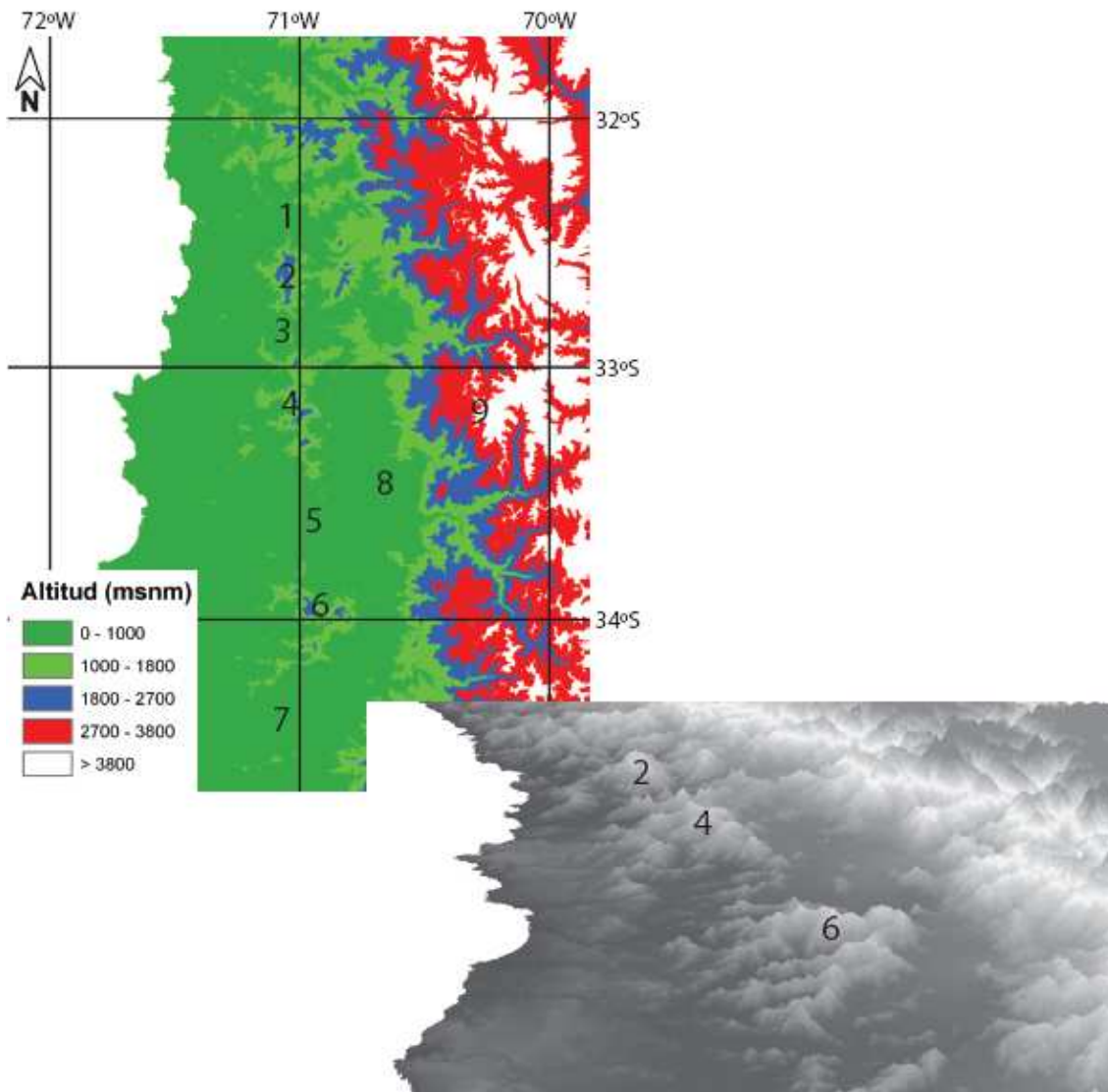


Figura 1: Relieve general de Chile central entre las Regiones de Coquimbo y del Lib. B. O'Higgins. 1: Río Petorca; 2: Cordillera del Melón; 3: Río Aconcagua; 4: Sistema Aconcagua-Maipo; 5: Río Maipo; 6: Altos de Cantillana; 7: Río Cachapoal; 8: Santiago; 9: Cordillera Principal. Figuras generadas a partir de imagen SRTM<sup>1</sup>.

Ante tales condiciones de aislamiento geográfico de la vegetación alto-andina en CdIC, la Teoría de Biogeografía de Islas predice que la riqueza de especies estaría empobrecida en relación al área y vegetación equivalente continua de CdLA (MacArthur y Wilson, 1967). Karl Reiche (1907) fue el primero en destacar una alta similitud florística entre las cimas montañosas de CdIC de las Regiones de Valparaíso y Metropolitana, en relación a CdLA de las mismas latitudes, y además habría señalado que en CdIC la flora de altitud estaría “más pobremente representada” que en CdLA (cf. Looser, 1929; Reiche, 1937). La disyunción Andes-Costa de la vegetación alto-andina ha sido tratada sucintamente, atribuyéndosele un origen glacial y mencionándose la presencia

<sup>1</sup> NASA-NGA-DLR-ASI. 2002. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Elevation Dataset, SDE raster digital data. U.S. Geological Survey, Sioux Falls, SD. Disponible online: <http://seamless.usgs.gov>

de “más de 150 especies de distribución principal en CdLA de Chile central y Estepa Patagónica Occidental” en los fragmentos de vegetación alto-andina de CdIC, sin entrar en mayor detalle acerca de la identidad de dichas especies (Villagrán *et al.*, 1998; Villagrán y Armesto, 2003; Villagrán e Hinojosa, 2005). El aislamiento de la vegetación alto-andina en las altas cumbres de la CdIC de Chile central se habría producido entre 10.000 y 15.000 años AP, coincidiendo con el término del último período glacial y el subsecuente cambio climático, desde húmedo a semiárido, e incremento de las temperaturas durante la transición Pleistoceno-Holoceno (Heusser, 1990; Villagrán y Varela, 1990; Villagrán, 1995). Este tiempo de aislamiento supone que la flora de altitud en la CdIC es una “flora joven”.

Un aspecto relevante de la biología de la flora alto-andina que ha de ser considerado en un análisis de su origen en CdIC, es su grado de dispersabilidad. El espectro de dispersión determinado para la flora alto-andina de Chile central, es similar al encontrado para otras floras de ambientes de alta montaña (Castor, 2002). En general, se ha planteado que este tipo de floras tendrían la capacidad de dispersarse a largas distancias. Por ejemplo, basados en reconstrucciones filogenéticas para varios grupos de plantas alpinas, Winkworth *et al.* (2002) sugieren que linajes de Australia, Nueva Guinea e islas subantárticas habrían derivado de ancestros de Nueva Zelanda que vivían en hábitats similares, a partir de algún proceso de dispersión a larga distancia durante Plioceno - Pleistoceno. Por otro lado, en un estudio de comunidades de plantas típicamente alpinas restringidas a altas cumbres en el noreste de los Estados Unidos de América, Riebesell (1982) resalta la importancia de la dispersión zoócora en la distribución de las plantas en los parches estudiados, y sugiere que la inmigración es un proceso en curso para estos sistemas y que las plantas alpinas no constituyen meramente poblaciones relictuales.

Con el fin de contrastar los patrones de dispersabilidad de la flora alto-andina al nivel comunitario con un género representativo de ésta, el género *Chaetanthera* resulta interesante, ya que presenta especies con diferentes síndromes de dispersión (Cabrera, 1933; Castor 2002). En algunas especies las setas del *pappus* son planas y caedizas, de tal manera que las cipselas se liberan al lado de la planta madre sin *pappus*. En cambio, hay otras especies en las cuales el *pappus* se mantiene adherido a la cipsela después de la dispersión. En el primer caso, el propágulo estaría asociado a una baja dispersabilidad, sin presentar modificaciones morfológicas relevantes para la dispersión; mientras que el segundo tipo, estaría asociado a una mayor dispersabilidad, presentando un *pappus* persistente que le permite ser dispersado por el viento.

La motivación principal de este estudio es determinar el grado de diferenciación de la flora de la vegetación alto-andina disjunta, en cuanto a la riqueza y a la composición florística, además de dar a conocer una muestra de las especies que la integran. De haber sido relevante el grado de dispersabilidad de la flora de la vegetación alto-andina en el establecimiento de ésta en CdIC, se esperaría encontrar una mayor proporción de especies con propágulos

asociados a dispersión de larga distancia (por viento o por animales) en la flora alto-andina de CdIC que en la de CdLA. De modo semejante, el género *Chaetanthera* constituye un modelo interesante para estudiar la relevancia de la dispersabilidad en la historia de la flora alto-andina en CdIC, siendo la predicción similar a la propuesta para la flora total (mayor dispersabilidad en las especies presentes en CdIC).

### **Objetivo general**

Evaluar comparativamente las diferencias de riqueza y composición florística autóctona de la vegetación alto-andina zonal en CdIC y CdLA de Chile central, considerando aspectos de la dispersión al nivel de comunidad y para las especies del género *Chaetanthera*.

### **Objetivos específicos**

A la misma latitud, en la Región Metropolitana, para la vegetación alto-andina de un sitio en CdLC y otro en CdLA:

1. Determinar y comparar la riqueza de especies vegetales autóctonas.
2. Caracterizar las diferencias de composición florística.
3. Comparar el espectro de dispersión de la flora autóctona.
4. Establecer y comparar los síndromes de dispersión de las especies presentes del género *Chaetanthera*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Contextualización biogeográfica y vegetal

Con el fin de establecer unidades equivalentes de comparación, se ha optado por definir las según la vegetación. Como un primer nivel de aproximación biogeográfico, en el contexto de Sudamérica, la biota que compone la vegetación que se va a evaluar pertenece al Reino Neotropical-Austroamericano, Sub Reino Austroamericano, Región Mesochilena-Patagónica, Provincia Andino-Mediterránea (Rivas-Martínez *et al.*, 1999; Navarro y Maldonado, 2002). Esta provincia biogeográfica se caracteriza por el clima frío todo el año y por recibir la precipitación en forma de nieve o granizo (Cabrera y Willink, 1973). Más localmente, ha sido definida por Gajardo (1994), como Estepa Alto-Andina de la Cordillera de Santiago, caracterizándose por la fisionomía xerófita, predominando los arbustos bajos y espinosos, leñosas pulvinadas y gramíneas de crecimiento en mechón. Algunos géneros destacables, en cuanto a número de especies, de la flora en esta formación vegetal son: *Acaena*, *Adesmia*, *Calceolaria*, *Chaetanthera*, *Haplopappus*, *Senecio* y *Oxalis* (Hoffmann *et al.*, 1998; Muñoz *et al.*, 2000; Arroyo *et al.*, 2002).

Debido a la gran amplitud altitudinal en que se desarrolla este tipo de vegetación en CdLA de Chile central (hasta los 3.700-3.900 m.s.n.m.), es posible distinguir tres pisos vegetacionales a lo largo del gradiente altitudinal, que se diferencian por la dominancia de distintas especies y formas de vida (Arroyo *et al.*, 1981; Cavieres *et al.*, 2000; Muñoz *et al.*, 2000; Luebert y Pliscoff, 2006). Sin embargo, en CdIC, al contar con un gradiente de altitudes mucho más restringido (*i.e.* Mo. Chache, 2.334 m.s.n.m.), se desarrolla sólo un piso de vegetación alto-andina, que por fisionomía y especies dominantes puede ser homologado al piso inferior alto-andino de CdLA. Este piso de vegetación ha recibido diversas denominaciones, como Piso Subandino (Meigen, 1893; Hoffman y Hoffmann, 1982; Hoffmann, 1992; Villagrán *et al.*, 1983; Cavieres *et al.*, 2000), Piso Andino Inferior (Quintanilla, 1980, 1981, 1985), Matorral Andino (Arroyo *et al.*, 1981; Villagrán *et al.*, 1982; Muñoz *et al.*, 2000) y Matorral Estepario de Altura (García y Arroyo, 2003). En el sistema de clasificación de la vegetación natural de Chile de Gajardo (1994), es posible identificar el tipo de vegetación en estudio con las comunidades tipo *Mulinum spinosum* - *Chuquiraga oppositifolia* y *Chuquiraga oppositifolia* - *Guindilia trinervis*. Recientemente, la vegetación alto-andina que se desarrolla en las altas cumbres de CdIC ha sido definida como Matorral Bajo Mediterráneo Costero de *Chuquiraga oppositifolia* y *Mulinum spinosum*, mientras que su piso de vegetación homólogo en la cordillera de Santiago ha sido descrito como Matorral Bajo Mediterráneo Andino de *Chuquiraga oppositifolia* y *Nardophyllum lanatum* (Luebert y Pliscoff, 2006).

## Sitios de estudio

El primer sector evaluado corresponde a la superficie elevada por sobre los 1900 m.s.n.m. del macizo Altos de Chicauma (33°09'-33°12'S; 70°58'-71°04'W). Esta localidad está ubicada en la Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana, entre Lampa y Polpaico, y es parte del sistema Aconcagua-Maipo de CdIC (Figura 2). El terreno es de propiedad privada y tiene un uso ganadero marginal. Dentro del área de estudio las más altas cumbres corresponden al Cerro Roble Alto (2.200 m.s.n.m.) y el Cerro Llaretas de Vizcachas (2.108 m.s.n.m.) (Figura 3). En la zona general, es posible distinguir tres unidades vegetacionales, segregadas altitudinal y exposicionalmente: bosque esclerófilo y matorral espinoso, bosque caducifolio de *Nothofagus macrocarpa* (A.DC.) F.M.Vázquez et R.A.Rodríguez y matorral estepario de altitud (García y Arroyo, 2003).

El segundo sector corresponde a la zona cordillerana de Quilapilún (33°05'-33°07'S; 70°30'-70°32'W), que se ubica en la Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana, entre las localidades de Colina y Casas de Chacabuco (Figura 2). Al igual que Chicauma, el terreno es privado y tiene un uso principalmente ganadero. Vegetacionalmente, es posible distinguir bosque esclerófilo y matorral espinoso, en las zonas bajas, y, por sobre los 1900 m.s.n.m., vegetación alto-andina. El muestreo en este sitio se realizó dentro del rango altitudinal comprendido entre 2.250 y 2.700 m.s.n.m. (Figura 4, Apéndice 3), coincidiendo dentro de límites altitudinales descritos para el matorral bajo de altitud en la cordillera andina de Santiago (Muñoz et al., 2000) y corroborado por las observaciones realizadas en la zona de estudio.

