

interrelación trabajo de campo – laboratorio con el fin de contemplar las particularidades de cada territorio en el momento de aplicar este tipo de algoritmos.

No obstante debe destacarse el papel del procesamiento digital de imágenes y la aplicación de algoritmos para el estudio de la degradación de los suelos con el objetivo de realizar monitoreos permanentes. Esto puede constituir un aporte para poder establecer una política de ordenamiento territorial que contemple la conservación de los recursos naturales en niveles de sustentabilidad.

Bibliografía

- BERTANI L. y PEÑA O. 1998. *Aplicación de Imágenes Landsat TM para estudios de paisaje en zonas áridas de la Provincia de Neuquén*. Universidad Nacional de Cuyo y Universidad Nacional de San Juan. Uspallata. Mendoza.
- BERTANI L. y PEÑA O. 2000. *Utilización de Algoritmos para la Determinación de la Degradación de la Tierra en Ambiente Árido y Semiárido*. IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Puerto Iguazú. Argentina.
- BERTANI, L., PEÑA, O., AMBROSIO, M. 2000. *Ecología del Paisaje, su aplicación a la degradación de la tierra en la Provincia de Neuquén*. Informe Final proyecto de Investigación. (Inédito). UNCo. Neuquén.
- CANCER L. 1999. *La degradación y la protección del paisaje*. Ed. Cátedra. Madrid.
- COPADE - CFI. 1990. *Estudio Regional de Suelos*. CFI. Buenos Aires.
- CHUVIECO E. 1997. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 3ra. Ed. Ed. Rialp. Madrid.
- DEL VALLE H. y otros. 1993. *Algunas consideraciones sobre la utilización de la información digital Landsat destinada a los estudios de la desertificación en la Patagonia central, Argentina*. VI Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Cartagena. Colombia.
- DIRECCION PROV. DE TIERRAS. NEUQUEN. 2000. *Informe sobre áreas de veranada*. Neuquén.
- EASTMAN J. 1997. *Idrisi for Windows. Version 2.0. Tutorial Exercises*. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. Ed. Clark University. USA.
- FAO. 1984. *Metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización*. FAO. Roma.
- Jensen J. 1996. *Introductory Digital Image Processing*. 2da. Edición. Prentice Hall. New Jersey.
- Movía C. León A. y otros. 1982. *Estudio de la Vegetación Natural de la Provincia del Neuquén*. Tomo I, II y III. Min. de Ec. y Hacienda Prov. De Neuquén.
- PEÑA O. BERTANI L. AMBROSIO M. 1999. *La tenencia de la tierra en el Noroeste de la Provincia de Neuquén, Argentina, y su relación con la aptitud para forestación de protección de Laderas* (Inédito). UNCo. Neuquén.
- UNCo. Facultad de Ciencias Agrarias y Facultad de Humanidades. 1984. *Metodología Provisional del Proceso de Desertificación*. Varios Autores. UNCo. Neuquén.
- UNESCO, 1994. *Desertización*. Cuadernos de educación ambiental. N° 7. Barcelona, España.

VEGETACIÓN DEL PARQUE COPAHUE: APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BIOCLIMÁTICA MEDIANTE EL USO DE INFORMACIÓN SATELITAL Y SIG

Oscar Peña* y Ricardo Gandullo **

Resumen

La distribución de la vegetación natural se encuentra en íntima relación con el comportamiento de los elementos climáticos tal como la temperatura y la humedad. Asimismo la altitud, la orientación (exposición a la radiación) y la pendiente modifican dicho comportamiento. El Parque Provincial Copahue, localizado en la Provincia de Neuquén, en la cordillera norpatagónica, presenta características biogeográficas y particularidades ecogeomorfológicas que evidencian el marcado efecto de las variables climáticas.

El presente trabajo tiene por objetivo analizar las relaciones de dichas variables mediante la utilización de una metodología bioclimática y el tratamiento digital de imágenes Landsat Tm.

Metodológicamente se procedió en tres pasos. El primero consistió en la clasificación supervisada de la imagen satelital. De esto surgió una carta de vegetación del parque. En el segundo paso se digitalizó cartografía 1:100.000 con la que se obtuvo un modelo digital de elevación, mapa de pendiente y de orientación de laderas, de temperaturas y precipitaciones. En el tercero, se confeccionó una base de datos para la aplicación de una metodología bioclimática (Rivas y Martínez. 1994) que permitió, mediante la aplicación del SIG delimitar los bioclimas del parque.

La información de vegetación obtenida mediante la clasificación digital de la imagen satelital fue cruzada con el mapa bioclimático, el mapa topográfico, de pendiente, orientación y de las variables climáticas consideradas, a fin de conocer el grado de interrelación entre la distribución de la vegetación con las variables físicas tratadas.

Introducción

La bioclimatología es una ciencia ecológica, que ha adquirido vigencia a fines del siglo pasado, trata de poner de manifiesto la relación existente entre los seres vivos (Biología) y el clima (Física). Entre los muchos modelos de clasificación climática pro-

*Msc en Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Docente e investigador del Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. opena@uncoma.edu.ar

** Ingeniero Agrónomo. Docente e investigador. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos, Argentina. rgandullo@ciudad.com.ar

puestos, relacionado con la distribución de las plantas, fue interesante la de Köppen (1900) a principios del siglo XX quien reconoció cinco zonas climáticas. Holdridge (1947), basó su modelo a partir de la biotemperatura, y la precipitación anual, definiendo "zonas vitales" de distintos tipos fisonómico-estructurales de la vegetación. Walter (1977), introduce el concepto de zonobioma: Como un bioma delimitado por caracteres climáticos, edáficos y vegetación zonal (clímax).

En la reciente propuesta bioclimática de Rivas Martínez (1993) considera al bioma como un amplio conjunto de ecosistemas terrestres delimitado por un macroclima, biocenosis y eco-función peculiares, donde el hombre puede haber intervenido en mayor o menor grado. Este último autor reduce a cinco los nueve zonobiomas propuestos por Walter y delimita los grandes tipos de vegetación en función de la zonación altitudinal (pisos bioclimáticos) y la efectividad de la precipitación (ombrotipos u ombroclimas). Es decir que el piso bioclimático está determinado por los parámetros climáticos de temperatura y precipitación. Al correlacionar el medio físico con las discontinuidades reconocidas en el manto vegetal es fácil de concluir que los diversos pisos bioclimáticos contienen peculiares ecosistemas vegetales, no siendo incorrecto hablar de pisos de vegetación.

