

Relación clima-vegetación: adaptaciones de la comunidad del jarillal al clima semiárido, Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa, Argentina¹

Recibido: 8 de mayo de 2014. Aceptado en versión final: 11 marzo de 2015.

Valeria Soledad Duval*

Graciela María Benedetti**

Alicia María Campo***

Resumen. El estudio de la vegetación desde la Geografía se centra en el análisis de su distribución espacial y los factores que inciden en la misma. Uno de ellos es el clima que determina las características de las formaciones vegetales y, en una escala más grande, a las comunidades. El objetivo de este trabajo es analizar la relación clima-vegetación mediante el estudio de las adaptaciones de la comunidad del jarillal con respecto al clima semiárido en el Parque Nacional Lihué Calel, Argentina. Para ello se realiza el balance hídrico de Thornthwaite y Mather utilizando datos de la estación meteorológica del parque pertenecientes al periodo 1995-2010. Se aplican índices bioclimáticos y se realizan estands para conocer la composición florística y fisonomía de la vegetación.

Se analizan las respuestas adaptativas identificadas en los individuos vegetales relevados y se comprueba que el clima semiárido condiciona la morfología y fisonomía del parque. Se demuestra la presencia de vegetación xerófila con predominio de arbustos y de cobertura abierta. Entre las adaptaciones observadas se distinguen la pérdida de hojas en la estación desfavorable, el reemplazo de hojas por espinas, hojas pequeñas y resinosas, inclinación de la hoja y raíces extensas.

Palabras clave: Jarillal, vegetación xerófila, índices bioclimáticos, balance hídrico, adaptaciones vegetales, Parque Nacional Lihué Calel.

* Universidad Nacional del Sur (UNS) - Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Bahía Blanca, 8000, Buenos Aires, Argentina. E-mail: valeria.duval@uns.edu.ar

** Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, 8000, Buenos Aires, Argentina. E-mail: gbenedet@criba.edu.ar

*** Universidad Nacional del Sur-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bahía Blanca, 8000, Buenos Aires, Argentina. E-mail: valeria.duval@uns.edu.ar

¹ Trabajo realizado en el marco del proyecto *Geografía Física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diferentes escalas tiempo-espaciales*, dirigido por la Dra. Alicia M. Campo, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional del Sur.

Cómo citar:

Duval, V. S., G. M. Benedetti y A. M. Campo (2015), "Relación clima-vegetación: adaptaciones de la comunidad del jarillal al clima semiárido, Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa, Argentina", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 88, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 33-44, dx.doi.org/10.14350/rig.48033.

Climate-vegetation relationship: adaptations of jarillal community to the semiarid climate. Lihué Calel National Park, province of La Pampa, Argentina

Abstract. The study of vegetation from the Geography perspective focuses on the analysis of the spatial distribution and on the factors affecting it. One of these factors is the climate, which determines the characteristics of the vegetation and, on a larger scale, of the communities. The aim of this paper is to analyze the climate-vegetation relationship by studying adaptations of the *jarillal* community regarding the semiarid climate in the Lihué Calel National Park, Argentina.

Therefore, this contribution is concerned with the knowledge of the characteristics of the environment in order to understand how vegetation responds to certain phenomena, so management of protected areas will be more suitable. Lihué Calel National Park is a national protected area located in the south-center of La Pampa province, Argentina. According to Cabrera (1976) the area belongs to the floristic province of "monte" and the climate is warm and dry.

In the interest to achieve the goals of this paper, Thornthwaite and Mather's water balance was done. The data was collected from a weather station that belongs to the national park, for the period 1995-2010. Emberger's pluviothermic coefficient, Lang's rainfall index, De Martonne's aridity index and Currey's continentality index were analyzed. In addition, ten stands or plots of vegetation were placed to determine the floristic composition and the vegetation physiognomy. Then, plants species were identified as individuals and their adaptive responses were also analyzed. In conclusion, the survey verified that semi-arid climate conditions determine the morphology and the appearance of *jarillal*.

Climate analysis shows that for the period 1995-2010 the average annual temperature is 16.2° C and reveals that thermal summers and winters are well differentiated. Large water deficit is defined, because water balance indicates that the evapotranspiration exceeds precipitation during every month of the year. According to Thornthwaite's criteria, the area is a semiarid climate type. With the analysis of other bioclimatic indices, more information is obtained: Lang's index value is 25.7 (arid), Emberger's index is 41.8 (semi-

arid), De Martonne's index is 15.9 (that refers to a semi-arid climate) and, at last, Currey's index certified the existence of a continental climate because the result was 1.16.