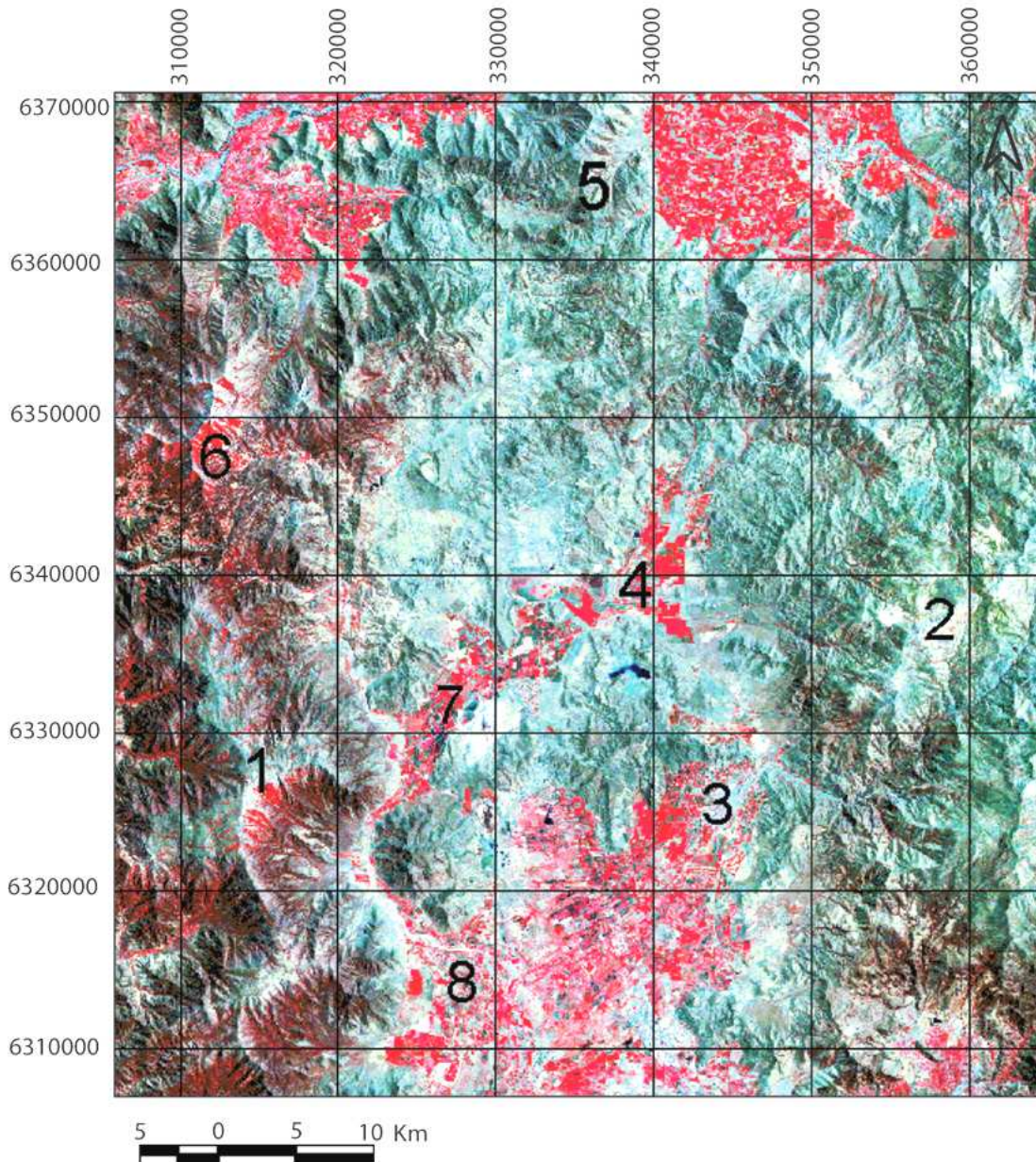


Figura 2: Zona general de estudio, indicando los sitios muestreados e hitos de referencia. 1: Altos de Chicauma; 2: cordillera de Quilapilún; 3: Colina; 4: Casas de Chacabuco; 5: Cordón de Chacabuco; 6: Cerro El Roble; 7: Polpaico; 8: Lampa. Imagen satelital Landsat<sup>2</sup>, color de banda RGB. Sistema de referencia UTM, Huso 19, Datum PSAD 56.

<sup>2</sup> U.S. Geological Survey. 1998. Landsat (sensor: TM) Scene, WRS-(2) Path (233), Row (083), Level (Ortho, GeoCover GeoTIFF). Sioux Falls, SD.

## Geología

El sector estudiado en Quilapilún está situado en la unidad morfoestructural Cordillera Principal y su basamento geológico es parte de la Formación Abanico (Charrier *et al.*, 2002), específicamente de la unidad Chacabuco, que se habría formado durante el Oligoceno (34 – 23 Ma) (Fuentes *et al.*, 2002). Esta unidad está compuesta por lavas básicas a intermedias con intercalaciones de rocas volcanoclásticas y depósitos de caída de ceniza (Fuentes *et al.*, 2002).

En esta región geográfica, el basamento de la unidad morfoestructural Cordillera de la Costa se compone de rocas plutónicas de edades paleozoicas a cretácicas, que conforman el Batolito Costero de Chile central (Thomas, 1958; Corvalán y Munizaga, 1972; Parada *et al.*, 1999; Parada *et al.*, 2005), y rocas volcánicas cretácicas de las Formaciones Lo Prado, Veta Negra y Las Chilcas (Thomas, 1958; Corvalán y Munizaga, 1972). En particular, la zona estudiada en Altos de Chicauma pertenece a la Formación Veta Negra, Miembro Ocoa, compuesto de andesitas con fenocristales de plagioclasa (Thomas, 1958).

Estudios realizados en intrusivos de esta parte de CdIC (e.g Plutón Caleu) señalan que su exhumación habría comenzado entre 94 – 90 Ma, constituyendo un evento magmático durante la transición entre un régimen extensional a uno compresivo, que habría sido precursor del alzamiento de los Andes (Gana y Zentilli, 2000; Parada *et al.*, 2005).

La formación de estas unidades morfoestructurales estaría asociada al cambio del régimen de esfuerzo sobre el margen continental (extensivo a compresivo) que prevalece desde el Oligoceno, lo que habría producido engrosamiento cortical, plegamiento y alzamiento en la zona de antearco (Ramos, 2000; Charrier *et al.*, 2002; Farías *et al.*, 2005). Análisis preliminares indican que el sector estudiado de CdIC habría alcanzado sus elevaciones actuales en tiempos geológicos recientes (Plio-Pleistoceno) (R. Charrier, com. pers.), contemporáneo al período de mayor alzamiento de la Cordillera Principal (Giambiagi *et al.*, 2001; Charrier *et al.*, 2002; Farías *et al.*, 2005).

## Clima

Luebert y Plissock (2006) han situado el área general de estudio dentro del Bioclima Mediterráneo Pluviestacional-oceánico. Según los datos proporcionados por el Atlas Agroclimático de Chile (Santibáñez y Uribe, 1980), el sector de Altos de Chicauma (Distrito 50.2) se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de Enero de 26,9°C y una mínima de Julio de 4,1°C. El período libre de heladas es de 206 días, con un promedio de 13 heladas anuales. Para este sector se estima una precipitación media anual de 656 mm y un déficit hídrico de 897 mm. En cambio, el sector

cordillerano de Quilapilún (Distrito 50.3) presenta una variación térmica promedio entre una máxima de Enero de 25,8°C y una mínima de Julio de 0,5°C. Presenta un período libre de heladas de 109 días, y 78 heladas al año en promedio. En cuanto al régimen hídrico, se observa una precipitación media anual de 585 mm y un déficit hídrico de 841 mm. Ambos sectores presentan un período seco de 7 meses.

### Muestreo y análisis de datos

Con el fin de analizar las diferencias en el número de especies entre ambas localidades, se consideraron relevantes los niveles de riqueza-*alpha* ( $\alpha$ ), que corresponde a la riqueza de especies de una muestra que representa a una comunidad homogénea en particular, y la riqueza-*gamma* ( $\gamma$ ), que representa la riqueza específica de un paisaje o de una serie de muestras incluyendo más de una comunidad (Whittaker, 1977).

Para evaluar la riqueza- $\alpha$  se registró la presencia de todas las plantas vasculares en 30 parcelas circulares de 100 m<sup>2</sup> (ubicadas dentro de los polígonos previamente definidos para estimar la riqueza- $\gamma$ ) por localidad (Figuras 3 y 4), situadas en el interior de parches de vegetación fisionómica y florísticamente homogéneos. Las parcelas se montaron fijando una estaca como centro y trazando radios de 5,65 m con dos huinchas, para determinar el área a rastrear, y fueron georeferenciadas con un GPS (Apéndice 3). La elección de los parches homogéneos se efectuó visualmente y sin la definición de comunidades vegetales *a priori*, con el fin de abarcar la mayor heterogeneidad ambiental posible (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974) de la vegetación alto-andina zonal.

Para evaluar la riqueza- $\gamma$  se definieron dos polígonos de 50 ha y uno de 100 ha (200 ha en total por sitio) en la zona de desarrollo de la vegetación alto-andina (superior a cota 2.000 m.s.n.m.), sobre la carta topográfica de cada sitio (Figuras 3 y 4), con el fin de estimar la riqueza global de plantas vasculares autóctonas en ambas unidades. Cada polígono fue recorrido un día completo y se registraron, a través de rastreo libre, todas las plantas vasculares detectadas en su interior.

El muestreo en Altos de Chicauma se realizó entre el 21 y 23 de diciembre de 2004, y el sector cordillerano-andino de Quilapilún fue muestreado entre el 28 y 30 de diciembre del mismo año. Los registros efectuados en los polígonos y en la vegetación alto-andina por sitio, fueron complementados con colectas e inventarios realizados en enero de 2004 en Quilapilún y con información generada a partir del proyecto Flora de Altos de Chicauma (García y Arroyo, 2003). Todos los análisis se realizaron excluyendo las especies introducidas o alóctonas.



Se comparó la riqueza- $\alpha$  de Altos de Chicauma y Quilapilún a través de una prueba- $t$  de la diferencia entre las medias de los valores de riqueza obtenidos de las parcelas de 100 m<sup>2</sup>, previa comprobación de la normalidad en la distribución del conjunto de datos a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1995). Además, se realizó un ANOVA factorial de la riqueza de las parcelas de 100 m<sup>2</sup>, para comparar la riqueza- $\alpha$  por tipo biológico (leñoso, herbáceo perenne, anual, parásito) y por localidad (Sokal y Rohlf, 1995). Los resultados del ANOVA factorial fueron complementados con un análisis *post-hoc* de la prueba de Tuckey, con el fin de detectar las diferencias significativas de las medias de la riqueza- $\alpha$  para las combinaciones resultantes entre tipos biológicos y localidades (Zar, 1996).

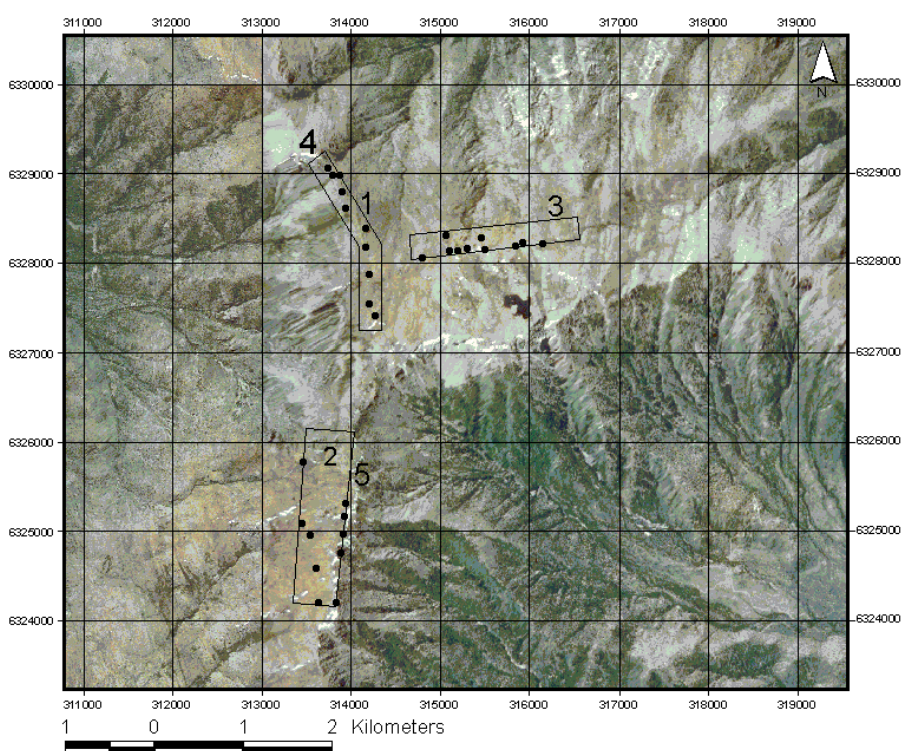


Figura 3: Ubicación espacial de polígonos y parcelas de muestreo en Altos de Chicauma. 1, 2, 3: polígonos de muestreo; 4: Cerro Llaretas de Vizcacha; 5: Cerro Roble Alto; puntos: parcelas de 100 m<sup>2</sup>. Fotografía aérea SAF<sup>3</sup>. Sistema de referencia UTM, Huso 19, Datum PSAD 56.

<sup>3</sup> Servicio Aéreo Fotogramétrico (SAF). Convenio CONAF-CONAMA-BIRF, levantamiento aerofotogramétrico, escala 1:115.000; fotogramas n° 26937 y 26966, año 2002.

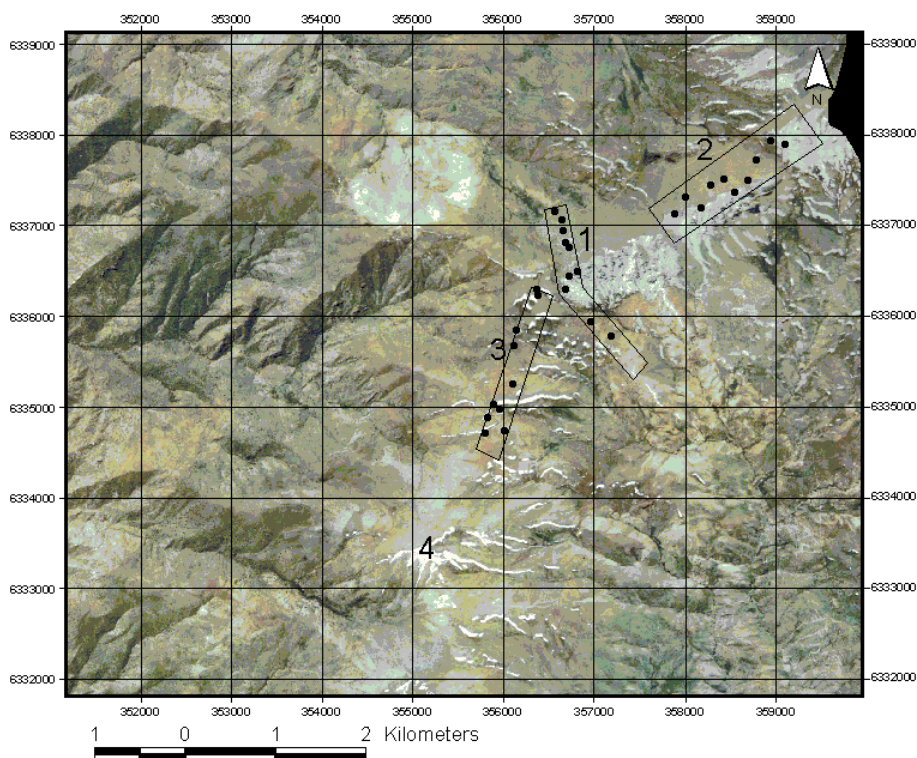


Figura 4: Ubicación espacial de polígonos y parcelas de muestreo en cordillera de Quilapilún. 1, 2, 3: polígonos de muestreo; 4: Cerro Colocalán; puntos: parcelas de 100 m<sup>2</sup>. Escala 1:50.000. Fotografía aérea SAF<sup>4</sup>. Sistema de referencia UTM, Huso 19, Datum PSAD 56.