De acuerdo con la bibliografía consultada no existen estudios previos sobre los pisos de vegetación del Parque Provincial Copahue. Hasta el presente la metodología europea de análisis bioclimático y de clasificación de la vegetación mediante el empleo de los denominados pisos de vegetación, no ha sido utilizada en la provincia de Neuquén, Argentina.

Los estudios fisonómicos realizados por MERMOZ & MARTÍN (1988) consideran que el Parque presenta una superficie interesante en su diversidad florística por la confluencia de tres Regiones fitogeográficas, Subantártica, Patagónica y Altoandina CABRERA (1976), a lo que debemos agregar las transiciones propias entre los cuatro ecosistemas predominantes: Matorrales, Estepa, Bosques y Vegetación Altoandina, con la coexistencia de sus respectivas comunidades vegetales.

El estudio de la cliserie altitudinal del Parque permite analizar, en un territorio relativamente poco extenso, el complejo mosaico de la vegetación de esta zona.

El presente trabajo tiene por objetivo describir e identificar los pisos bioclimáticos y las principales comunidades de plantas vasculares, de acuerdo con su distribución altitudinal en pisos de vegetación.

Localización del área de estudio y características climáticas

El parque provincial Copahue-Caviahue se localiza en la Provincia del Neuquén (Departamento Ñorquin), Argentina, encuadrado entre las coordenadas 37° 47' y 37° 55' de Latitud Sur, y 70° 55' y 71° 10' de Longitud Oeste, con una superficie total de aproximadamente 28.000 ha. Esta zona dista 300 Km de la ciudad de Neuquén y se encuentra por encima de los 1350 m.s.n.m., con su cota máxima en el volcán Copahue a

los 2900 m.s.n.m aproximadamente. La figura N° 1 muestra la localización del área de estudio.

El carácter distintivo en esta parte de la Cordillera de los Andes, es la disimetría pluviométrica existente entre sus vertientes occidental y oriental. Caracteriza el sector oriental, el brusco gradiente de disminución de las precipitaciones a medida que se avanza hacia el Este. La explicación de ello estaría ligada a la estacionalidad del ingreso de perturbaciones ciclónicas. En invierno son procedentes del Océano Pacífico y descargan su humedad en forma de lluvia y nieve en la cara occidental de la cordillera, mientras que para el sector oriental, donde se localiza el Parque, es principalmente en forma nival. En los meses de primavera-verano el desplazamiento de la alta del Pacífico hacia mayores latitudes limita el ingreso de masas de aire húmedo a la zona, lo que influye en el balance hídrico de algunos sectores del Parque que presentan déficit de agua en estos meses.

El aporte de la humedad que transgrede las cumbres más bajas y el comportamiento de la temperatura, conduce a la aparición de un clima claramente templado en casi toda la superficie del Parque, excepto en el extremo Este del mismo, donde el marcado déficit de agua en primavera-verano y la amplitud térmica verano-invierno induce a un clima con características mediterráneas de veranos secos y relativamente cálidos e inviernos húmedos y fríos

Pendiente
Orientación
Tipo y cobertura de la vegetación

Georeferenciación de la imagen: satelital

Se utilizó cartografía topográfica y temática escala 1:100000 y 1:60000 existente de la zona de estudio y datos de GPS tomados en el campo. Con esta información se generó un archivo de correspondencia en el SIG Idrisi 2.0 que fue usado en el proceso de georeferenciación.

Procesamiento digital

En primera instancia se procedió a la construcción de un vector que sirviera para recortar cada banda de la imagen y dejar solamente la subescena de interés. Luego se mejoró el contraste de las bandas 3 y 4 a fin de realizar una interpretación visual de la misma e identificar la información obtenida en las salidas al terreno dentro de la imagen.

Delimitación vectorial de las áreas de entrenamiento para la clasificación digital

El primer paso en la aplicación de una clasificación digital supervisada requiere de la delimitación vectorial de una serie de áreas de entrenamiento. El trabajo de campo realizado previamente permitió lograr que estas áreas delimitadas fueran suficientemente precisas para lograr una buena imagen final. De esta manera se procedió a su delimitación y a la obtención de curvas espectrales en las distintas bandas para cada una de las áreas identificadas como homogéneas.

Por último se procedió a aplicar el clasificador de máxima probabilidad a fin de obtener la imagen definitiva, la cual muestra la distribución de la vegetación en la zona de estudio. Con la imagen clasificada se realizó una nueva salida al terreno, especialmente a algunos lugares no reconocidos en las salidas previas a fin de observar el grado de ajuste obtenido en la clasificación digital. Los resultados mostraron, en la mayoría de los casos, una buena correlación.

Secuencia metodológica para la elaboración de los mapas temáticos

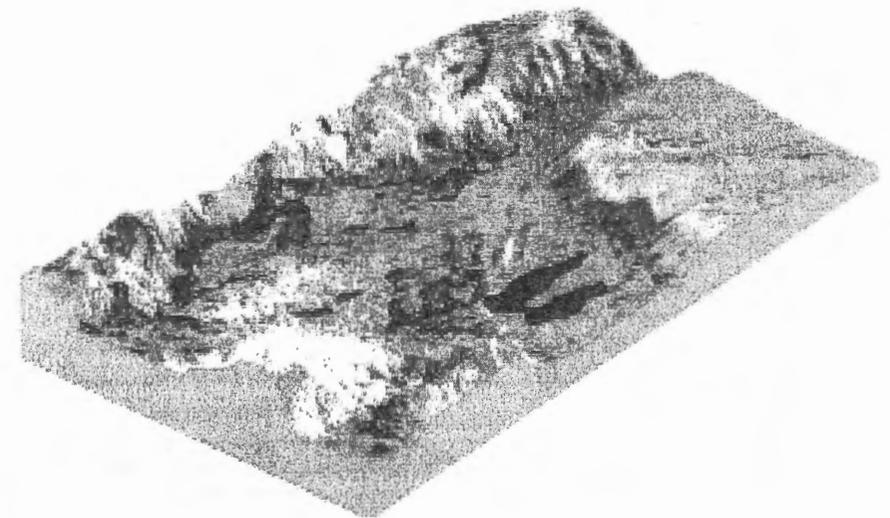
Dado que el objetivo del trabajo consistió en la relación vegetación-topografía y variables climáticas mediante la aplicación de una clasificación bioclimática, fue necesario la elaboración de mapas digitales de temperatura máxima, mínima y media y de precipitación que permitan interrelacionar las variables en cuestión con los resultados obtenidos en la imagen clasificada.