Vegetation was surveyed and the result was quite interesting: 1 508 individuals that belong to 33 species. The percentage is: shrubs 57.6%, grasses 36.4% and trees 6.1%. Most of them were evergreen and only some deciduous. The distribution of vegetation in Lihué Calel responds to the semi-arid conditions. Some adaptations were observed like the development of the deep root system with an horizontal pattern in order to absorb the water from the soil, the loss of leaves in the unfavorable season, the replacement of leaves by thorns, small resinous leaves, leaf tilting and extensive roots, among others.

The dominant plant of the *jarillal* is *Larrea divaricata* and it is considered as a xerofite plant. The process indicates that when stomata are open, transpiration rates increase; when they are closed, transpiration rates decrease. The *Cactaceae* family is represented by two species: *Opuntia puelchana* and *Cereus aethiop.* They are considered succulent plants that keep humidity inside. During rainy periods they absorb large amounts of water that they then use during the dry periods.

These types of studies are relevant to understand how plants adapt to different environmental events, whether they are natural and/or anthropogenic. As a reference, in 2003, major fires occurred inside the National Park and they affected 7 000 hectares. The resinous leaves of the *jarilla* helped to propagate the fire all around the place. The next phase of the investigation process will be related to the physiological and morphological properties, through chemical analysis, so the adaptation of vegetation can be tested. With these new studies, the final purpose will be reached: good practice for plant conservation.

Key words: Jarillal, xerophytic vegetation, bioclimatic indices, water balance, plant adaptation, Lihué Calel National Park.

INTRODUCCIÓN

La vegetación es el elemento natural que responde a las características del medio al cual pertenece. Su estudio es importante desde el punto de vista del paisaje para delimitar espacialmente las unidades de vegetación. La formación vegetal es una comunidad vegetal de orden superior compuesta por una o varias sinusias (comunidad de plantas de estructura uniforme caracterizada por poseer un solo tipo de

forma vital) con fisionomía homogénea (Alcaraz, 2013). Su descripción debe incluir los aspectos fisonómicos y florísticos que definen su estructura. El primero hace referencia al biotipo predominante (árboles o arbustos, hierbas o musgos, etc.), a la estratificación (altura), a la cobertura espacial (continua o dispersa) y a sus variaciones estacionales en el follaje (forma, función, tamaño, etc.). El segundo, el aspecto florístico, es el conjunto de especies que integran la comunidad vegetal.

A través del estudio de los factores ecológicos que influyen en su distribución, es posible inferir los patrones espaciales de las comunidades vegetales. El clima es el principal factor ecológico a escala regional y su influencia se expresa principalmente en los cambios de la fisonomía de la vegetación y composición florística (Walter, 1977; Petagna de Del Río, 1993; Gliessman, 2002). Este tipo de vegetación se denomina zonal ya que responde a las condiciones climáticas regionales (Luebert y Plischoff, 2006). Además, hay otros factores como el sustrato geológico, las condiciones edáficas y la topografía que también condicionan la formación vegetal a escala local dando lugar a una vegetación azonal.

Dentro de la variable climática, las condiciones térmicas e hídricas, la intensidad lumínica y la duración del día son los elementos más relevantes para analizar debido a que son determinantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Walter, 1977; Valverde *et al.*, 2005). El agua es una variable esencial en la vida vegetal porque define, por ejemplo, la variación de la estructura y forma de las hojas en las angiospermas. En este sentido, existe una clasificación de las plantas de acuerdo con los requerimientos de agua: mesófitas (requieren abundante agua en el suelo y una atmósfera medianamente húmeda), hidrófitas (dependen de una abundante cantidad de agua o bien crecen sumergidas en el agua) y xerófitas (adaptadas a ambientes áridos; Weaver y Clements, 1950; Sarmiento, 2001; Santa de Olalla *et al.*, 2005).

Cada individuo tiene un grado de tolerancia con respecto al medio en el cual vive. Éste desarrolla habilidades o capacidades para soportar los periodos en los cuales las condiciones climáticas no son óptimas para su crecimiento. Por ejemplo, la clasificación de las formas de vida según Raunkiaer se creó con la finalidad de relacionar el biotipo con el clima (Tivy, 1993). Por otra parte, Liebig determinó en su ley del mínimo o de factores limitantes que el crecimiento de una planta depende de la cantidad de nutrientes que se le presenta en cantidades mínimas.