Con el fin de comparar la acumulación de especies en relación al incremento del área, se construyeron las curvas riqueza-área para ambos sitios de estudio, a partir de los datos obtenidos para las parcelas de 100 m<sup>2</sup>, y los polígonos de 50 ha y 100 ha. Los datos fueron tratados bajo el modelo de la función potencial ( $E=C \cdot A^z$ : E = n° de especies, A = área, C = parámetro, z = pendiente de la curva), el cual se considera adecuado para el tratamiento de la correlación entre riqueza de especies y área en Chile central (Arroyo *et al.*, 1995; Cowling *et al.*, 1996; Arroyo *et al.*, 2002). Las curvas obtenidas fueron linealizadas mediante logaritmo natural (Ln) y se realizó un análisis de homogeneidad de pendientes de la relación riqueza-área de cada unidad topográfica (Sokal y Rohlf, 1995). Se consideró la localidad como variable categórica y el área como variable continua, y se empleó la interacción estadística para determinar si el efecto del área sobre la riqueza es igual entre ambas localidades.

Para evaluar la similitud florística entre localidades, se aplicó un Análisis de Conglomerados (Krebs, 1989) para los conjuntos de especies registrados en 200 ha (riqueza- $\gamma$ ), 100 ha (polígonos 1+3 y 2) y 50 ha (polígonos 1 y 3). Se

<sup>4</sup> Servicio Aéreo Fotogramétrico (SAF). Convenio CONAF-CONAMA-BIRF, levantamiento aerofotogramétrico, escala 1:115.000; fotograma n° 26975, año 2002.

realizó el mismo análisis por tipo biológico (leñoso, herbáceo perenne, anual, parásito) para las especies registradas en 200 ha, 100 ha y 50 ha.

Los Análisis de Conglomerados se efectuaron utilizando el algoritmo UPGMA (*unweighted pair-group method using arithmetic averages*), adecuado para este tipo de análisis (Krebs, 1989). Todas las similitudes fueron estimadas a través del coeficiente de Sorensen. Los valores de Bootstrap (Krebs, 1989) se calcularon a través de una aleatorización de Monte-Carlo, de 1000 iteraciones, de los índices de similitud calculados para los conjuntos florísticos analizados. Se determinó si las similitudes florísticas observadas son significativas con respecto a lo esperado por efecto del azar, para las probabilidades menores a 0,05 (significativamente diferentes) y mayores a 0,95 (significativamente similares).

Para los análisis de endemismo y de espectro de dispersión se consideró la flora total, la cual corresponde a la flora detectada dentro de los polígonos más las especies que se registraron en la zona de vegetación alto-andina de los sitios estudiados, fuera de los polígonos definidos.

El endemismo se evaluó determinando la proporción de especies distribuidas en ambas cordilleras y las proporciones de taxones presentes sólo en una de las cordilleras (Costa o Andes) en relación a la flora total registrada, con el fin de estimar las particularidades florísticas de la vegetación alto-andina analizada en CdLA y CdIC. Para las especies registradas sólo en Quilapilún, se consideró la porción de distribuciones comprendida entre 31°S y 37°S, coincidiendo aproximadamente con la ocurrencia de matorrales bajos de altitud dominados por *Chuquiraga oppositifolia* D. Don (*i.e.* probable fuente de especies alto-andinas para CdIC; *cf.* Gajardo, 1994; Luebert y Pliscoff, 2006), dado que algunas especies, que en esta zona geográfica son alto-andinas, hacia el norte participan del desierto costero o la puna, y otras también se asocian al monte y/o a la estepa patagónica (Villagrán *et al.*, 1983). Se determinó si una especie está presente en el sistema Andes o el sistema Costa mediante la revisión de bibliografía especializada, tratamientos taxonómicos de ciertos grupos y consulta de materiales en los Herbarios del Museo Nacional de Historia Natural (SGO) y de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción (CONC). Las proporciones obtenidas de especies con presencia restringida a CdLA y CdIC fueron comparadas mediante la prueba G de independencia (Sokal y Rohlf, 1995).

Se determinó el espectro de dispersión de la flora total de ambos sitios de estudio, utilizando el esquema de clasificación de Hoffmann y Armesto (1995), modificado por Castor (2002), en el cual a cierto tipo de propágulo se asocia un síndrome de dispersión (anemocoría, balicoría, endozoocoría, epizoocoría, sin síndrome). La determinación de los tipos de propágulo se efectuó utilizando la información disponible en Castor (2002) y se complementó con bibliografía botánica y observaciones personales del material recolectado en esta

investigación. Se hizo una excepción al esquema general, para los casos de especies cuyos propágulos no presentan adaptaciones morfológicas para la dispersión, pero cuya dispersión efectiva por viento a sido documentada (Polypodiophyta y Orchidaceae) (Hughes *et al.*, 1994). Los espectros de dispersión de la flora total de ambas localidades fueron comparados a través de la prueba G de independencia (Sokal y Rohlf, 1995).

En cuanto al género *Chaetanthera*, se determinó para las especies presentes, si el *pappus* es caedizo o permanente después de la dispersión, mediante observaciones directas en terreno. Las proporciones de especies con *pappus* caedizo y *pappus* permanente fueron comparadas entre ambas localidades mediante una prueba exacta de Fisher de dos colas (Sokal y Rohlf, 1995).

Como referencia nomenclatural general, se consultó Marticorena y Quezada (1985). Para Polypodiophyta y Pinophyta se utilizó como referencia nomenclatural el Volumen 1 de la Flora de Chile (Marticorena y Rodríguez, 1995). La circumscripción de algunas familias taxonómicas de plantas con flores (e.g. Amaranthaceae, Apocynaceae, Boraginaceae, Convolvulaceae, Rosaceae *s.l.*, Salicaceae, Scrophulariaceae *s.l.*) y el ordenamiento de éstas en el listado total (Apéndice 1) se realizó de acuerdo a lo propuesto por Angiosperm Phylogeny Group (2003). En particular, se adoptó la circumscripción propuesta por Albach *et al.* (2005) para Plantaginaceae.

## RESULTADOS

### Riqueza florística de la vegetación alto-andina en Altos de Chicauma y Quilapilún

#### Riqueza *alpha*

En las parcelas de Chicauma se registraron un total de 112 taxones y en las de Quilapilún, 117 (Cuadro 1; Apéndice 2). La riqueza media registrada en las parcelas de 100 m<sup>2</sup> fue 19 en ambos sitios. La riqueza *alpha* más alta registrada fue de 31 taxones en una parcela de Quilapilún y la más baja fue de 4, en dos parcelas de Chicauma. Entre ambos sitios, se registró un total de 168 entidades tomando en cuenta las 60 parcelas.

Cuadro 1: Riquezas máxima, mínima, media y total registradas en las parcelas de 100 m<sup>2</sup> por sitio.

Sitio	Parcelas de 100 m <sup>2</sup>			
	máx.- $\alpha$	mín.- $\alpha$	media- $\alpha$	Total
Chicauma	30	4	19	112
Quilapilún	31	10	19	117
Ambos				168

La prueba de Kolmogorov-Smirnof dio como resultado que la distribución de la riqueza- $\alpha$  obtenida de las parcelas de 100 m<sup>2</sup> no difiere significativamente de una distribución Normal ( $d = 0,094$ ;  $p = 0,2$ ). En consecuencia, el conjunto de datos de riqueza- $\alpha$  puede ser sometido a una prueba-*t* de la diferencia entre las medias y a un ANOVA factorial categorizado por el tipo biológico y por localidad.

La prueba-*t* dio como resultado que no existen diferencias significativas ( $t = -0,284$ ;  $p = 0,8$ ) en las medias de la riqueza- $\alpha$  de ambos sitios de estudio (Figura 5).

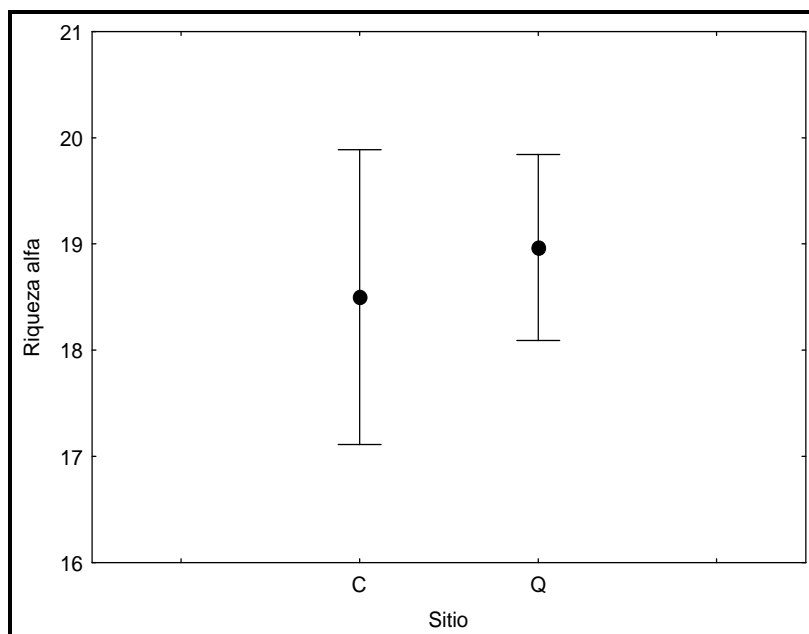


Figura 5: Riqueza- $\alpha$  (parcelas de 100 m<sup>2</sup>) media  $\pm$  1 ES de las unidades topográficas muestreadas. C = Chicauma; Q = Quilapilún. Barras = 1 Error Standard.

Los tipos biológicos más representados son, en orden decreciente, las especies herbáceas perennes, las leñosas y las anuales (Cuadro 2; Figura 6). En la flora total analizada hay sólo tres especies parásitas, de las cuales *Tristerix verticillatus* fue registrado en ambos sitios, mientras que en Altos de Chicauma se registró *Cuscuta chilensis* y en Quilapilún, *Cuscuta sp.* (Apéndice 1). Debido al bajo número de especies parásitas, éstas no se consideraron en los análisis de riqueza y composición por tipo biológico.

Cuadro 2: Riqueza de especies por localidad y por tipo biológico, sin incluir las parásitas.  $\gamma = 200$  ha (polígonos 1+2+3). Total incluye las especies registradas fuera de las parcelas. media- $\alpha$  = riqueza media de las parcelas de 100 m<sup>2</sup>.

Tipo Biológico	Altos de Chicauma			Quilapilún		
	$\gamma$	Total	Media- $\alpha$	$\gamma$	Total	media- $\alpha$
Anual	18	20	1	28	28	3
Herbáceo perenne	93	107	10	87	90	10
Leñoso	56	59	7	44	51	6

La prueba de ANOVA factorial resultó en que no hay diferencias significativas en la riqueza- $\alpha$  por tipo biológico entre localidades (CM = 1,089; F = 0,105;  $p = 0,747$ ), pero es significativa la diferencia de riqueza- $\alpha$  por localidad entre tipos

biológicos (CM = 1059,489; F = 102,006;  $p < 0,001$ ) y hay una interacción estadística entre tipo biológico y localidad (CM = 40,956; F = 3,943;  $p < 0,05$ ). La interacción estadística entre los dos factores, implica que la diferencia en la proporción de tipos biológicos no es constante entre ambas localidades (Zar, 1996) (Figura 6).

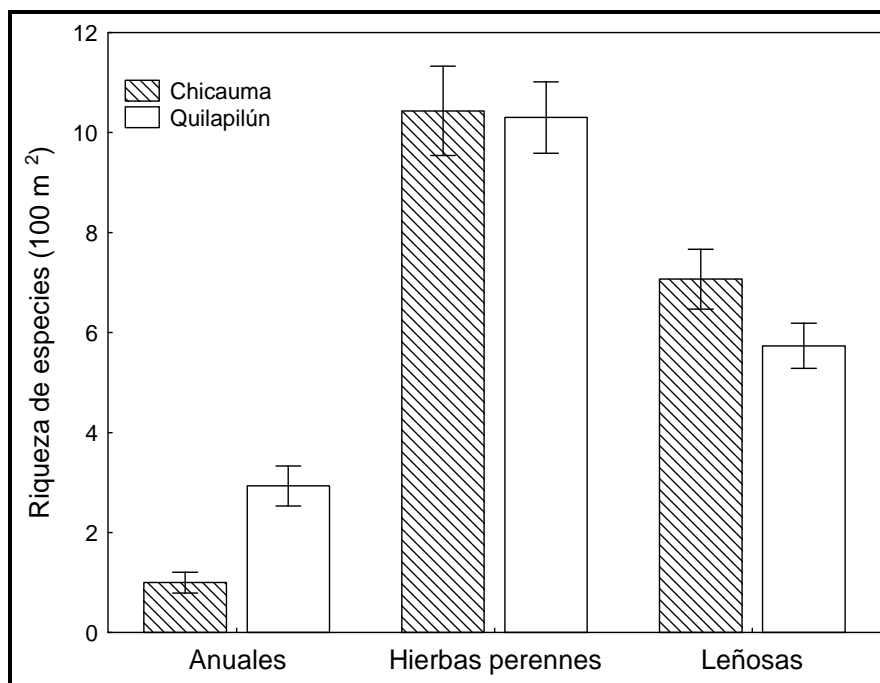


Figura 6: Riqueza- $\alpha$  (parcelas de 100 m<sup>2</sup>) media  $\pm$  1 ES por tipo biológico y por localidad. Barras = 1 Error Standard.

Las pruebas de Tuckey confirman el resultado precedente (Cuadro 3), siendo significativas todas las diferencias de riqueza- $\alpha$  dentro y entre localidades para distintos tipos biológicos, pero no significativas para un mismo tipo biológico entre localidades.

Cuadro 3: Valores de pruebas de Tuckey *post-hoc* del ANOVA factorial para la riqueza- $\alpha$  (100 m<sup>2</sup>) por localidad y por tipo biológico. Los valores en negrita representan diferencias significativas.