De esta manera el primer paso consistió en la construcción de un modelo digital del terreno, el cual sirvió de base tanto para la construcción de los mapas de pendiente y orientación como de los mapas climáticos. Estos últimos mediante la relación altura, latitud y longitud, como variable independiente y los parámetros climáticos conocidos como variable dependiente.

Para la construcción del modelo digital de elevación se digitalizó cartografía topográfica escala 1:100000. La información altitudinal de este mapa fue cruzada en el SIG con información de base de temperaturas y precipitaciones de distintas estaciones meteorológicas de la provincia y de provincias vecinas obtenidas del Servicio meteorológico Nacional, la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro, del Departamento Provincial de Aguas de Río Negro y de información de estaciones ubicadas en estancias vecinas al área de estudio. Se recopilaron datos de temperaturas medias anuales, mínimas y máximas medias del mes más frío y del mes más cálido. Para el caso de las precipitaciones se utilizó la información de las estaciones consideradas y el mapa de isoyetas anuales confeccionado por Hidronor S.A.

La figura N° 2 muestra la imagen satelital (banda 4) de la zona estudiada superpuesta sobre el modelo digital de elevación

Figura N° 2: Zona de estudio. Imagen Landsat TM banda 4



Para la obtención de los bioclimas del parque se utilizó una planilla de cálculo, y debido al volumen de datos que representaba la información de cada uno de los mapas se decidió llevar el tamaño del píxel, originalmente de 30 metros a 300 metros.

Se aplicó a cada una de las celdas la clasificación bioclimática obteniéndose de esta manera el bioclima de toda la zona de estudio con una resolución de 300 metros de lado. En la etapa siguiente se procedió a llevar la información obtenida al SIG para la elaboración del mapa bioclimático.

Relación imagen - mapa

A fin de efectuar el análisis de los bioclimas con la información obtenida en la imagen clasificada se procedió a llevar a esta última a la misma medida del píxel del mapa bioclimático (300 metros de lado). La figura N° 3 muestra la imagen clasificada con la delimitación de los distintos bioclimas.

Figura N° 3: Clasificación supervisada y bioclima del parque Copahue

Imagen clasificada - Bioclimas del Parque Copahue

- Agua o sombras
- Matorral arbustivo rastrero
- Estepa
- Matorral de ñile
- Bosque y matorral lenga
- Mallín
- Afloramientos rocosos
- Nieve
- Estepa redá con lagilli



Bioclimas

- 1: Mediterráneo pluvioestacional oceánico
- 2: Templado oceánico suprateremplado hiperhúmedo
- 3: Templado oceánico suprateremplado ultrahiperhúmedo
- 3: Templado oceánico orotemplado hiperhúmedo
- 4: Templado oceánico orotemplado ultrahiperhúmedo

Resultados y discusión

Del análisis bioclimático surge la existencia de más de un gradiente térmico con tres pisos bioclimáticos para la superficie del Parque Copahue.

Macroclimas	Termotipos	It *	Ombrotipos	P (mm)
Mediterráneo pluviestacional oceánico	Supramediterráneo	210 a 80	Húmedo	900 -1600
Templado oceánico	Supratemplado	180 a 30	Hiperhúmedo Ultrahiperhúmedo	P> 1400 P> 1800
	Orotemplado	50 a -60	Hiperhúmedo Ultrahiperhúmedo	P= 1200 P> 1800

* It = índice de termicidad.

* P = precipitación anual en mm

Pisos de vegetación

I. Piso Supramediterráneo

I.1. Supramediterráneo húmedo

I.1. a. Matorral de *Retanilla patagonica*I.1. b. Arbustal de *Chuquiraga oppositifolia*I.1. c. Facie de *Melosperma andicola*

II. Piso Supratemplado o Montano

II.1. Montano hiperhúmedo

II.1. a. Matorrales de "ñire"

II.1. b. Bosquecillos de "pehuén"

II.1. c. Matorral de "radal"

II.1. d. Bosque y matorrales de "lenga"

II.1. e. *Estepa gramínea-arbustiva del piso montano inferior*II.1. f. *Humedales del piso montano inferior*

II.2. Montano ultrahiperhúmedo

II.2.a. Matorral arbustivo rastrero

II.2.b. *Estepa gramínea del piso montano superior*II.2.c. *Humedales del piso montano superior*

III. Piso orotemplado o subandino

III.1. Subandino hiperhúmedo

III.2. Subandino ultrahiperhúmedo

III.2.a. *Vegetación Altoandina de pedregales o esparcida*

I. Piso Supramediterráneo

En este piso, exclusivo del sector este del Parque Copahue, prevalecen los matorrales y arbustos, adaptados a requerimientos ombrohídricos menores, en el sector más bajo del Parque, entre los 1350 a 1450 msnm. Se observa un cambio brusco tanto fisonómico como florístico, cuyas formaciones dominantes son los matorrales espinescentes y arbustales perennifolios entre la estepa, al compararlo con el sector oeste (piso Supratemplado), correspondiente al sector de los bosques andino patagónicos. Los vegetales presentan adaptaciones tales como la afilia y/o hojas coriáceas. Sin lugar a dudas, el factor agua es la causa de la sustitución de los bosques por la zona del matorral y arbustal.