La respuesta de las plantas a su medio se lleva a cabo de diversas maneras como por ejemplo la luminosidad que tiene efectos sustanciales en el desarrollo del tamaño y grosor de la hoja. En lugares

con alta intensidad de luz se desarrollan hojas más pequeñas y gruesas que aquéllas que se desarrollan en la sombra y que se forman en condiciones de baja intensidad lumínica. Otra adaptación a los ambientes de clima árido y semiárido es la transformación de las hojas en espinas. Éstas son de consistencia dura, seca y no fotosintética. También hay especies suculentas que poseen tejidos especializados para el almacenamiento de agua (Raven *et al.*, 1992). Estas características surgen de los conceptos de ecoclina y ecotipo. El primero hace referencia a la distribución geográfica de una especie y el segundo a la modificación que experimenta cada especie en su arquitectura corporal como respuesta a las adaptaciones al clima local (Tivy, 1993).

La bioclimatología es la ciencia que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos en la tierra (Rivas, 2010). Los índices bioclimáticos contribuyen a conocer la relación entre las condiciones climáticas de un área y las formaciones vegetales asociadas. Los mismos utilizan datos de temperatura y precipitación con la finalidad de definir las limitaciones fisiológicas de las especies vegetales. La baja temperatura, por ejemplo, es limitante para el crecimiento de las plantas y por lo tanto en las zonas de clima frío o polar la presencia de individuos vegetales es casi nula y, si están presentes, tienen una fisonomía particular adaptadas a las condiciones climáticas. La contribución de esta investigación está relacionada con el conocimiento de las características del medio para un adecuado manejo de los mismos y comprender la respuesta de la vegetación frente a determinados fenómenos como, por ejemplo, los incendios (Mermoz *et al.*, 2004; Suárez *et al.*, 2013). Por ello, el objetivo de este trabajo es analizar la relación clima-vegetación a través de las adaptaciones de la comunidad del jarillal con respecto al clima semiárido en el Parque Nacional Lihué Calel.

ÁREA EN ESTUDIO

El Parque Nacional Lihué Calel es un área protegida de jurisdicción nacional que se localiza en el centro-sur de la provincia de La Pampa, Argentina (Figura 1). De acuerdo con Cabrera (1976)