	Localidad	Tipo biológico	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	Chicauma	Anual	-----					
{2}	Chicauma	Herbáceo perenne	<b>p &lt; 0,001</b>	-----				
{3}	Chicauma	Leñoso	<b>p &lt; 0,001</b>	<b>p &lt; 0,001</b>	-----			
{4}	Quilapilún	Anual	p = 0,185	<b>p &lt; 0,001</b>	<b>p &lt; 0,001</b>	-----		
{5}	Quilapilún	Herbáceo perenne	<b>p &lt; 0,001</b>	p = 1,0	<b>p &lt; 0,005</b>	<b>p &lt; 0,001</b>	-----	
{6}	Quilapilún	Leñoso	<b>p &lt; 0,001</b>	<b>p &lt; 0,001</b>	p = 0,597	<b>p &lt; 0,05</b>	<b>p &lt; 0,001</b>	-----

### Riqueza $\gamma$

La riqueza- $\gamma$  registrada es de 168 y 160 taxones autóctonos en Chicauma y Quilapilún, respectivamente (Cuadro 4; Apéndice 1). Entre ambos sitios, se registraron 231 taxones tomando en cuenta los seis polígonos.

Cuadro 4: Riqueza de especies registrada en los polígonos y en total por sitio. Polígonos 1 y 3 = 50 ha.; polígono 2 = 100 ha.; riqueza- $\gamma$  = 200 ha. (1+2+3). Total incluye las especies registradas fuera de las parcelas.

Sitio	Polígonos			$\gamma$	Total
	1	2	3		
Chicauma	112	121	135	168	188
Quilapilún	128	113	92	160	171
Ambos				231	254

La prueba de Homogeneidad de Pendientes aplicada a las curvas riqueza-área obtenidas para cada sitio de estudio (Figura 7) reveló que la interacción entre sitio y área no es significativo (CM = 0,065; F = 0,359; p = 0,551). En consecuencia, el efecto del área es estadísticamente similar en ambos sitios y las pendientes de las curvas no difieren significativamente.

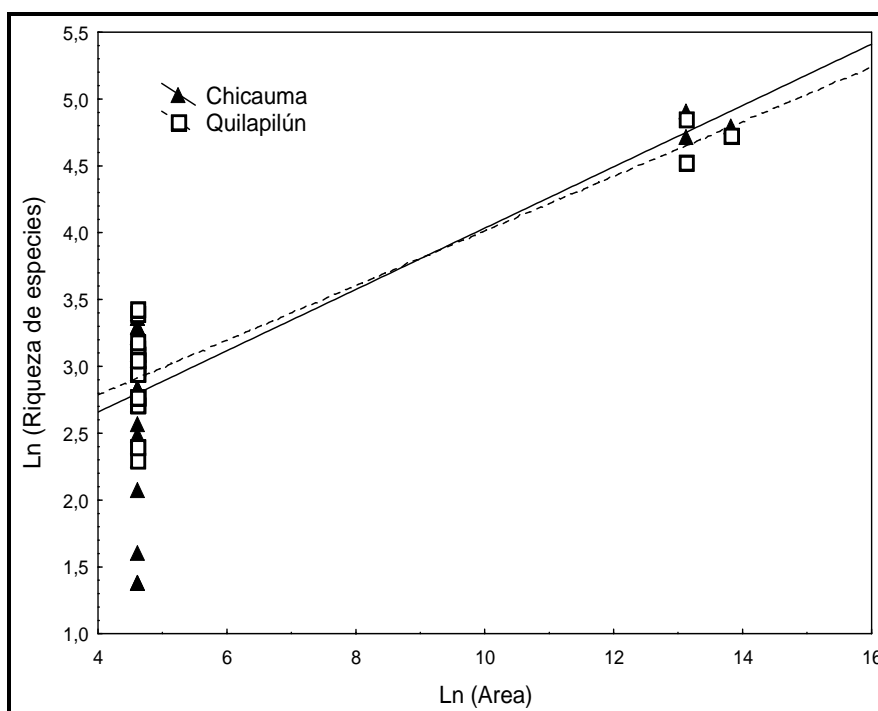


Figura 7: Relación riqueza-área (función potencial) de Altos de Chicauma y Quilapilún basada en los datos obtenidos de las parcelas y polígonos de muestreo. Ecuación de regresión Chicauma:  $\text{Ln } S = 1,741 + 0,229 \text{ Ln } A$ ;  $R^2 = 0,544$ . Ecuación de regresión Quilapilún:  $\text{Ln } S = 1,970 + 0,204 \text{ Ln } A$ ;  $R^2 = 0,810$ .



## Composición florística de la vegetación alto-andina en Altos de Chicauma y Quilapilún

De la flora total registrada (Apéndice 1), la familia con mayor número de taxones es Asteraceae (59), equivalente al 23% de la flora total. Le siguen en representatividad las familias Poaceae (20), Fabaceae (17) e Iridaceae (9).

Los géneros con mayor número de especies son *Adesmia* (11; Fabaceae) y *Senecio* (10; Asteraceae). También destacan por presentar un número significativo de especies los géneros *Haplopappus* (8; Asteraceae), *Calceolaria* (7; Calceolariaceae) y *Chaetanthera* (6; Asteraceae).

Las especies más frecuentes, que se registraron en 10 o más parcelas (100 m<sup>2</sup>) en ambos sitios (Apéndice 2), son *Bromus berterianus*, *Bromus setifolius* var. *brevifolius*, *Chuquiraga oppositifolia*, *Ephedra chilensis*, *Hordeum comosum*, *Mulinum spinosum*, *Phacelia secunda* y *Tetraglochin alatum*. En Altos de Chicauma fueron frecuentes *Baccharis neaei* (24), *Alstroemeria pallida* (20), *Galium suffruticosum* (18), *Sisyrinchium adenostemon* (17), *Senecio polygaloides* (17), *Festuca acanthophylla* (15), *Acaena splendens* (14), *Valeriana stricta* (12), *Poa aff. resinulosa* (12), *Trisetum caudulatum* (10) y *Olsynium philippii* (10). En cambio, en Quilapilún fueron frecuentes *Poa aff. tristigmatica* (29), *Junnellia spathulata* (18), *Zoellnerallium andinum* (17), *Olsynium scirpoideum* (14), *Acaena pinnatifida* (13), *Viviania marifolia* (11), *Stipa chrysophylla* (10), *Mutisia acerosa* (10) y *Chaetanthera euphrasioides* (10).

### Similitud florística

El índice de similitud de la flora registrada en 200 ha es  $S = 0,59$ . Las composiciones florísticas en 200 ha de ambas localidades son significativamente diferentes (Cuadro 5).

Cuadro 5: Similitud florística entre localidades por área. S = coef. de Sorensen. B = valores de Bootstrap para probabilidades significativas (0,05 y 0,95). 200 ha = polígonos 1+2+3; 100 ha = polig. 1+3 y 2; 50 ha = polig. 1 y 3. \* : diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

Área	S	B (p=0,05)	B (p=0,95)
200 ha	<b>0,59*</b>	0,66	0,75
100 ha	0,53	0,52	0,64
50 ha	0,51	0,46	0,59

La similitud de la flora registrada en 100 ha (polígonos 1+3 y 2) dentro de cada localidad es  $S = 0,78$ . La similitud florística en 100 ha entre localidades es  $S = 0,53$  (Cuadro 5; Figura 8). La similitud de la flora registrada en 50 ha (polígonos

1 y 3) en Chicauma es  $S = 0,75$  y en Quilapilún,  $S = 0,65$ . La similitud florística en 50 ha entre localidades es  $S = 0,51$  (Cuadro 5; Figura 9). Tanto en 100 ha, como en 50 ha, la similitud florística entre localidades no difiere significativamente a lo esperado por azar.

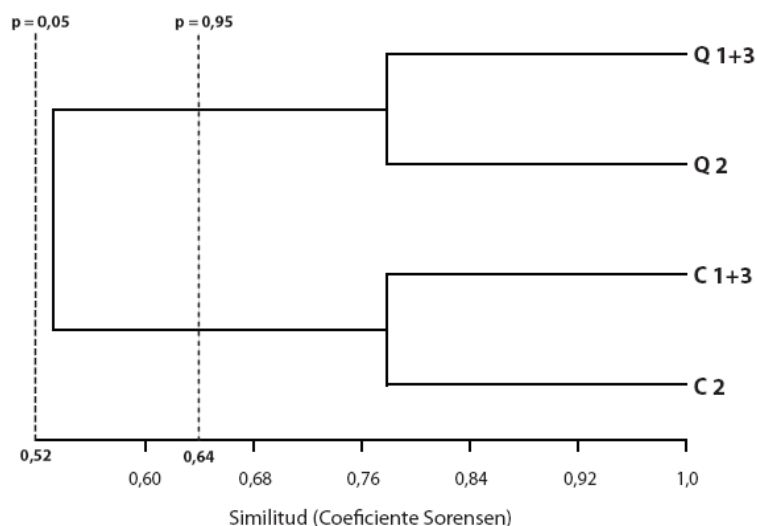


Figura 8: Dendrograma de similitud florística (coeficiente de Sorensen) de la flora registrada en 100 ha. (polígonos 1+3 y 2) de Altos de Chicauma (C) y Quilapilún (Q). Valores de Bootstrap: 0,52 ( $p = 0,05$ ) y 0,64 ( $p = 0,95$ ).

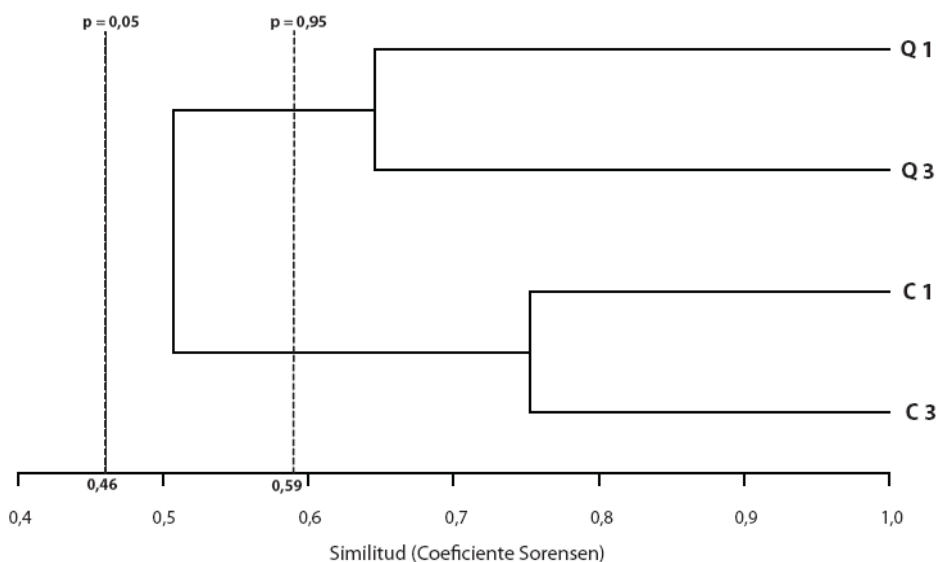


Figura 9: Dendrograma de similitud florística (coeficiente de Sorensen) de la flora registrada en 50 ha. (polígonos 1 y 3) de Altos de Chicauma (C) y Quilapilún (Q). Valores de Bootstrap: 0,46 ( $p = 0,05$ ) y 0,59 ( $p = 0,95$ ).

La diferencia de composición florística entre localidades es significativa en 200 ha para las especies anuales ( $p < 0,05$ ) y marginalmente significativa para las especies leñosas ( $p = 0,05$ ) (Cuadro 6). Las similitudes florísticas entre localidades, de herbáceas perennes en 200 ha y de los tres tipos biológicos en 100 y 50 ha, no difieren significativamente a lo esperado por azar (Cuadro 6).

Cuadro 6: Similitud florística entre localidades por tipo biológico y por área. S = coef. de Sorensen. B = valores de Bootstrap; superior para  $p = 0,05$  e inferior para  $p = 0,95$ . 200 ha = polígonos 1+2+3; 100 ha = polig. 1+3 y 2; 50 ha = polig. 1 y 3. \* : diferencia marginalmente significativa ( $p = 0,05$ ); \*\* : diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

Área	200 ha		100 ha		50 ha	
Tipo Biológico	S	B	S	B	S	B
Anual	<b>0,48**</b>	0,51	0,40	0,35	0,43	0,30
		0,78		0,68		0,65
Herbáceo Perenne	0,63	0,61	0,57	0,50	0,55	0,46
		0,83		0,67		0,63
Leñoso	<b>0,58*</b>	0,58	0,53	0,45	0,47	0,41
		0,82		0,67		0,65

## Endemismo

De la flora total registrada en este estudio ( $N = 254$ ), se pudo determinar su presencia en ambas cordilleras o restringida a una de ellas en la zona de estudio para 239 especies (94% de la flora total) (Apéndice 1). En el Cuadro 7 se presenta un resumen de los resultados.

Cuadro 7: Número y proporción de taxones distribuidos en ambas cordilleras (AM), presentes sólo en CdLA (CA) y presentes sólo en CdIC (CC) de Chile central ( $31^{\circ} - 37^{\circ} S$ ).

Distribución en Chile central	Nº taxones	Proporción
Presentes en ambas cordilleras (AM)	188	0,78
Presentes sólo en CdLA (CA)	45	0,19
Presentes sólo en CdIC (CC)	6	0,03
Total	239	1,00

Las proporciones de especies presentes sólo en CdLA o en CdIC son significativamente distintas ( $G_{adj} = 36,956$ ;  $p < 0,001$ ), siendo la proporción de especies presentes sólo en CdLA significativamente mayor a la de especies restringidas a CdIC.

Para las quince especies restantes no se determinó su restricción a alguna de las cordilleras (Apéndice 1), debido a incerteza taxonómica, falta de información bibliográfica y/o de ejemplares en los Herbarios consultados (SGO, CONC).

### **Espectro de dispersión de la flora en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma y Quilapilún**

Los espectros de dispersión de la flora total registrada en cada sitio de estudio (Cuadro 8; Apéndice 1), no difieren significativamente ( $G_{adj} = 1,504$ ;  $p > 0,05$ ).

Cuadro 8: Proporción y número de especies por síndrome de dispersión para la flora total de ambas localidades.

Tipo de Síndrome	<b>Chicauma</b>		<b>Quilapilún</b>	
	Nº	Proporción	Nº	Proporción
Anemocoría	66	<b>0,35</b>	63	<b>0,37</b>
Balicoría	14	<b>0,07</b>	10	<b>0,06</b>
Endozoocoría	15	<b>0,08</b>	8	<b>0,05</b>
Epizoocoría	11	<b>0,06</b>	15	<b>0,09</b>
Sin Síndrome	82	<b>0,44</b>	75	<b>0,44</b>
Total	188	1,00	171	1,00

### Síndromes de dispersión de *Chaetanthera* en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma y Quilapilún

Se registró un total de 6 especies de *Chaetanthera* (Cuadro 9) en los ambientes alto-andinos muestreados, dos de las cuales (*C. euphrasioides* y *C. pusilla*) crecen exclusivamente en CdLA.