La taxa representativa del matorral es *Retanilla patagonica*, mientras que del arbustal es *Chuquiraga oppositifolia*, ambas enriquecidas con otros elementos florísticos, parecerían constituir la vegetación climática del piso Supramediterráneo bajo régimen húmedo. A diferencia del piso Supratemplado, no se observa vegetación

correspondiente al sector de los bosques andino patagónicos. En este piso distinguimos dos comunidades supramediterráneas, las mismas son:

I.1. a. Matorral de *Retanilla patagonica*

Los matorrales de *Retanilla patagonica*, actúan como etapa de sustitución de los matorrales de ñire o bien, comienzan a representar la etapa clímax de áreas con menor precipitación. Esta especie es preferente de lugares con pendientes abruptas, litosuelos, detritus de falda y con deslizamiento de cantos rodados, al piedemonte del Cerro Palos Parados, en laderas de solana. Sobre suelos menos someros, el matorral es más denso y desarrolla una mayor biomasa.

I.1. b. Arbustal de *Chuquiraga oppositifolia*

El arbustal de *Chuquiraga oppositifolia*, se ubica, al igual que el matorral, en laderas de solana y pendientes pronunciadas (27°-45°). Se desarrolla sobre terrenos arenosos, desde muy sueltos y algo profundos a someros con bloques de basalto intercalados. Por lo general en su estrato inferior codomina con la caméfito rastrera *Ephedra frustillata*.

I.1. c. Facie de *Melosperma andicola*

En este piso se encuentra una gran morena en la parte central del valle del Trollope, con dirección Este, producto de la acción glaciaria del cuaternario. Posee suelos muy someros y en superficie se encuentra totalmente recubierta por lapilli. Sobre la misma se instala una estepa de muy baja cobertura y esparcida. La vegetación está integrada por elementos florísticos xerofíticos como los coirones: *Stipa speciosa*, *Festuca scabriuscula*, *Poa tristigmatica* y caméfitas poco desarrolladas como *Senecio covasii*, *Mulinum spinosum*. Es llamativa la presencia y abundancia de la solanácea *Melosperma andicola* var *andicola* que prospera excelentemente en este tipo de ambiente co-dominando con la compuesta *Senecio gymnocaulos*.

II. Piso Supratemplado o Montano

La definición de bosque montano ha sido propuesta por otros autores como Perez Moreau (1944); Grondona (1970), por encima de los 1000 m s.n.m. en los cerros del Parque Nacional Nahuel Huapi. El piso montano se extiende prácticamente en toda la superficie del Parque Copahue, desde los 1395 hasta aproximadamente hasta los 2300 m s.n.m.

Sin lugar a duda, los gradientes de precipitación y altitudinal, juegan un rol significativo, con el predominio del ombroclima hiperhúmedo, y en segundo lugar de

importancia el ombroclima ultrahiperhúmedo. La conjunción de estas dos variables ambientales permiten que el piso montano presente diferentes tipos de vegetación.

II. 1. Montano hiperhúmedo

La zona con ombroclima hiperhúmedo se presenta como transición entre los bosques planocaducifolios de *Nothofagus pumilio* "lenga", *N. antarctica* "ñire" y perennifolios *Araucaria araucana* "pehuén" y las estepas de gramíneas, en la cual, se encuentra la estepa arbolada. En sí, no es una formación homogénea sino un macro-mosaico de formaciones. Primero dominan los bosques con sus respectivas formaciones y las estepas aparecen como islas en el bosque en la zona centro-oeste del Parque. Pero a medida que disminuye la humedad hacia el este, nos aproximamos hacia un ombroclima húmedo bajo régimen mediterráneo, por lo que se invierte la relación. Al final sólo quedan un par de islas de bosque y matorrales en un mar de estepa, circunscriptas a biotopos favorables.

Tanto la "lenga" como el "ñire" son caducifolios. La caída de hojas en la zona montana significaría una adaptación a la estación fría. Posee temperatura mínima media de julio -0.6 °C, por lo tanto, no es facultativa sino obligada. Los árboles siempreverdes no son resistentes a la sequía ni al frío provocado por las heladas. La caída en invierno de las delgadas hojas caducas y la protección de las yemas ante la pérdida de agua significan un ahorro material frente a las gruesas hojas siempre verdes de otras especies que se hielan (WALTER, op. cit.). Sin embargo *Araucaria araucana*, constituiría una excepción frente a esta situación, puesto que la misma, parecería estar adaptada a condiciones climáticas desfavorables como lo son para las especies de *Nothofagus*.

Por lo tanto, según las condiciones externas y según las propiedades eco-fisiológicas de las especies, tienen ventaja en la competencia y dominan unas veces las especies con órganos asimiladores siempre verdes y otras las especies con órganos asimiladores de vida corta limitada al verano.

Bajo ombroclima hiperhúmedo encontramos que gran parte de la zona centro este del Parque Copahue, estaría constituida por la estepa arbolada, la cual exhibe las siguientes formaciones: matorrales de *Lomatia hirsuta* "radal", matorrales de *Nothofagus antarctica* "ñire" puros y mixtos, bosques de *Araucaria araucana* "pehuén" y *Nothofagus pumilio* "lenga", en residencia ecológicas aptas.

II.1. a. Matorrales de "ñire"

Los matorrales de "ñire" *Nothofagus antarctica* presentes en el Piso Montano con ombroclima hiperhúmedo, son los que dominan el paisaje del Parque Copahue y lo caracterizan fisonómicamente. Se ubican sobre las pequeñas elevaciones (morenas laterales), cerca de piedemontes, fondo de valles o en las laderas de solana en el límite altitudinal.

La comunidad de matorrales, dominado ampliamente por "ñire" *Nothofagus antarctica* que adquiere el aspecto de arbusto caducifolio de no más 2 m de altura, excepcionalmente mayor, constituiría la vegetación clímax bajo un régimen de ombroclima hiperhúmedo, entre los 1400 a 1800 m s.n.m. en la zona centro-oeste del Parque, con precipitación anual que oscilan entre un máximo de 2095 y un mínimo de 975 mm. Son análogos al mismo papel sucesional que juegan otras comunidades arbustivas esclerófilas existentes en otros países con clima mediterráneo como la "maquia" francesa; los "coscojares" españoles, o los "chaparrales" de Baja California en EEUU, o "matorrales" chilenos, es decir constituyen la clímax en zonas con bajas precipitaciones, siendo etapas sucesionales regresivas en áreas con precipitaciones menores, bajo el régimen mediterráneo pluviestacional, hacia el límite oriental del Parque, conocido como el paraje "Puerta del Trollope". Esto se observa claramente en la Fig. 3 donde los matorrales de "ñire" se sitúan en biotopos aptos, o sea en exposición de umbría. Además de observar que la elevación del volcán Copahue no es un impedimento del ingreso de humedad del Pacífico, por las zonas menos elevadas o sea, por sus laterales norte y sur que favorecen la consecuente formaciones vegetales, en la parte más baja del piso montano hiperhúmedo.