A partir de observaciones directas en terreno, se determinó que *C. euphrasioides*, *C. flabellata*, *C. limbata* y *C. pusilla* tienen *pappus* caedizo antes de la dispersión, mientras que *C. glandulosa* y *C. moenchioides* presentan un fruto que conserva el *pappus* después de la dispersión (Cuadro 6).

Cuadro 9: Especies de *Chaetanthera* presentes en las unidades topográficas muestreadas y tipo de *pappus* asociado. C = Chicauma; Q = Quilapilún.

Especie	Presencia		Tipo de <i>Pappus</i>	
	C	Q	Caedizo	Permanente
<i>Chaetanthera euphrasioides</i>		X	X	
<i>Chaetanthera flabellata</i>	X	X	X	
<i>Chaetanthera glandulosa</i>	X	X		X
<i>Chaetanthera limbata</i>	X	X	X	
<i>Chaetanthera moenchioides</i>	X	X		X
<i>Chaetanthera pusilla</i>		X	X	

El resultado de la prueba exacta de Fisher de dos colas ( $p = 1$ ), indica que no hay diferencias significativas en la proporción de tipos de *pappus* de las especies de *Chaetanthera* registradas entre ambos sitios de estudio.

## DISCUSIÓN

Las similitudes en las riquezas locales observadas en ambos sitios, podrían estar reflejando la impronta de la riqueza regional de Chile mediterráneo (Cowling *et al.*, 1996; Caley y Schluter, 1997). Cabe destacar que la flora de la vegetación alto-andina en Altos de Chicauma no presenta un carácter marcado de insularidad, referido a las relaciones riqueza-área generadas para los sitios estudiados, ya que esta relación en las islas o ambientes aislados se expresa en numerosos casos con pendientes significativamente mayores que en áreas continentales o continuas equivalentes (MacArthur y Wilson, 1967). Sin embargo, para poder realizar aseveraciones significativas respecto de los efectos de la relación riqueza-área, se requiere de un amplio rango de muestras (Connor y McCoy, 1979; Whittaker, 1998). El carácter insular de la vegetación alto-andina en Altos de Chicauma con respecto a su homólogo en Quilapilún se advierte observando la condición de relieve y geográfica de la Región Metropolitana: las cordilleras de la Costa y Principal están separadas por aproximadamente 40 km. de Depresión Intermedia y por cerros bajos (< 1.800 m.s.n.m.) que hacen improbable la existencia de un flujo actual de entidades alto-andinas entre ambos sistemas montañosos (véase Figura 1).

La condición de ambiente fragmentario o insular de la vegetación alto-andina en Altos de Chicauma, debe ser de relevancia para explicar los patrones de riqueza y composición observados, al haber una mayor penetración de especies de la matriz vegetacional (*i.e.* bosque esclerofilo, matorrales espinosos, bosque caducifolio) en la vegetación alto-andina costera, producto del efecto borde acentuado que se ha registrado para este tipo de hábitat (Cook *et al.*, 2002). Por ejemplo, algunas especies características de pisos vegetacionales inferiores que se registraron en la vegetación alto-andina de Chicauma son *Quillaja saponaria*, *Kageneckia oblonga*, *Lomatia hirsuta*, *Teucrium bicolor*, *Alonsoa meridionalis*, *Cistanthe cf. grandiflora* y *Puya coerulea*, las cuales no están presentes en altitudes equivalentes a la misma latitud en Quilapilún (Apéndice 1). Esta mayor participación de especies más características de pisos vegetacionales inferiores en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma, podría estar dando cuenta de las riquezas equivalentes registradas en ambos sitios y de parte de las diferencias de composición florística. Al respecto, se ha planteado que la vegetación alto-andina de CdIC estaría en retroceso (Luebert y Plischoff, 2006), producto del incremento natural de las temperaturas derivadas del período interglacial en que nos encontramos. Este fenómeno podría estar siendo potenciado por el calentamiento global inducido por el hombre (Houghton *et al.*, 2001; pero vease Daniels y Veblen, 2004), según el cual en Europa se ha interpretado el registro de plantas ascendiendo montañas (Grabherr *et al.*, 1994; Gottfried *et al.*, 1999, 2002).

En ambas localidades se repitieron especies más características de pisos de vegetación inferiores, participando de la vegetación alto-andina analizada (*e.g.*

*Bromus berterianus*, *Colletia hystrix*, *Leucocoryne ixiooides*, *Oenothera acaulis*, *Schinus montana*). La participación de componentes de pisos inferiores en la vegetación alto-andina ha sido notada e interpretada como colonizaciones ascendientes de elementos esclerófilos a través del ecotono inferior alto-andino ocurridas en el pasado (Arroyo *et al.*, 1981). Por otro lado, en Altos de Chicauma se registraron algunas plantas típicamente alto-andinas con distribución en ambas cordilleras y que no se encontraron en Quilapilún, ya sea porque su distribución en CdLA comienza más al sur (*e.g.* *Senecio gayanus*) o por limitaciones en el muestreo (*e.g.* *Adesmia landbeckii*, *Cistanthe picta*, *Oxalis cinerea*, *Perezia nutans*, *Pozoa coriacea*, *Viviania ovata*).

Una diferencia notable entre los análisis realizados para la flora en general y por tipo biológico, es la diferencia significativa de composición de especies anuales en 200 ha entre localidades (Cuadro 5). Por otro lado, la riqueza de especies anuales en general y en las parcelas de 100 m<sup>2</sup> es mayor en Quilapilún que en Chicauma, aunque no estadísticamente significativa (Cuadro 2). La anualidad en plantas se ha descrito como una adaptación a ambientes intermitentemente favorables para el crecimiento y se ha asociada a la estrategia ruderal (Grime, 1977). Una mayor ocurrencia de perturbaciones naturales en Quilapilún que en Altos de Chicauma, podría estar dando cuenta de una mayor incidencia de especies anuales en el primer sitio. Esto estaría confirmado por las observaciones efectuadas en Quilapilún, donde se detectó un grupo de especies anuales asociadas a eventos de remoción en masa y a los bordes de camino (*e.g.* *Asteriscium aemocarpon*, *Calycera eryngioides*, *Euphorbia germainii*, *Nicotiana corymbosa*, *Reyesia parviflora*), varias de las cuales tienen una distribución restringida a CdLA (véase Apéndice 1).

El grado de intervención diferencial entre Altos de Chicauma y Quilapilún podría estar influenciando los patrones de riqueza y composición florística registrados. En Altos de Chicauma, la ocurrencia de ganado es marginal y escasa, en cambio, el sector cordillerano de Quilapilún pertenece a un fundo ganadero y la presencia de ganado bovino es alta, sobre todo en primavera y verano. Respecto al impacto que ha tenido la presencia de ganado en la vegetación alto-andina, Reiche (1907, 1934) insinuó que se ha influenciado favorablemente la dispersión de especies epizoócoras (*i.e.* "con frutos ganchudos": Reiche, 1934, p. 216). El mayor grado de intervención en la zona de vegetación alto-andina de Quilapilún respecto de Altos de Chicauma, se detectó además por la presencia de caminos mineros y por la observación de laderas probablemente afectadas por fuego.

El espectro de dispersión determinado para la flora total de ambos sitios, es coincidente con las proporciones de síndromes de dispersión reportados para otras floras alto-andinas de Chile central (Cavieres *et al.*, 1999; Castor, 2002). En estos trabajos y en los presentes resultados, se destaca que alrededor del 40% de la flora alto-andina presenta propágulos con adaptaciones morfológicas atribuibles a dispersión por viento y otro 40% aproximadamente, presenta adaptaciones no atribuibles a alguno de los síndromes de dispersión

considerados. Del mismo modo, dos tercios de las especies de *Chaetanthera* estudiadas presentan un fruto pequeño con *pappus* caedizo, condición morfológica que no es asociable a algún síndrome de dispersión, y el resto presenta un *pappus* permanente, que estaría asociado a la dispersión por viento.

Para las especies con propágulos carentes de adaptaciones atribuibles a algún síndrome de dispersión, Castor (2002) ha propuesto la categoría "Sitio Seguro". Esta proposición sugiere que el bajo alcance de dispersión de las plantas con propágulos de este tipo, constituye "una dispersión dirigida al vecindario inmediato de la planta madre" (Castor, 2002, p. 31), a través del cual el propágulo estaría siendo dispersado hacia un ambiente favorable para su establecimiento. Por otro lado, se ha propuesto que el desarrollo de estructuras para la dispersión sería energéticamente muy costoso y que la gran cantidad de especies carentes de dichas adaptaciones responden a una estrategia en que se favorecería una mayor cantidad de propágulos dispersados sobre una menor cantidad de propágulos asistidos en su dispersión (Willson, 1993; Hughes *et al.*, 1994). Sin embargo, el análisis de síndromes de dispersión a partir de las características morfológicas de los propágulos, no da cuenta del proceso de dispersión efectiva de estos (Howe y Smallwood, 1982; Cavieres *et al.*, 1999; Castor, 2002). Con respecto a la flora alto-andina, se ha planteado que los medios efectivos más relevantes para su dispersión serían el viento y el agua (Reiche, 1907, 1934).

La similitud en el espectro de dispersión de las floras de ambos sitios, sumado al análisis de los tipos de *pappus* de las especies registradas del género *Chaetanthera*, estarían reflejando que el modo de dispersión no sería un elemento crítico que determine la presencia de una especie en una u otra cordillera. La limitada dispersabilidad de las floras alpinas ha sido resaltada por diversos autores (e.g. Marchand y Roach, 1980; Willson *et al.*, 1990), sugiriendo que la dispersión a larga distancia sería poco probable para este tipo de ambientes (Cavieres *et al.*, 1999). En el contexto del origen de la vegetación alto-andina en CdIC, la baja dispersabilidad de su flora hace pensar en un proceso de dispersión de larga escala temporal, asociado a corredores que se habrían generado con el descenso de las temperaturas, y subsecuente descenso altitudinal de los pisos vegetacionales, durante los períodos glaciales (Simpson, 1975; Moreno *et al.*, 1994; Villagrán *et al.*, 1998; Villagrán, 2001).

Los ciclos de glaciaciones durante el Pleistoceno tuvieron un rol importante en la distribución actual de la vegetación de Chile continental, derivado del descenso de los pisos vegetacionales durante el último Máximo Glacial y el subsiguiente ascenso altitudinal durante el período Post-Glacial (Villagrán *et al.*, 1998; Villagrán, 2001). De este modo, las poblaciones disyuntas en la CdIC (37° - 42° S) de las coníferas *Fitzroya*, *Araucaria*, *Prumnopitys* y *Austrocedrus*, de distribución principalmente andina, así como los enclaves cordillerano-costeros de tundra magallánica, han sido interpretadas como el resultado de las migraciones altitudinales y latitudinales de los pisos vegetacionales del sur



de Chile, durante el último ciclo glacial-interglacial (Villagrán e Hinojosa, 1997, 2005; Villagrán, 2001). Del mismo modo han sido interpretados los bosques deciduos de *Nothofagus* cordillerano-costeros y los parches de vegetación alto-andina de las altas cumbres de CdIC que se desarrollan en el sector central de Chile mediterráneo (Villagrán *et al.*, 1998; Villagrán, 2001). En este sector de Chile, se han registrado avances de glaciares datados desde 360.000 años AP, que habrían descendido hasta 1.300 m.s.n.m. (Clapperton, 1994), inducidos por un aumento en las precipitaciones y descenso en las temperaturas de ~6 - 7 °C (Heusser, 1984; Graf, 1994).

Romero y Teillier (2003) han destacado la similitud de la flora alto-andina de Altos de Cantillana con la de sectores vegetacionalmente equivalentes en CdLA (*i.e.* M.N. El Morado, S.N. Yerba Loca) y la presencia de especies de pisos andinos superiores en ésta, interpretando la existencia de esta flora en Cantillana como consecuencia de los cambios altitudinales y latitudinales que habría experimentado durante la última glaciación. La migración de plantas alto-andinas desde CdLA hacia CdIC a través de un corredor terrestre ha sido planteada por Avilez (2001) para la flora alto-andina de Cantillana, hipotetizando como posible ruta para ese sistema al cordón transversal de Angostura de Paine (~ 34°S). Para el caso de la flora alto-andina del sistema Aconcagua-Maipo de CdIC, una ruta potencial de migraciones glaciales corresponde al cordón transversal de Chacabuco (~ 33°S), que encierra por el norte a la cuenca de Santiago (véase Figuras 1 y 2).

Los datos disponibles indican que la flora alto-andina habría evolucionado en compás con la orogénesis andina desde el Mioceno y la mayoría de los linajes ya habrían estado desarrollados al comienzo de los ciclos glaciales (van der Hammen y Cleef, 1983; Simpson, 1983; Simpson y Todzia, 1990), por lo que un estudio de la evolución de los linajes actuales es, esencialmente, un estudio de eventos del Pleistoceno (Simpson, 1975). La sucesión de ciclos glaciales a lo largo del Plioceno tardío y Pleistoceno (~2,6 Ma; Pillans y Naish, 2004), han contribuido al aislamiento geográfico y diversificación de la flora alto-andina, producto de cambios altitudinales y areales de los pisos de vegetación, y la subsecuente reiterada fragmentación de ambientes de alta montaña (Simpson, 1975; Hughes y Eastwood, 2006).

Un caso ilustrativo lo constituye la historia evolutiva del género *Chaetanthera*, para cuyos linajes se ha propuesto una cronología con edades mínimas de divergencia, que ha sido interpretada en relación a la evolución orográfica de CdLA (HersHKovitz *et al.*, 2006). Estos autores han estimado la divergencia de *Chaetanthera* del resto de Mutisieae-Asteraceae hace 16,5 Ma y la divergencia de la mayoría de los linajes alto-andinos entre 13 y 2 Ma atrás. Este período concuerda con información geológica respecto del proceso de alzamiento andino entre el Altiplano, Cordillera Principal y Cordillera Frontal (Gregory-Wodzicki, 2000; Giambiagi *et al.*, 2001; Charrier *et al.*, 2002; Farías *et al.*, 2005). Al analizar el conjunto de especies de *Chaetanthera* registradas en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma y Quilapilún, en base a las

fechas mínimas de divergencia estimadas (Hershkovitz *et al.*, 2006, fig. 5), es posible observar que corresponden a linajes evolutivos de probable antigua divergencia (*i.e.* > 5 Ma; *C. flabellata*, *C. glandulosa*), como de linajes recientemente evolucionadas (*i.e.* < 1 Ma), más característicos de pisos vegetacionales inferiores (*i.e.* *C. moenchioides*, *C. limbata*). Por otro lado, las especies restringidas a CdLA (*i.e.* *C. euphrasioides*, *C. pusilla*) pertenecen a linajes de probable antigua divergencia, afirmando el aparente carácter de “museo” evolutivo de los ambientes alto-andinos en CdLA (Hershkovitz *et al.*, 2006).