II.1. b. Bosquecillos de "pehuén"

Los bosquecillos aislados de "pehuén" se encuentran preferentemente localizados en la zona de ecotono con estepa bajo ombroclima hiperhúmedo. Se caracterizan climáticamente por disminución de precipitaciones hacia el este y temperaturas media de julio comprendidas entre 3 a -0.6 °C y media de enero de 15.4 a 9.5 °C.

La fisonomía de estos bosquecillos es del tipo parque semixerófito, entre altitudes que oscilan los 1600 a 1900 m s.n.m., con una altura inferior a 15 m. *Araucaria araucana* es una especie rupícola y colonizadora. Aparece sobre pendientes ligeramente onduladas, en suelos someros con asomos rocosos o laderas de solana de roca basálticas masivas o con afloramientos rocosos en más del 50%. Se manifiesta como llamativa, la posición del pehuén, puesto que su localización presenta un rango muy definido de máxima y mínima de precipitaciones de enero (48 a 23 mm) y julio (362 a 168 mm), como así también de temperaturas, para enero (15.4° a 9.5°C) y julio (3° a -0.6°C). Los bosquecillos se ubican entre las masas boscosas continuas de *Nothofagus* y la estepa de gramíneas en sentido oeste - este del Parque, acompañado por suelos volcánicos rúpticos, líticos y/o someros (GANDULLO ET AL. 2000, 2001)

II. 1. c. Matorrales de "radal"

Los matorrales de radal se encuentran muy escasamente representados en el Parque Copahue, al parecer constituyen el límite septentrional de distribución de los bosques andinos patagónicos, bajo el ombroclima hiperhúmedo. Se sitúan esparcidos

en el sector ecotonal de la estepa gramínea y cercanos a los matorrales de ñire, en pendiente variable, 20° a 70° y porciones de escarpas con cierta inclinación. Se ubican por lo general con exposición norte, al igual que en cerro Otto (Río Negro) observado por NAUMANN (1987), tal vez la preferencia de laderas de solana, se deba a su mayor requerimiento de temperatura y su escasa resistencia al frío y la nieve.

El rango de distribución de estos matorrales se ubica en la zona de menor temperatura media del aire del mes de julio y casi una de las más altas de enero (ver cuadro 1). Se desarrollan sobre suelos típicos de estepa arenosos, desde muy sueltos, algo profundos a muy someros con bloques de rocas basálticas mayores a 25 cm de diámetro y fragmentos entre 7.5 a 25 cm intercalados.

El "radantal" posee dos estratos bien definidos, uno superior arbustivo, dominado por *Lomatia hirsuta* hasta 2 m de altura y uno inferior compuesto por gramíneas y arbustos bajos de cobertura variable propios de la estepa: *Baccharis rhethinoides*, *Adesmia boronoides*, *Mulinum spinosum*, *Baccharis magellanica* y *Berberis empetrifolia* el estrato herbáceo está dominado por *Festuca scabriuscula* y la escaposa *Eryngium paniculatum*.

II. 1. d. Bosque y matorrales de "lenga"

Los bosques y matorrales de *Nothofagus pumilio* "lenga" Tabla 1 (Nro. de ord. XIII al XV), se encuentran en sitios característicos y escasamente desarrollados en superficie con relación al "ñirantal". Los bosques se ubican uno al NW cercano al límite N del Parque al pie del cerro Trolon y un pequeño bosque en el Circuito Cascada Escondida.

La formación achaparrada, esta en el límite superior del bosque en áreas muy reducidas constituyendo verdaderos matorrales muy intrincados y cerrados de difícil transitabilidad

Ambas zonas presentan pendientes pronunciadas (15-40%) y con exposición sur, más frías donde la disponibilidad de agua sería más favorable. Asociado a este hecho, también se encuentran los mantos de cenizas volcánicas más espesas y de mejor alofanización, lo que aumentaría la reserva de agua (GANDULLO ET AL. 2000). Son bosques cerrados con escasa diversidad. El rango pluviométrico es de 974 a 2095 mm/medias anuales.

En el resto de exposiciones exceptuando el sur, *Nothofagus pumilio* forma un bosque mixto con *Araucaria araucana* en los límites altitudinales con el bosque (VEBLEN, 1982) Se ubica en el rango de temperaturas medias de julio (- 0.6°; a 3 °C) y enero (15.4° a 9.5°C) y altitudinal de 1500 a casi 2000 m s.n.m. Por otra parte, la presencia del "pehuén" favorece un dosel más abierto, lo que permite más entrada de luz, y como consecuencia, aumenta notablemente su riqueza florística.

II. 1. e. Estepa graminosa-arbustiva del piso montano inferior

Caracteriza al piso montano hiperhúmedo fisonómicamente en segundo lugar. La comunidad arbustiva-graminosa es frecuente en todo el piso montano estepario del Parque. Sin embargo, bajo régimen de ombroclima hiperhúmedo, su área de distribución es mayor, con relación al piso bioclimático supramediterráneo del este del Parque. Predominan los "coirones" cespitosos *Poa tristigmatica*, *Festuca scabriuscula* y *Stipa speciosa* con una cobertura promedio de 22.5 %, de no más de 30 cm de altura, junto a las matas hemisféricas de *Mulinum spinosum* "neneo" y la nanofanerófito *Senecio covasii*

Se extiende por relieves amesetados de origen volcánico, desgastados por acción glaciaria y está limitada al Norte, Este y Sur por abruptas paredes de cordones montañosos que superan los 2000 m s.n.m. La pendiente general del área es hacia el noreste, paraje conocido como "Puerta del Trollope", en la que se destacan los valles glacifluviales de los ríos Agrio y Trollope, en un rango altitudinal que oscila entre los 1500 a 1800 m s.n.m.