Con respecto a las especies restringidas a CdIC, la falta de información citológica o molecular de éstas, no permite plantear certeramente si se trata de neo-endemismos, evolucionados a partir de linajes alto-andinos tras las inmigraciones glaciares del Pleistoceno, o paleo-endemismos, relictos de linajes no alto-andinos que habitaban la CdIC antes de este período (*sensu* Stebbins y Major, 1965). Además de los 6 taxones registrados, existen otros endemismos de los grandes cordones montañosos de CdIC en Chile central (*e.g.* *Adesmia hirsuta* Phil., *Alstroemeria zoellneri* Bayer, *Astragalus johnstonii* Gómez-Sosa, *Avellanita bustillosi* Phil., *Calceolaria campanae* Phil., *Erigeron campanensis* H.Valdebenito, T.K.Lowrey *et* Stuessy, *Haplopappus reicheanus* H.M.Hall, *Oxalis campanensis* Lourteig, *Senecio borchersii* Phil., *Senecio garaventai* Cabrera, *Senecio mapuche* Cabrera, *Speea triloba* Ravenna), sin embargo la mayoría de estos taxones parecen estar más asociados a los bosques de *Nothofagus macrocarpa* o tipos de vegetación altitudinalmente inferiores (*i.e.* bosque esclerófilo, matorral espinoso) que al matorral bajo de alta montaña. Entre las especies endémicas registradas en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma, *Senecio pseuderuroides* también fue registrado en el bosque caducifolio del sector.

Un endemismo costero destacable lo constituye *Adesmia resinosa* (Phil. ex Reiche) Martic., la cual tiene una distribución restringida al cordón Aconcagua-Maipo de CdIC, entre el Co. El Roble y Altos del Noviciado (véase Figura 2). Este arbusto alto (*i.e.* > 1,5 m) se constituye en una de las singularidades de la vegetación alto-andina costera, conformando matorrales prácticamente monoespecíficos sobre los 1800 m.s.n.m., relegados a las laderas más sombrías expuestas al sur. Taxonómicamente, ha sido asignada a la serie Balsamicae, grupo subgenérico que presenta algunos caracteres morfológicos (*i.e.* hábito leñoso, racimos simples, ausencia de ramas espinosas y de cerdas en el fruto) que han sido asociados a los linajes más primitivos de *Adesmia* (Burkart, 1967). La similitud en el hábito leñoso, morfología floral y frutal, indican que podría ser muy cercana a *Adesmia viscosa* Hook. *et* Arn., que se distribuye en la precordillera de Colchagua (Región del Lib. B. O’Higgins), como parte del ensamble florístico del bosque de *Nothofagus macrocarpa* en su límite norte de distribución andina. A su vez, se ha observado a *Adesmia resinosa* en el Co. El Roble, conformando el sotobosque de *Nothofagus macrocarpa*, en algunos sectores bajos de esta formación. Los antecedentes arriba expuestos, permitirían postular a *Adesmia resinosa* como un elemento antiguo del bosque caducifolio, que en la mayor porción de su distribución

actual se ha adaptado a las condiciones de alta montaña, incorporándose a la vegetación alto-andina local. La falta de información respecto al resto de las especies endémicas de CdIC registradas en este estudio, no permiten hipotetizar respecto a su historia evolutiva. Sin embargo, se puede plantear, aparte de la fuente caducifolia propuesta y una posible fuente alto-andina (e.g. *Haplopappus villosus*), una potencial fuente a partir de elementos desérticos (e.g. *Adesmia trifoliata* (serie *Bracteatae*), *Pyrrhocactus engleri*).

Los patrones de riqueza y endemismo registrados para la flora que compone los matorrales bajos de *Chuquiraga oppositifolia* de Altos de Chicauma y Quilapilún, contrastan con los descritos para la flora de los bosques de Chile central, en que las mayores concentraciones de riqueza y endemismo se encuentran en la zona costera, a diferencia de la zona andina, que sería más pobre en especies y endemismos (Looser, 1929; Villagrán e Hinojosa, 1997, 2005). En base a lo observado, se podría interpretar que la historia evolutiva de la vegetación alto-andina en CdIC, ha sido distinta a la de las comunidades de bosques y, es probable, localmente más reciente. A su vez, el patrón de endemismos de plantas alto-andinas difiere a lo descrito por Elgueta (1988), quién en una comparación de la composición de insectos epígeos alto-andinos entre CdIC y CdLA, encontró que en los parches de CdLC hay una mayor incidencia de especies endémicas que en CdLA, atribuyéndolo al aislamiento geográfico de los primeros. Hay evidencias que indican que los insectos tendrían diferenciaciones extremadamente rápidas ante la invasión de nuevos hábitat (Orr y Smith, 1998), sin embargo sus tasas de divergencia no han sido contrastadas con lo que ocurriría con plantas vasculares.

La mayor proporción registrada de plantas alto-andinas presentes sólo en CdLA, debe estar sobredimensionada debido a probables extinciones locales en los parches aislados de CdIC por el retroceso progresivo de este hábitat (MacArthur y Wilson, 1967; Quinn y Harrison, 1988; Bruun y Moen, 2003) y por limitaciones en el muestreo de la vegetación alto-andina de CdIC en este estudio (*i.e.* no hay antecedentes de la presencia en Cordillera del Melón o Altos de Cantillana de las especies aquí determinadas como sólo presentes en CdLA). Una mayor concentración de flora alto-andina endémica a CdLA, también podría estar correlacionada a mayor superficie de desarrollo, gradiente ambiental asociado a la altitud (Hughes y Eastwood, 2006) y diversidad ecológica de factores topográficos, edáficos y climáticos (Stebbins y Major, 1965), que se traduce en una mayor heterogeneidad de recursos en términos de hábitat y condiciones ambientales.

Sin embargo, para el caso de las especies registradas sólo en Quilapilún, cabe resaltar que el análisis efectuado no estaría dando cuenta efectivamente del grado de endemismo de la flora analizada en CdLA, ya que no se consideraron los rangos distribucionales completos (Kruckeberg y Rabinowitz, 1985). Algunas de éstas se extienden más allá de los límites latitudinales y altitudinales de la vegetación alto-andina en las zonas centrales de Chile y Argentina y, por lo tanto, no constituyen verdaderos endemismos de este tipo

de vegetación. Por su parte, los taxones definidos como restringidos a CdIC, constituyen verdaderos endemismos de esta unidad morfoestructural, ya que sus rangos de distribución no sobrepasan los límites latitudinales de los tres cordones montañosos mencionados (*i.e.* ríos Petorca y Cachapoal; ver Figura 1). La definición de la escala espacial geográfica o areal (Townsend y Watson, 1998) y el criterio taxonómico en la definición de las especies (Kruckeberg y Rabinowitz, 1985) son fundamentales para las conclusiones evolutivas que se puedan derivar a partir de análisis de endemismo comparados. La consideración de una mayor proporción de la flora que participa en la vegetación alto-andina analizada en CdLA y CdIC, sumado a una resolución espacial definida y al análisis de las distribuciones completas de los taxones, podrían afinar los resultados y las conclusiones respecto a los grados de endemismo en ambos sistemas montañosos. También sería de interés contrastar los patrones de endemismo entre los distintos pisos de vegetación en ambas cordilleras, considerando las restricciones altitudinales y amplitud distribucional de las especies y de los pisos.

Aunque el patrón de relictualidad de los linajes de alta montaña de *Chaetanthera* no se ha generalizado a toda la biota alto-andina (Hershkovitz *et al.*, 2006), esta idea se refuerza al tener en cuenta la existencia de varios taxones de distribución restringida a estos ambientes en CdLA, cuya importancia relativa debe ir aumentando hacia los pisos de vegetación superiores, por ser estos los ambientes más especializados y más aislados de la influencia de los pisos inferiores. Es posible plantear, a modo de hipótesis, la existencia de refugios para la biota alto-andina en sectores bajos de topografía protegida de CdLA durante los ciclos glaciales, como se ha propuesto para zonas que fueron afectados por los glaciares en Tierra del Fuego (Villagrán *et al.*, 1995) y en Europa (Stewart y Lister, 2001).

La secuencia de ciclos glaciales pleistocénicos, ha tenido consecuencias en la distribución de las especies y en las estructuras genéticas de sus poblaciones (Schoonmaker y Foster, 1991; Hewitt 1999, 2000; Stewart y Lister, 2001). Estudios filogeográficos de especies europeas han planteado la pérdida de diversidad genética en las poblaciones de áreas glaciadas y la divergencia entre poblaciones, producto del efecto de reiteradas contracciones y expansiones de sus áreas de distribución (Hewitt 1999, 2000). Del mismo modo, sería esperable que los ambientes alto-andinos hayan experimentado una sucesión de expansiones y reducciones areales (Simpson, 1975; Schoonmaker y Foster, 1991) producto de las fluctuaciones climáticas del Pleistoceno (Pillans y Naish, 2004), y que éstas hayan tenido efectos sobre la divergencia de las poblaciones disjuntas entre CdLA y CdIC. El único estudio filogeográfico que se ha hecho en una especie de Chile mediterráneo (*i.e.* *Colliguaja odorifera* Molina), viene a confirmar el carácter de refugio glacial que tuvieron las áreas bajas al occidente de CdIC y el empobrecimiento genético de las poblaciones precordillerano-andinas (Bull-Hereñu *et al.*, 2005).

Cada especie responde independientemente a los cambios climáticos, en

función de su tolerancia ambiental de nicho y su potencialidad para utilizar rutas de migración (Gottfried *et al.*, 1999, 2002; Hewitt 1999, 2000). Por su parte, las comunidades vegetales conforman ecosistemas continuamente dinámicos, en el tiempo y en el espacio (van der Maarel, 2005; Leuschner, 2005). Los ensambles de especies observados hoy en día son parcialmente consecuencia de los cambios que ha experimentado la distribución de las especies durante los últimos eventos climáticos, y llevan la impronta de una continua fluctuación ambiental, siendo la respuesta de las especies y los ensambles resultantes en pasados ciclos glacial-interglacial no-análogos entre sí (Schoonmaker y Foster, 1991; Stewart y Lister, 2001). El carácter compuesto de la flora alto-andina actual ha sido resaltado por varios autores (e.g. Sarmiento, 1975; Villagrán *et al.*, 1983; Katinas *et al.*, 1999), y ha sido interpretado como resultado de reiterados cambios en la distribución de las especies durante el Pleistoceno y de la impronta de eventos geológicos anteriores.

El estudio de más enclaves alto-andinos en CdIC y una muestra que represente mejor la variación florística de este tipo de vegetación en CdLA a lo largo de su rango latitudinal, permitirá aceptar o rechazar con mayor certeza la generalización de los patrones observados de riqueza y composición al sistema en cuestión. Por otra parte, estudios filogenéticos de los géneros más diversificados que presentan especies endémicas en ambas cordilleras (e.g. *Senecio*, *Calceolaria*, *Adesmia*, *Haplopappus*) y estudios filogeográficos de poblaciones disyuntas (e.g. *Alstroemeria pallida*, *Calceolaria arachnoidea*, *Chaetanthera flabellata*, *Chuquiraga oppositifolia*, *Laretia acaulis*, *Pozoa coriacea*, *Rhodolirion montanum*), podrían ser de utilidad para trazar la historia evolutiva de la flora alto-andina en Chile central, y validar o refutar las hipótesis planteadas al respecto.

## CONCLUSIONES

Con respecto a la flora registrada en la vegetación alto-andina de Altos de Chicauma y del sector cordillerano de Quilapilún, se puede concluir que la riqueza de especies, evaluada en superficies equivalentes, no difiere significativamente entre ambos sitios.

En general, la composición de especies no difiere significativamente. Más de un 75% de las especies registradas están presentes en CdIC y en CdLA, y hay una mayor proporción de especies con presencia restringida a CdLA que a CdIC en Chile central.

La similitud del espectro de dispersión en ambos sitios, como de la proporción de especies de *Chaetanthera* que presentan frutos con *pappus* caedizo o *pappus* persistente, indican que es improbable que la vegetación alto-andina actual de Altos de Chicauma se haya originado a partir de dispersión a larga distancia. Al respecto, parece más parsimonioso hipotetizar su inmigración desde CdLA a través de un corredor terrestre, que se habría generado con el descenso de las temperaturas y los pisos de vegetación, durante la última glaciación.

## BIBLIOGRAFÍA

Albach, D.C., H.M. Meudt and B. Oxelman. 2005. Piecing together the “new” Plantaginaceae. *American Journal of Botany* 92(2): 297-315.

Angiosperm Phylogeny Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group for the classification of orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.

Arroyo, M.T.K., J.J. Armesto and C. Villagrán. 1981. Plant phenological patterns in the high andean cordillera of central Chile. *Journal of Ecology* 69: 205-223.

Arroyo, M.T.K., L. Cavieres, C. Marticorena and M. Muñoz-Schick. 1995. Convergence in the mediterranean floras of central Chile and California: insights from comparative biogeography. Pp. 43-88. *In*: Arroyo, M.T.K., P.H. Zedler and M.D. Fox (Eds). *Ecology and biogeography of mediterranean ecosystems in Chile, California, and Australia*. Springer-Verlag, New York, USA. 445p.

Arroyo, M.T.K., C. Marticorena, O. Matthei, M. Muñoz-Schick and P. Pliscoff. 2002. Analysis of the contribution and efficiency of the Santuario de la Naturaleza Yerba Loca, 33°S in protecting the regional vascular plant flora (Metropolitan and Fifth regions of Chile). *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 767-792.

Avilez, R.H. 2001. Estudio de la flora y vegetación de la Reserva Nacional “Roblería del Cobre de Loncha”. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. Talca, Chile. 186p.

Bruun, H.H. and J. Moen. 2003. Nested communities of alpine plants on isolated mountains: relative importance of colonization and extinction. *Journal of Biogeography* 30: 297-303.

Bull-Hereñu, K., E.A. Martínez and F.A. Squeo. 2005. Structure and genetic diversity in *Colliguaja odorifera* Mol. (Euphorbiaceae), a shrub subjected to Pleisto-Holocenic natural perturbations in a mediterranean South American region. *Journal of Biogeography* 32: 1129-1138.

Burkart, A. 1967. Sinopsis del género sudamericano de Leguminosas *Adesmia* DC. (Contribución al estudio del género *Adesmia*, VII). *Darwiniana* 14: 463-568.

Cabrera, A.L. 1937. Revisión del género *Chaetanthera* (Compositae). *Revista Mus. La Plata, Secc. Bot.* 1: 87-210, 4 lám.

Cabrera, A.L. y Willink, A. 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía no. 13, Serie de Biología, O.E.A. 120p.

Caley, M.J. and Schluter, D. 1997. The relationship between local and regional

diversity. *Ecology* 78(1): 70-80.

Castor, C. 2002. Patrones, procesos y mecanismos de dispersión secundaria en plantas andinas de Chile central. Tesis Doctorado en Ciencias con mención en Biología. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. Santiago, Chile. 150p.

Cavieres, L.A., C. Papic y C. Castor 1999. Variación altitudinal en los síndromes de dispersión de semillas de la vegetación andina de la cuenca del Río Molina, Chile central (33°S). *Gayana Botánica* 56(2): 115-123.

Cavieres, L.A., A. Peñaloza and M.T.K. Arroyo. 2000. Altitudinal vegetation belts in the high-Andes of central Chile (33°S). *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 331-344.

Charrier, R., O. Baeza, S. Elgueta, J.J. Flynn, P. Gans, S.M. Kay, V Muñoz, A.R. Wyss and E. Zurita. 2002. Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36°S.L.). *Journal of South American Earth Sciences* 15: 117-139.

Clapperton, C.M. 1994. The quaternary glaciation of Chile: a review. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 369-383.

Connor, E.F. and E.D. McCoy. 1979. The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist* 113: 791-833.

Cook, W.M., K.T. Lane, B.L. Foster and R.D. Holt. 2002. Island theory, matrix effects and species richness patterns in habitat fragments. *Ecology Letters* 5: 619-623.

Corvalán, J. y F. Munizaga. 1972. Edades radiométricas de rocas intrusivas y metamórficas de la Hoja Valparaíso – San Antonio. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín N° 28. Santiago, Chile. 40p.

Cowling, R.M., P.W. Rundel, B.B. Lamont, M.T.K. Arroyo and M. Arianoutsou. 1996. Plant diversity in mediterranean-climate regions. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 362-366.

Daniels, L.D. and T.T. Veblen. 2004. Spatiotemporal influences of climate on altitudinal treeline in northern Patagonia. *Ecology* 85(5): 1284-1296.

Elgueta, M. 1988. Insectos epigeos de ambientes altomontanos en Chile central: algunas consideraciones biogeográficas con especial referencia a Tenebrionidae y Curculionidae (Coleoptera). *Boletín del Museo de Historia Natural* 41: 125-144.

Farías, M., R. Charrier, A. Fock, D. Campbell, J. Martinod y D. Comte. 2005. Rapid Late Cenozoic uplift of the central Chile Andes (33°-35°S). 6th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts: 261-265.



Fuentes, F., M. Vergara, L. Aguirre y G. Féraud. 2002. Relaciones de contacto de unidades volcánicas terciarias de los Andes de Chile central (33°S): una reinterpretación sobre la base de dataciones  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . *Revista Geológica de Chile* 29(2): 151-165.

Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165p.

Gana, P. y M. Zentilli. 2000. Historia termal y exhumación de intrusivos de la Cordillera de la Costa de Chile central. Pp. 664-668. *In: IX Congreso Geológico Chileno, Puerto Varas. Simposio Internacional sobre Magmatismo Andino, Actas 2.*

García, N. y M.T.K. Arroyo. 2003. Flora de Altos de Chicauma, 33° S, Chile. XXIX Jornadas Argentinas de Botánica y XV Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile. Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina, 19 al 23 de octubre de 2003.- *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 38: 233.

Giambiagi, L.B., M.A. Tunik and M. Ghiglione. 2001. Cenozoic tectonic evolution of the Alto Tunuyán foreland basin above the transition zone between the flat and normal subduction segment (33°30'-34°S), western Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 707-724.

Gonzalez, A. 2000. Community relaxation in fragmented landscapes: the relation between species richness, area and age. *Ecology Letters* 3: 441-448.

Gottfried, M., H. Pauli, K. Reiter and G. Grabherr. 1999. A fine-scaled predictive model for changes in species distribution patterns of high mountain plants induced by climate warming. *Diversity and Distributions* 5: 241-251.

Gottfried, M., H. Pauli, K. Reiter and G. Grabherr. 2002. Potential effects of climate change on alpine and nival plants in the Alps. Pp. 213-223. *In: Körner, C. y Spehn, E.M. (eds). Mountain Biodiversity: a global assessment. The Parthenon Publishing Group, New York, USA. 336p.*

Grabherr, G., M. Gottfried and H. Pauli. 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.

Graf, K. 1994. Discussion of palynological methods and paleoclimatical interpretations in northern Chile and the whole Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 405-415.

Gregory-Wodzicki, K.M. 2000. Uplift history of the Central and Northern Andes: A review. *Geological Society of America Bulletin* 112(7): 1091-1105.

Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 111: 1169-1194.

Hershkovitz, M.A., M.T.K. Arroyo, C. Bell and L.F. Hinojosa. 2006. Phylogeny of *Chaetanthera* (Asteraceae: Mutisieae) reveals both ancient and recent origins of the high elevation lineages. *Molecular Phylogenetics and Evolution* (en imprenta).

Heusser, C.J. 1984. Late Quaternary climates of Chile. Pp. 59-83. *In*: Vogel, J.C. (Ed). *Late Cainozoic Palaeoclimates of the Southern Hemisphere*. SASQUA International Symposium, Swaziland, 29 August - 2 September, 1983. A.A. Balkema, Rotterdam. 536p.

Heusser, C.J. 1990. Ice age vegetation and climate of subtropical Chile. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 80: 107-127.

Hewitt, G. 1999. Post-glacial re-colonization of European biota. *Biological Journal of the Linnean Society* 68: 87-112.

Hewitt, G. 2000. The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature* 405: 907-913.

Hoffmann, A.J. y Hoffmann, A.E. 1982. Altitudinal ranges of Phanerophytes and Chamaephytes in central Chile. *Vegetatio* 48: 151-163.

Hoffmann, A.J. and J.J. Armesto. 1995. Modes of seed dispersal in the Mediterranean regions of Chile, California, and Australia. Pp 289-310. *In*: Arroyo, M.T.K., P.H. Zedler and M.D. Fox (Eds). *Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California, and Australia*. Springer-Verlag, New York, USA. 445p.

Hoffmann, A.E. 1992. *Vegetación y flora de la Alta Cordillera de Santiago*. Compañía Minera Disputada de Las Condes, Santiago.

Hoffmann, A.E., M.T.K. Arroyo, F. Liberona, M. Muñoz-Schick y J. Watson. 1998. *Plantas Altoandinas en la Flora Silvestre de Chile*. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 281p.

Howe, H.F. and Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13: 201-228.

Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis, contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 881p.

Hughes, C. and R. Eastwood. 2006. Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(27): 10334-10339.

Hughes, L., M. Dunlop, K. French, M.L. Leishman, B. Rice, L. Rodgerson and

- M. Westoby. 1994. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. *Journal of Ecology* 82: 933-950.
- Katinas, L., J.J. Morrone and J.V. Crisci. 1999. Track Analysis Reveals the Composite Nature of the Andean Biota. *Austral Journal of Botany* 47: 111-130.
- Körner, C. 1999. *Alpine Plant Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg. 338p.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers, New York, USA. 654p.
- Kruckeberg, A.R. and D. Rabinowitz. 1985. Biological aspects of endemism in higher plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 447-479.
- Leuschner, C. 2005. Vegetation and ecosystems. Pp. 85-105. *In*: van der Maarel, E. (Ed.). *Vegetation Ecology*. Blackwell Science, Oxford, UK. 395p.
- Looser, G. 1929. Diferencias entre la vegetación de la cordillera de la Costa y la cordillera de los Andes en Chile Central. *Revista Universitaria* 14(7): 727-742.
- Luebert, F. y P. Pliscoff. 2006. *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 307p., 8 lám.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 203p.
- Marchand, P.J. and D.A. Roach. 1980. Reproductive strategies of pioneering alpine species: seed production, dispersal and germination. *Arctic and Alpine Research* 12: 137-146.
- Martcorena, C. y M. Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42: 1-157.
- Martcorena, C. y R.A. Rodríguez (Eds). 1995. *Flora de Chile*. Vol. 1. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 351p.
- Meigen, F. 1893. Skizze der Vegetationverhältnisse von Santiago in Chile. *Bot. Jahrb. Syst.* 17: 199-294.
- Moreno, P.I., C. Villagrán, P.A. Marquet and L.G. Marshall. 1994. Quaternary paleobiogeography of northern and central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 487-502.
- Muñoz-Schick, M., A. Moreira, C. Villagrán y F. Luebert. 2000. Caracterización florística y pisos de vegetación en los Andes de Santiago, Chile central. *Boletín del Museo de Historia Natural, Chile*, 49: 9-50.
- Müller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. J. Wiley & Sons, New York, USA. 547p.

Navarro, G. y M. Maldonado. 2002. Geografía ecológica de Bolivia: vegetación y ambientes acuáticos. Fundación Simón I. Patino, Cochabamba, Bolivia. 719p.

Orr, M.R. and T.B. Smith. 1998. Ecology and speciation. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 502-506.

Parada, M.A., J.O. Nyström and B. Levi. 1999. Multiple sources for the Coastal Batholith of central Chile (31-34°S): geochemical and Sr-Nd isotopic evidence and tectonic implications. *Lythos* 46: 505-521.

Parada, M.A., G. Féraud, F. Fuentes, L. Aguirre, D. Morata and P. Larrondo. 2005. Ages and cooling history of the Early Cretaceous Caleu pluton: testimony of a switch from a rifted to a compressional continental margin in central Chile. *Journal of the Geological Society, London*, 162: 273-287.

Pillans, B. and T. Naish. 2004. Defining the Quaternary. *Quaternary Science Reviews* 23: 2271-2282.

Quinn, J.F. and S.P. Harrison. 1988. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographic patterns. *Oecologia (Berlin)* 75: 132-140.

Quintanilla, V. 1980. Observaciones fitogeográficas en la alta cordillera de Santiago. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 24: 15-26.

Quintanilla, V. 1981. Fitogeografía de la cuenca superior del Río Maipo, Chile central. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 25: 57-73.

Quintanilla, V. 1985. Carta fitogeográfica de Chile mediterráneo. *Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Área Geociencias* 70: 1-30.

Ramos, V.A. 2000. The Southern Central Andes. Pp. 561-604. *In: Cordani, U.G., E.J. Milani, A. Thomaz Filho and D.A. Campos (Eds.). Tectonic Evolution of South America. 31<sup>st</sup> International Geologic Congress, Rio de Janeiro, Brazil. August 6-17, 2000. 854p.*

Reiche, K. 1907. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. *Die Vegetation der Erde* 8: 1-394.

Reiche, K. 1934. Geografía Botánica de Chile (Traducción de Gualterio Looser). Tomo I. Imprenta Universitaria, Santiago, Chile. 424p.

Reiche, K. 1937. Geografía Botánica de Chile (Traducción de Gualterio Looser). Tomo II. Imprenta Universitaria, Santiago, Chile. 151p.

Riebesell, J.F. 1982. Arctic-alpine plants on mountaintops: agreement with island biogeography theory. *The American Naturalist* 119(5): 657-674.

Rivas-Martínez, S., D. Sanchez-Mata y M. Costa. 1999. Syntaxonomical

synopsis of the potential natural plant communities of North America, II. *Itinera Geobotanica* 12: 5-316.

Romero, F. y S. Teillier. 2003. Flora Andina de Altos de Cantillana, Cordillera de la Costa, Región Metropolitana, Chile. XXIX Jornadas Argentinas de Botánica y XV Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile. Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina, 19 al 23 de octubre de 2003.- *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 38: 237-238.

Santibáñez, F. y J.M. Uribe. 1990. Atlas Agroclimático de Chile: Regiones V y Metropolitana. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 65p.

Sarmiento, G. 1975. The dry plant formations of South America and their floristic connections. *Journal of Biogeography* 2(4): 233-251.

Schoonmaker, P.K. and D.R. Foster. 1991. Some implications of paleoecology for contemporary ecology. *The Botanical Review* 57(3): 204-245.

Simpson, B.B. 1975. Pleistocene changes in the flora of the high tropical Andes. *Paleobiology* 1: 273-294.

Simpson, B.B. 1983. An historical phytogeography of the high andean flora. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 109-122.

Simpson, B.B. and C.A. Todzia. 1990. Patterns and processes in the development of the high andean flora. *American Journal of Botany* 77(11): 1419-1432.

Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1995. *Biometry*. Third Edition. W.H. Freeman and Company, New York, U.S.A. 887p.

Stebbins, G.L. and J. Major. 1965. Endemism and Speciation in the California Flora. *Ecological Monographs* 35(1): 1-35.

Stewart, J.R. and A.M. Lister. 2001. Cryptic northern refugia and the origins of the modern biota. *Trends in Ecology and Evolution* 16(11): 608-613.

Thomas, H. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga. Instituto de Investigaciones Geológicas, *Boletín* N° 2. Santiago, Chile. 86p.

Townsend Peterson, A. and D.M. Watson. 1998. Problems with areal definitions of endemism: the effects of spatial scaling. *Diversity and Distributions* 4: 189-194.

van der Hammen, T. y A.M. Cleef. 1983. Datos para la Historia de la Flora Andina. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 97-107.

van der Maarel, E. 2005. Vegetation ecology – an overview. Pp. 1-51. *In*: van

der Maarel, E. (Ed.). *Vegetation Ecology*. Blackwell Science, Oxford, UK. 395p.

Villagrán, C. 1995. Quaternary history of the mediterranean vegetation of Chile. Pp. 4-20 *In*: Arroyo, M.T.K., P.H. Zedler and M.D. Fox (Eds). *Ecology and biogeography of mediterranean ecosystems in Chile, California, and Australia*. Springer-Verlag, New York, USA. 445p.

Villagrán, C. 2001. Un modelo de la historia de la vegetación de la Cordillera de La Costa de Chile central-sur: la hipótesis glacial de Darwin. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 793-803.

Villagrán, C., M.T.K. Arroyo y J.J. Armesto. 1982. La vegetación de un transecto altitudinal de los Andes del norte de Chile (18-19°S). Pp. 13-70. *In*: Veloso, A. y E. Bustos (Eds). *El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, lat. 18°28'S)*. Vol. Síntesis, MAB-6 (1).

Villagrán, C., M.T.K. Arroyo y C. Marticorena. 1983. Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 241-267.

Villagrán, C. and J. Varela. 1990. Palynological evidence for increased aridity of central Chilean coast during the Holocene. *Quaternary Research* 34: 198-207.

Villagrán, C., P. Moreno y R. Villa. 1995. Antecedentes palinológicos acerca de la historia cuaternaria de los bosques chilenos. Pp. 51-69. *In*: Armesto, J.J., C. Villagrán y M.T.K. Arroyo (Eds). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 470p.

Villagrán, C. y L.F. Hinojosa. 1997. Historia de los bosques del sur de Sudamérica II. Análisis fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 241-267.

Villagrán, C, C. Le-Quesne, J.C. Aravena, H. Jiménez y L.F. Hinojosa. 1998. El rol de los cambios de clima del cuaternario en la distribución actual de la vegetación de Chile central-sur. *Bamberger Geographische Schriften* 15: 227-242.

Villagrán, C. y J.J. Armesto. 2003. Fitogeografía histórica de la Cordillera de la Costa de Chile. Pp. 105-123. *In*: Smith-Ramírez, C., J.J. Armesto y C. Valdovinos (Eds). *Historia, Biodiversidad y Ecología de los bosques de la Cordillera de la Costa de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 708p.