Los parámetros climáticos que dominan esta vegetación figuran en el cuadro 1.

II. 1. f. Humedales del piso montano inferior

Los humedales constituyen un tipo de rasgo fisonómico relevante del Parque Copahue que merecen un tratamiento especial. En el sentido climático, la vegetación hidrófila del mallín no está determinada por el macroclima regional, sino que es del tipo azonal WALTER (op. cit.). Al igual que la caracterización edáfica, lo ubica como intrazonal USDA (1949, Clasificación Americana), donde el suelo se desarrolla por factores locales como son el relieve y el hidromorfismo. Por estas razones, este ecosistema no es discusión del presente trabajo y ha sido ampliamente estudiado por GANDULLO & SCHMID (2002).

II. 2. Montano ultra-hiperhúmedo

Representa la segunda franja altitudinal del piso montano, la cual, hemos optado por denominarla piso montano superior. Desde el punto de vista de la vegetación, es notable su presencia a partir de los 1800 hasta los 2300 m s.n.m. bajo régimen pluviométrico ultra-hiperhúmedo con precipitaciones medias anuales superiores al hiperhúmedo (1800-3078 mm).

Comprende la vegetación de altura o altoandina constituyendo el tercer rasgo fisonómico del Parque. La eco-región altoandina se encuentra por encima de los 2000 m de altura y marca el límite de la vegetación arbórea (CABRERA, 1976, HOFFMANN, 1997)

Por encima de este nivel y hasta las altas cumbres, prácticamente las plantas microtermas no superan los 20 cm, tienen aspecto acojinado, achaparrado o de ramas retorcidas. Estas adaptaciones ecológicas que presentan los vegetales a las condiciones extremas de xericidad, han sido estudiadas por numerosos autores, entre ellos MARTINEZ-CARRETERO & MENDEZ, 1992; MARTINEZ-CARRETERO, 2000; RUTHSATZ, 1978; RUIZ LEAL & ROIG, 1955.

Esta franja colinda en su parte inferior con el límite superior del piso montano hiperhúmedo y por encima de la misma, con el piso Orotemplado o Subandino. Posee los siguientes tipos de formaciones vegetales:

II. 2. a. Matorral arbustivo rastrero

En la zona andina del oeste del Parque, desde los 1900 a 2100 m.s.n.m aproximadamente, el matorral arbustivo rastrero, es el que realmente le da la fisonomía al paisaje. Por lo general, se encuentra sobre pequeñas terracetas donde se ha producido acumulación de materiales finos, por arrastre, producto del deshielo. A pesar de contar con un alto gradiente pluviométrico, especialmente en forma nival, la extrema situación del ambiente, en cuanto a temperatura y altitud, solo permite la colonización del hábitat por especies adaptadas a tales condiciones. Entre ellas tenemos el caméfito reptante *Pernettya pumilia* "chaura" que forma carpetas continuas alternando con suelo desnudo, generalmente asociada a "murtilla" *Empetrum rubrum*, *Discaria nana*, numerosas especies de compuestas del género *Senecio*, *Hypochoeris*, y *Perezia*, las arrosietadas *Viola cotyledon*, *Valeriana macrorhiza*, la bulbosa *Rodophiala andicola* "flor de Copahue" entre otras. De acuerdo con ROIG (1998), las condiciones climáticas actuales de esta estepa corresponden, indudablemente, a un clima periglacial. Cabe suponer que *Empetrum rubrum*, con sus distintas asociaciones, ha sido una especie pionera en la ocupación de las áreas en las que se retiraba el hielo en la última glaciación.

En varias oportunidades este matorral rastrero suele tener el aspecto de un pastizal bajo y ralo con *Poa tristigmatica* y *Festuca thermanum*. OWER & PEREZ, (1983), citan para Riscos Bayos y arroyo Hualcupén, parajes cercanos al Parque, a más de 2000 m de altura, una vegetación de baja cobertura de *Poa tristigmatica*, *Festuca weberbauerii*, además de *Empetrum rubrum*, *Berberis empetrifolia*, *Mulinum microphyllum*, etc. elementos florísticos coincidentes con nuestros datos. No obstante, *Festuca weberbauerii*, no ha sido detectada para el Parque. Sí, en cambio, *Festuca thermanum*, pero en áreas muy reducidas y de escasa representatividad.

II. 2. b. Estepa graminosa del piso montano superior

De acuerdo a los datos registrados en los relevamientos efectuados, a medida que ascendemos al piso altitudinal montano superior, hasta casi los 1800 m s.n.m., hacia el oeste del Parque, la oferta hídrica es mayor, bajo un régimen ultrahiperhúmedo. Frente

a estas condiciones *Mulinum spinosum* "neneo" posee una gran tolerancia a la humedad, hecho destacado por Cabrera (1976), donde puede avanzar sobre claros del bosque y estar en contacto con la Provincia Subantártica como sucede en nuestro caso. Cuando el "neneo" avanza hasta el piso altitudinal superior, codomina con la abundancia de coirones del género *Festuca* y *Poa* por lo que la estepa adquiere una fisonomía más gramínea que arbustiva, con preferencia de laderas con exposición NE, W o SW.

Los principales elementos gramíneos de ésta estepa son: *Festuca scabriuscula* y *Poa tristigmatica*. Esta última, según NICORA (1978) vive en Chile y la Argentina, en prados y pedregales andinos que contribuyen a consolidar, siendo en ellos un elemento muy importante. Es muy frecuente en fisuras donde forma cojines poderosamente arraigados y difíciles de extraer gracias a sus fuertes rizomas. Mientras que *Festuca scabriuscula*, forma céspedes densos, hasta de 50 cm de diámetro, siendo una planta dominante en los lugares donde crece. Habita en las zonas andina de Neuquén y Río Negro (PARODI, 1953; NICORA, op. cit.).

De acuerdo con MATHEI (1982) *Festuca scabriuscula*, es sinónimo de *Festuca pascua*, su distribución geográfica en Chile abarca la VIII a X Región. Crece en la Precordillera andina entre los 700 a 2000 m.s.m fundamentalmente en los claros que dejan los árboles del bosque de *Nothofagus* y *Araucaria*.