Villagrán, C. y L.F. Hinojosa. 2005. Esquema biogeográfico de Chile. Capítulo 33: 551-577. *In*: Llorente, J. y J.J. Morrone (Eds). *Regionalización Biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. Ediciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, Jiménez Ediciones, México. 577p.

Whittaker, R.H. 1977. Evolution of species diversity on land communities. *Evolutionary Biology* 10: 1-67.

Whittaker, R.J. 1998. *Island Biogeography. Ecology, Evolution, and Conservation*. Oxford University Press, New York, U.S.A. 285p.

Willson, M.F. 1993. Dispersal mode, seed shadows and colonization patterns. *Vegetatio* 107/108: 261-280.

Willson, M.F., B.L. Rice and M. Westoby. 1990. Seed dispersal spectra. A comparison of temperate plant communities. *Journal of Vegetation Science* 1: 547-562.

Winkworth, R.C., S.J. Wagstaff, D. Glenny and P.J. Lockhart. 2002. Plant dispersal N.E.W.S from New Zealand. *Trends in Ecology & Evolution* 17(11): 514-520.

Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis. Third Edition*. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 662p.









Vivianiaceae	<b>Viviania ovata Phil.</b>	L	SS	AM	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Celastraceae	<b>Maytenus boaria Molina</b>	L	EN	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Eleocarpaceae	<b>Aristolelia chilensis (Molina) Stuntz</b>	L	EN	AM	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
Euphorbiaceae	<b>Colliguaja integerrima Gillies et Hook.</b>	L	BA	AM	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<b>Colliguaja salicifolia Gillies et Hook.</b>	L	BA	AM	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<b>Euphorbia collina Phil.</b>	HP	BA	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<b>Euphorbia germainii Phil.</b>	A	BA	CA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Fabaceae	<b>Adesmia aspera Gillies ex Hook. et Arn.</b>	HP	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fabaceae	<b>Adesmia bracteata Hook. et Arn.</b>	HP	AN	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Fabaceae	<b>Adesmia denudata Phil.</b>	HP	AN		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<b>Adesmia exilis Clos</b>	HP	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fabaceae	<b>Adesmia aff. glaucescens Phil.</b>	HP	SS		0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Fabaceae	<b>Adesmia gracilis Meyen ex Vogel</b>	L	AN	CA	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Fabaceae	<b>Adesmia landbeckii Phil.</b>	HP	AN	AM	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<b>Adesmia cf. mendozana Ulibarri</b>	L	AN	CA	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Fabaceae	<b>Adesmia montana Phil.</b>	HP	EP	CA	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Fabaceae	<b>Adesmia resinosa (Phil. ex Reiche) Martic.</b>	L	SS	CC	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<b>Adesmia trifoliata Phil.</b>	HP	AN	CC	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<b>Anarthrophyllum andicola (Gillies ex Hook. et Arn.) F.Phil.</b>	L	SS	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Fabaceae	<b>Astragalus darumbium (Bertero ex Colla) Clos</b>	HP	SS	AM	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<b>Astragalus monticola Phil.</b>	HP	SS	CA	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Fabaceae	<b>Lathyrus magellanicus Lam.</b>	HP	BA	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<b>Lathyrus subandinus Phil.</b>	HP	BA	AM	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<b>Lupinus microcarpus Sims</b>	A	BA	AM	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Malesherbiaceae	<b>Malesherbia humilis Poepp.</b>	A	SS	CA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Oxalidaceae	<b>Oxalis compacta Gillies ex Hook. et Arn.</b>	A	BA	AM	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
Oxalidaceae	<b>Oxalis cinerea Zucc.</b>	HP	BA	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Oxalidaceae	<b>Oxalis rigida (Barnéoud) Lourteig</b>	A	BA	CA	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Oxalidaceae	<b>Oxalis squamata Zucc.</b>	HP	BA	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Polygalaceae	<b>Polygala gnidioides Willd.</b>	HP	SS	AM	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Polygonaceae	<b>Muehlenbeckia hastulata (Sm.) I.M.Johnst.</b>	L	EN	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Quillajaceae	<b>Quillaja saponaria Molina</b>	L	AN	AM	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0



Boraginaceae	<b>Amsinckia calycina (Moris) Chater</b>	A	SS	AM	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Boraginaceae	<b>Cryptantha globulifera (Clos) Reiche</b>	A	SS	AM	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Boraginaceae	<b>Phacelia cumingii (Benth.) A.Gray</b>	A	SS	AM	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Boraginaceae	<b>Phacelia secunda J.F.Gmel.</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calceolariaceae	<b>Calceolaria arachnoidea Graham</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calceolariaceae	<b>Calceolaria corymbosa Ruiz et Pav. subsp. mimuloides (Clos) C.Ehrh.</b>	HP	SS	CA	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Calceolariaceae	<b>Calceolaria hypericina Poepp. ex Benth. in DC.</b>	L	SS	AM	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
Calceolariaceae	<b>Calceolaria meyeniana Phil.</b>	L	SS	AM	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
Calceolariaceae	<b>Calceolaria purpurea Graham</b>	HP	SS	AM	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Calceolariaceae	<b>Calceolaria segethii Phil.</b>	L	SS	CA	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Calceolariaceae	<b>Calceolaria sp.</b>	L	SS		1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Convolvulaceae	<b>Convolvulus demissus Choisy</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Convolvulaceae	<b>Cuscuta chilensis Ker-Gawl.</b>	P	SS	AM	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Convolvulaceae	<b>Cuscuta sp.</b>	P	SS		0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Lamiaceae	<b>Stachys toronjilcillo Phil.</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Lamiaceae	<b>Teucrium bicolor Sm.</b>	L	SS	AM	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Plantaginaceae	<b>Melosperma andicola Benth.</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Plantaginaceae	<b>Plantago grandiflora Meyen</b>	HP	SS	AM	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
Rubiaceae	<b>Galium gilliesii Hook. et Arn. subsp. telanthos (Phil.) Dempster</b>	HP	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Rubiaceae	<b>Galium suffruticosum Hook. et Arn.</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Scrophulariaceae	<b>Alonsoa meridionalis (L.f.) Kuntze</b>	HP	SS	AM	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Solanaceae	<b>Fabiana imbricata Ruiz et Pav.</b>	L	SS	AM	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
Solanaceae	<b>Nicotiana corymbosa J.Remy</b>	A	SS	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solanaceae	<b>Reyesia parviflora (Phil.) Hunz.</b>	A	SS	CA	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Solanaceae	<b>Salpiglossis sinuata Ruiz et Pav.</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Solanaceae	<b>Schizanthus hookeri Gillies ex Graham</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solanaceae	<b>Solanum ligustrinum Lodd.</b>	L	EN	AM	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Verbenaceae	<b>Diostea juncea (Gillies et Hook.) Miers</b>	L	SS	AM	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
Verbenaceae	<b>Glandularia sp.</b>	HP	SS	AM	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Verbenaceae	<b>Junellia spathulata (Gillies et Hook.) Moldenke</b>	L	SS	AM	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Apiaceae	<b>Asteriscium aemocarpon Clos</b>	A	SS	CA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Apiaceae	<b>Bowlesia tropaeolifolia Gillies et Hook.</b>	HP	EP	CA	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1



Asteraceae	<b>Haplopappus villosus Phil.</b>	L	AN	CC	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Haplopappus sp.</b>	L	AN		0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Asteraceae	<b>Helenium aromaticum (Hook.) L.H.Bailey</b>	A	SS	AM	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Helenium glaucum (Cav.) Stuntz</b>	HP	SS	AM	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Hypochaeris chondrilloides (A.Gray) Cabrera</b>	HP	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Leucheria bridgesii Hook. et Arn.</b>	HP	AN	AM	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Leucheria congesta D.Don</b>	HP	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Leucheria rosea Less.</b>	HP	AN	AM	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Madia chilensis (Nutt.) Reiche</b>	A	SS	AM	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Madia sativa Molina</b>	A	SS	AM	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
Asteraceae	<b>Mutisia acerosa Poepp. ex Less.</b>	L	AN	AM	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Mutisia ilicifolia Cav.</b>	L	AN	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Mutisia sinuata Cav.</b>	HP	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Mutisia subulata Ruiz et Pav. f. rosmarinifolia (Poepp. et Endl.) Cabrera</b>	L	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Nardophyllum chilliotrichoides (J.Remy) A.Gray</b>	L	AN	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<b>Nardophyllum lanatum (Meyen) Cabrera</b>	L	AN	AM	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Nassauvia aculeata (Less.) Poepp. et Endl.</b>	HP	AN	AM	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Nassauvia axillaris (Lag.) D.Don</b>	L	EP	CA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Perezia carthamoides (D.Don) Hook. et Arn.</b>	HP	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Perezia nutans Less.</b>	HP	AN	AM	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Perezia poeppigii Less.</b>	HP	AN	AM	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Proustia cuneifolia D.Don</b>	L	AN	AM	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Senecio adenotrichius DC.</b>	HP	AN	AM	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Senecio anthemidiphyllus J.Remy</b>	L	AN	AM	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Senecio bustillosianus J.Remy</b>	L	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Senecio davilae Phil.</b>	L	AN	AM	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Asteraceae	<b>Senecio eruciformis J.Remy var. brachycephalus (Phil.) Cabrera</b>	L	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Senecio gayanus DC.</b>	L	AN	AM	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<b>Senecio microphyllus Phil.</b>	L	AN	AM	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Senecio pentaphyllus J.Remy</b>	L	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Senecio polygaloides Phil.</b>	L	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asteraceae	<b>Senecio pseuderucoides Cabrera</b>	HP	AN	CC	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0

Calyceraceae	<b>Calycera eryngioides J.Remy</b>	A	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Calyceraceae	<b>Calycera sessiliflora Phil.</b>	A	AN	AM	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Calyceraceae	<b>Nastanthus spathulatus (Phil.) Miers</b>	HP	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Escalloniaceae	<b>Escallonia alpina Poepp. ex DC.</b>	L	SS	AM	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
Valerianaceae	<b>Valeriana bridgesii Hook. et Arn.</b>	A	AN	AM	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Valerianaceae	<b>Valeriana graciliceps Clos</b>	L	AN	CA	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Valerianaceae	<b>Valeriana hornschurchiana Walp.</b>	HP	AN	CA	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Valerianaceae	<b>Valeriana lepidota Clos</b>	L	AN	AM	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Valerianaceae	<b>Valeriana stricta Clos</b>	HP	AN	AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
					<b>112</b>	<b>121</b>	<b>135</b>	<b>168</b>	<b>188</b>	<b>128</b>	<b>113</b>	<b>92</b>	<b>160</b>	<b>171</b>



**APÉNDICE 2:** Inventarios de parcelas (100 m<sup>2</sup>) en Altos de Chicauma y Quilapilún. Número de especies registradas en cada parcela al final del listado. 0 = ausencia (no registrada); 1 = presencia (registrada).

	Parcelas - Altos de Chicauma																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
<i>Acaena alpina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acaena pinnatifida</i>	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	
<i>Acaena splendens</i>	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Adesmia aspera</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Adesmia denudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Adesmia exilis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	
<i>Adesmia landbeckii</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Adesmia cf. mendozana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Adesmia montana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Adesmia resinosa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Adesmia trifoliata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Agropyron sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Agrostis inconspicua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Alstroemeria pallida</i>	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
<i>Anarthrophyllum andicola</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Anisomeria coriacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Argyria adscendens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Asteriscium aemocarpon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Astragalus darumbium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Baccharis neaei</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
<i>Berberis actinacantha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Berberis empetrifolia</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Blechnum microphyllum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bromus berterioanus</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	
<i>Bromus setifolius var. brevifolius</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	

















<i>Junellia spathulata</i>	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		
<i>Kageneckia angustifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Laretia acaulis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Lathyrus magellanicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Leucheria bridgesii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Leucheria congesta</i>	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Leucheria rosea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Leucocoryne alliacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
<i>Leucocoryne ixioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Loasa insons</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Loasa prostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
<i>Lupinus microcarpus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Madia chilensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
<i>Madia sativa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
<i>Maytenus boaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Melosperma andicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Microsteris gracilis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Montiopsis potentilloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Montiopsis ramossisima</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Montiopsis sericea</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Mulinum spinosum</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1		
<i>Mutisia acerosa</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Mutisia ilicifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Mutisia sinuata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Mutisia subulata f. rosmarinifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nardophyllum lanatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Nassauvia aculeata</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nassauvia axillaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
<i>Nicotiana corymbosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Oenothera acaulis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Olsynium philippii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Olsynium scirpoideum</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0





APÉNDICE 3: Coordenadas geográficas y altitudes de parcelas (100 m<sup>2</sup>) en Altos de Chicauma y Quilapilún. Loc (Localidades): C = Altos de Chicauma; Q = cordillera de Quilapilún. N° = número de parcela. Coordenadas: Sistema de referencia UTM, Huso 19, Datum PSAD 56. Alt = altitud (m.s.n.m.).

Loc	N°	UTM N	UTM E	Alt	Loc	N°	UTM N	UTM E	Alt
C	1	314274	6327419	2119	Q	1	356577	6337150	2314
C	2	314206	6327544	2091	Q	2	356657	6337056	2361
C	3	314207	6327867	2087	Q	3	356666	6336940	2425
C	4	314168	6328177	2077	Q	4	356693	6336802	2497
C	5	314178	6328391	2091	Q	5	356738	6336757	2506
C	6	313951	6328617	2056	Q	6	356840	6336493	2592
C	7	313905	6328791	2072	Q	7	356732	6336439	2500
C	8	313803	6328981	2052	Q	8	356694	6336291	2416
C	9	313749	6329057	2048	Q	9	356960	6335947	2311
C	10	313958	6329003	2039	Q	10	357187	6335795	2289
C	11	314026	6325314	2199	Q	11	358952	6337930	2492
C	12	313994	6325173	2183	Q	12	359107	6337901	2512
C	13	314008	6324966	2163	Q	13	358783	6337723	2492
C	14	313888	6324756	2152	Q	14	358689	6337493	2609
C	15	313887	6324199	2082	Q	15	358549	6337367	2687
C	16	313648	6324195	2056	Q	16	358180	6337194	2703
C	17	313616	6324586	2077	Q	17	357888	6337125	2612
C	18	313544	6324956	2086	Q	18	358012	6337307	2550
C	19	313452	6325091	2088	Q	19	358282	6337443	2550
C	20	313291	6325779	2090	Q	20	358431	6337514	2530
C	21	315108	6328130	2139	Q	21	356381	6336304	2434
C	22	314811	6328060	2104	Q	22	356391	6336226	2426
C	23	315067	6328307	2103	Q	23	356153	6335860	2377
C	24	315473	6328281	2114	Q	24	356126	6335677	2360
C	25	315932	6328232	2103	Q	25	356110	6335259	2345
C	26	316165	6328155	2095	Q	26	355972	6334982	2340
C	27	315893	6328026	2119	Q	27	356014	6334747	2317
C	28	315515	6328133	2135	Q	28	355805	6334712	2364
C	29	315310	6328155	2135	Q	29	355827	6334888	2340
C	30	315208	6328140	2146	Q	30	355894	6335040	2357