Por la altitud, la estepa gramínea se encuentra invadida por numerosos elementos florísticos típicos de la vegetación Altoandina como son: *Viola cotyledon*, *Luzula chilensis*, *Perezia pilifera*, *Rytidosperma virescens* var *patagonica* entre otras

CABRERA (1976), describe una comunidad vegetal en las Termas de Copahue a 2000 msm. Las taxa descriptas por dicha comunidad son coincidentes con nuestros datos, a excepción de *Festuca weberbaueri*, cuya especie no ha sido colectada hasta el momento en el Parque.

Al analizarla, se observa que la comunidad de la estepa gramínea del piso montano superior e inferior, se encuentra distribuida a lo largo de todo el gradiente de temperatura y precipitación. Esto significa, que los taxa botánicas que le pertenecen, participan de forma directa o indirecta con otras comunidades presentes en el piso Montano. Al parecer este cortejo florístico encabezado por *Festuca scabriusculae* podría llegar a constituir la zona de transición entre los bosques subantárticos y la estepa patagónica.

II. 2. c. Humedales del piso Montano superior

Al igual que el piso montano inferior bajo ombroclima hiperhúmedo, el montano ultrahiperhúmedo presenta humedales, "vegas" o "mallines" de altura, con una vegetación densa y de elevada cobertura. Los mismos han sido analizados por GANDULLO & FAGGI (2002).

III. Piso orotemplado o subandino

Este piso se localiza en toda la zona oeste del Parque limitando con el país vecino Chile, desde los 2300 hasta aproximadamente hasta los 2800 m.s.n.m. Según CHIAPPELLA & ESCURRA (1999), describen para el Parque Provincial Tromen, hacia el NE de la Provincia de Neuquén, un piso subandino entre 1800 – 2000 m s.n.m. Esto demuestra, como plantean estos autores, la variación en longitud que puede presentar dicho piso para el norte patagónico.

El piso subandino del Parque Copahue, se caracteriza por un relieve montañoso con laderas suaves a escarpadas, mesetas y detritus, de falda, con suelos rocosos, pedregosos o arenosos, generalmente sueltos e inmaduros. El clima es de alta montaña, frío y seco, con precipitaciones entre 2090 a 3058 mm anuales, principalmente nivales o granizo en cualquier época del año (CABRERA, 1976). No obstante, de contar con alta disponibilidad hídrica, las condiciones rigurosas de bajas temperaturas y de 1 a 4 meses con $T^{\circ} < 0^{\circ}C$, con nieve semipermanente constituyen verdaderos impedimentos para el normal desarrollo y crecimiento de los vegetales. Aparece una típica vegetación de altura representada por arbustos bajos, rastreros y acojinados, muy esparcidos. Muchos vegetales se encuentran adaptados a estas inclemencias climáticas y en varias ocasiones son, casi imperceptibles al simple observador.

III. 1. Subandino hiperhúmedo

El presente ombrotipo, tiene muy escasa representatividad dentro del Parque y por su inaccesibilidad, no ha sido descripto para el presente estudio.

III. 2. Subandino ultrahiperhúmedo

III. 2. a. Vegetación Altoandina de pedregales o esparcida

Vegetación del límite superior, inmediatamente por debajo de la nieve o hielo semipermanente, constituida por plantas en cojines o arrosadas. A pesar de contar con una rigurosidad climática estricta, la vegetación se presenta esparcida, con bajísima cobertura menor al 1%. Pasa inadvertida, entre las rocas, pedregales, laderas de rodados inestables, como saxícola, hasta el presente no fácil de dilucidar en comunidades definidas.

Entre las especies observadas tenemos; *Pernettya pumila*, *Nassauvia digitata*, *N. lagascae* var *lanata* y *N. revoluta* que viven entre detritus rocoso. También presentes de estos ambientes *Senecio poeppigii* var *poepigii*, *Calandrinia colchaguensis*, *Senecio aspericaulis*, *Rytidosperma picta* var *picta*, *Berberis copacahuensis*, entre otras, *Gamocarpha dentata*, como así también helechos del género *Cheilanthes* y *Blechnum*.

Conclusiones

Del estudio de los pisos de vegetación y bioclimático del Parque Provincial Copahue, se desprenden las siguientes conclusiones:

1. Se reconocen 3 pisos de vegetación con la siguiente distribución altitudinal: Supramediterráneo: 1350 a 1450 m s.n.m.; Supratemplado 1400 a 2300 m s.n.m. y Orotemplado: 2300 a 2800 m s.n.m.
2. El piso Supramediterráneo se caracteriza por la presencia de matorrales afilos y arbustales perennifolios y ausencia de formaciones boscosas.
3. La vegetación del piso Supratemplado es la mas representada y esta dominada por un mosaico que comprende los bosques, matorrales y estepas.
4. Las comunidades de *Chuiriraga oppositifolia* y *Retanilla patagonica*, pertenecen al bioclima Supramediterráneo.
5. Los matorrales de *Nothofagus antarctica*, *N. pumilio*, *Lomatia hirsuta* y bosques de *Araucaria araucana* y *Nothofagus pumilio* conjuntamente con la estepa gramínea pertenecen al Piso Montano.
6. La comunidad saxícola es predominante del bioclima subandino.

Bibliografía

- ALCARAZ, F., 1993. Bioclimate: un programa informático para la automatización de análisis. XIII Jornadas de Fitosociología, Lisboa, Portugal.
- BRAUN-BLANQUET, 1950. Sociología Vegetal. Estudio de las comunidades vegetales. Acme, Buenos Aires, 444 pp.
- BRAUN-BLANQUET, 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume. 820 pp.
- CABRERA, A. L., 1949. El género *Senecio* en Chile. *Lilloa* 15: 27-501.
- _____. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 14(1-2): 1-42
- _____. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería. Tomo II. Fasc. 1. Ed. ACME. 2° ed. Bs. As. 85 pp.
- CHIAPELLA, L. & EZCURRA, C., 1999. La flora del Parque Provincial Tromen, Provincia de Neuquen, Argentina. *Rev. Multequina* 8: 51-60.
- CONSTANCE, L., 1988. Umbelliferae. En Correa M. "Flora Patagonica". Colecc. Cientif. INTA Tomo VIII, Vol. 5: pp 363.
- ESKUCHE, U., 1969. Berberitzen Gebüsche und *Nothofagus antarctica* Wälder in Nordwestpatagonien. *Vegetatio* 19: 264-285.
- GANDULLO, R.; J. IRISARRI; A. M. FAGGI y O. SCARPATI., 2000. Fisonomía del Parque Provincial Caviahue-Copahue, (Neuquén) Argentina. Su relación con el tipo de suelo y la temperatura media mensual. Publicación en CD. VI Congreso Internacional de la Ciencia de la Tierra. Chile.

- GANDULLO, R.; J. IRISARRI; A. M. FAGGI & O. SCARPATI., 2001. Tipos de vegetación, suelos y temperatura del aire del Parque Provincial Copahue (Neuquen, Argentina). *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 3(1): 13-20.
- GANDULLO, R. & P. SCHMID. 2002. Análisis ecológico de mallines del Parque Provincial Copahue. Neuquén, Argentina. *Rev. Agro Sur* 29 (2): 83-99.
- GANDULLO, R., 2002. Fitosociología de los matorrales de "ñire" (*Nothofagus antarctica*), con bosque de "pehuen" (*Araucaria araucana*), del Parque Provincial Copahue. I. Interpretación sintaxonómica. *Rev. Candollea*. En prensa.
- GANDULLO, R. & A. M. FAGGI., 2002. Análisis fitosociológico de los mallines alpinos del Parque Provincial Copahue. Neuquén, Argentina. *Rev. Kurtziana*. En prensa.
- GRONDONA, M. F., 1970. Fitogeografía del Parque Nacional Nahuel Huapi. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*. Vol. 14: 71-89.
- HIDRONOR, 19
- HOFFMAN A., KALIN ARROYO M., LIBERONA F., MUÑOZ M., WATSON, J., 1998. Plantas Altoandinas en la Flora Silvestre de Chile. Ed. Fundación Claudio Gay, Santiago, 281 pp.
- IRISARRI, J., 1988. Estudio de suelo de la Comarca Caviahue. Informe Técnico Centro de Documentación Científica y Técnica de la Provincia de Neuquén. 28 pp.
- MARTINEZ CARRETERO, E. & E. MENDEZ., 1992. La vegetación de la vertiente oriental de la Cordillera Real, Mendoza-Argentina. *Rev. Multequina* 1: 99-106.
- MARTINEZ CARRETERO, E., 2000. Vegetación de los Andes Centrales de la Argentina. El valle de Uspallata. Mendoza. *Bolet. Soc. Argent. Bot.* 34 (3-4): 127-148.
- MATHEI, O. R., 1982. El género *Festuca* (Poaceae) en Chile. *Gayana Botánica*. 37: 1-62.
- MERMOZ, M. & MARTIN, C., 1988. Mapa de vegetación y Evaluación del estado de conservación del Parque Provincial Copahue. Informe Técnico. Centro de Documentación Científica y Técnica. Provincia del Neuquén. 48 pp.
- NAUMANN, C. M., 1987. El gradiente de vegetación desde la montaña hasta la meseta en las cercanías de la ciudad de Bariloche. Tesis de Licenciatura. 67 pp. Univ. Nac. Comahue.
- NICORA, E. G. (1978): Gramineae en CORREA, M. N. "Flora Patagonica". Parte III. *Gramineae*. Colecc. Cientif. INTA. Tomo VIII. Buenos Aires. 563 pp.
- OWER, G. & C. PEREZ, 1983. Estudio de la Vegetación Natural. Relevamiento 3: 1-115. Provincia de Neuquén.
- PARODI, L. R., 1953. Las especies de *Festuca* de la Patagonia. *Rev. Arg. Agr.* 20 (4): 177-229.
- PEÑA, O., 2002. La fragmentación del paisaje en un área de mesetas basálticas de la Provincia de Neuquen. Tesis de Maestría
- PEÑA, O. (1999). Recopilación de información climática de estaciones de las provincias de Rio Negro y Neuquen (inédito)
- PEREZ-MOREAU., 1944. La Provincia antartánica. *Holmbergia* (3-7): 93-110. Buenos Aires.
- RIVAS MARTINEZ, S. & NAVARRO, G., 1994. Mapa Biogeográfico de Sudamérica. *Folia Botánica Matritensis*: 12.
- ROIG, F., 1998. La Vegetación de la Patagonia. En Correa M. "Flora Patagonica". Colecc. Cientif. INTA Tomo VIII, Vol. 1: 48-166.
- RUIZ LEAL, R. A. & F. ROIG., 1955. Observaciones del efecto de la nieve sobre las plantas en el Arroyo Nield y Valle Atuel (Mendoza) *Rev. Fac. Agr.* 5 (1): 1-23.
- RUTHSATZ, B., 1978. Las plantas en cojín de los semidesiertos andinos del noroeste Argentino. *Darwiniana* 21 (2-4): 491-539.

VEBLEN, T. T., 1982. Regeneration patterns in *Araucaria araucana* forests in Chile. *Journal of Biogeography* 9: 11-28.

WALTER, H., 1977. Zonas de vegetación y clima. Ed. Omega, Barcelona. 245 pp.

ZULOAGA, F. O., E. G. NICORA, Z. RUGULO DE AGRASAR, O. MORRONE, J. PENSIERO, A. M. CIALDELLA., 1994. Catálogo de la Familia *Poaceae* en la República Argentina. *Missouri Botanical Garden Vol* (47): 178 pp.

ZULOAGA, F. O. & MORRONE, O., 1996. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. I. *Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae)*. *Missouri Botanical Garden Vol* (60): 323 pp.

1999^a. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. II. *Acanthaceae – Euphorbiaceae (Dicotyledoneae)*. *Missouri Botanical Garden Vol* (74): 621 pp.

ZULOAGA, F. O. & MORRONE, O., 1999b. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. II. *Fabaceae – Zygophyllaceae (Dicotyledoneae)*. *Missouri Botanical Garden Vol* (74): 1269 pp.

REGIÓN Y DESARROLLO