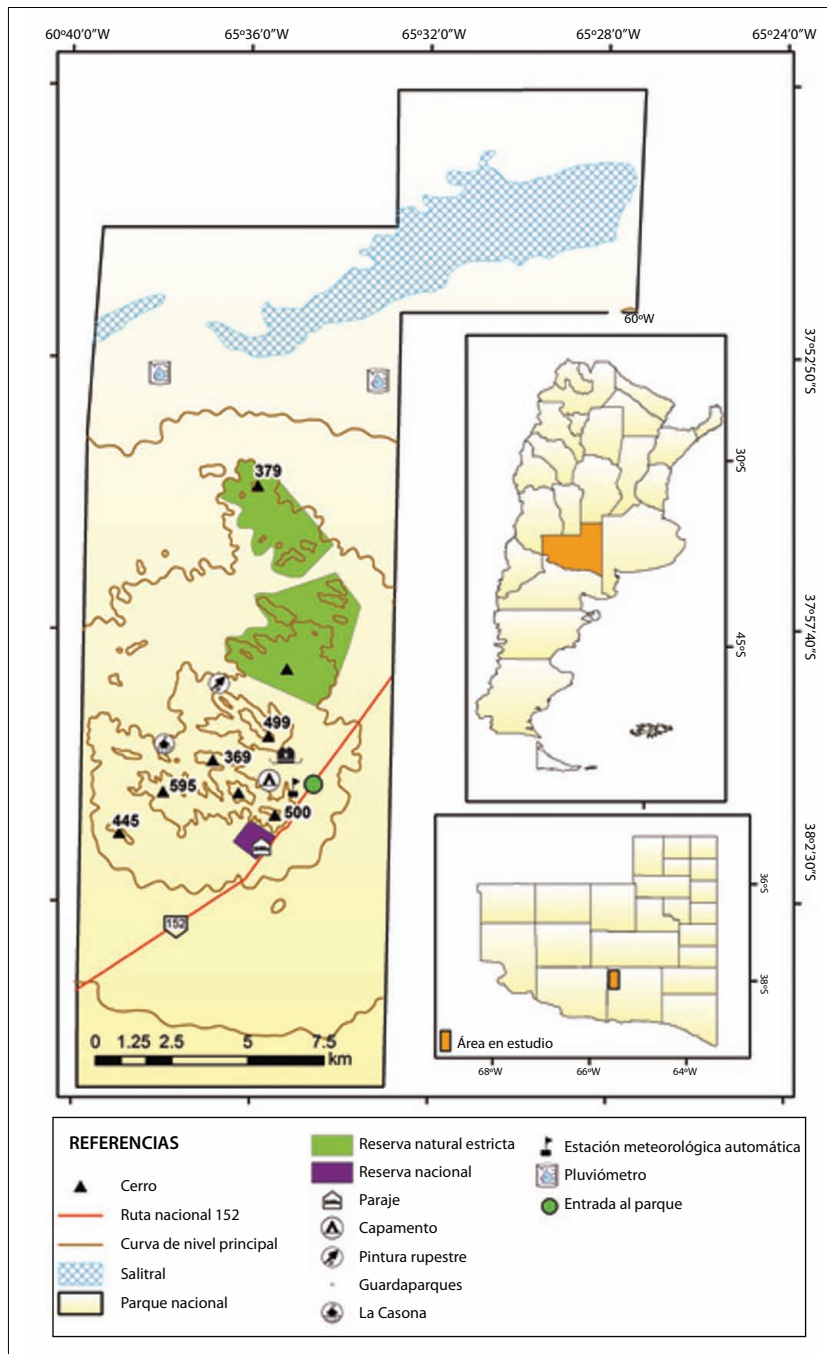


Figura 1. Localización del Parque Nacional Lihúe Calel. Provincia de La Pampa, Argentina

Fuente: elaboración propia sobre la base de cartas topográficas del IGN, 2013.

pertenece a la provincia fitogeográfica del monte. Burkart *et al.* (1999) definen dentro de esta provincia la región de monte, de llanuras y de mesetas. En general, el clima es cálido y seco con gran variedad térmica entre estaciones y las precipitaciones son

muy variables disminuyendo hacia el oeste de 400 a 80 mm aproximadamente. La estación seca dura hasta un máximo de nueve meses y el periodo de mayor precipitación se produce en la estación más cálida (Pol *et al.*, 2006).

En la provincia de La Pampa, la vegetación fue caracterizada por Casagrande y Conti (1980) quienes distinguieron formaciones: el pastizal, el espinal y el monte. Este último se caracteriza por la dominancia de arbustos, con árboles en ciertas zonas y con un estrato herbáceo conformado por gramíneas perennes (Villagra *et al.*, 2011). El jarillal es la formación clímax del Parque Nacional acompañado por cactáceas y otras especies halófilas propias de los suelos salinos. También existen otros dos paisajes dominantes que son el serrano y el salitral (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2004). La vegetación del ambiente serrano fue estudiada por Mazzola *et al.*, 2008 en el cual constataron la incidencia del relieve en la composición y distribución de la flora. El ambiente serrano forma parte de una comunidad edáfica aún no estudiada, espacio que fue incorporado en el 2003 al área protegida.

METODOLOGÍA

El estudio de los elementos climáticos contribuye a reconocer la relación entre el clima y la vegetación. Se realizó el balance hídrico del Parque Nacional Lihué Calel a través de la metodología de Thornthwaite y Mather (1957), método en el que se emplean los datos de precipitación y de evapotranspiración. El balance hídrico permite conocer la falta y/o exceso de agua y determinar la clasificación climática de un lugar. Su análisis posibilita explicar las variaciones de las condiciones climáticas en un tiempo y espacio así como también sus consecuencias en el régimen hidrográfico. El ingreso está representado por la precipitación mientras que evapotranspiración es la salida. El exceso de agua se genera cuando la precipitación es mayor a la que se necesita para satisfacer la demanda. La evapotranspiración potencial se calcula a partir de los datos de latitud y la temperatura media mensual. Si ésta excede a la precipitación el sistema utiliza el agua de reserva del suelo. El sistema entra en déficit cuando el almacenaje de agua en el suelo es insuficiente para mantener la necesidad de agua (Campo de Ferreras *et al.*, 2004). Los datos climáticos del periodo 1995-2011 pertenecen a la es-

tación meteorológica automática de la Administración de Parques Nacionales localizada en el interior del parque a los 38°0'22" S y 65°35'63" O y a 376 msnm.

Se utilizaron índices bioclimáticos para determinar la influencia de las condiciones climáticas en la formación vegetal. Los índices utilizados fueron los indicados en la Tabla 1.

En cuanto a la composición de la vegetación del área en estudio, ésta fue relevada mediante diez parcelas de una superficie de 10 m². La cantidad de parcelas se obtuvo mediante la determinación del área mínima. El muestreo se realizó en el periodo 2013-2014 durante el mes de abril. De cada stand se obtuvo información cuantitativa (cantidad de individuos de una especie, altura, cobertura) y cualitativa (forma y tipo de hoja) de la vegetación para determinar la caracterización de la comunidad florística. Se hizo hincapié en la observación directa de la fisonomía de cada especie y posteriormente con el análisis de la bibliografía se determinaron las adaptaciones de las plantas. Previo a dicho análisis se habían determinado las condiciones climáticas de semiaridez del área.

RESULTADOS

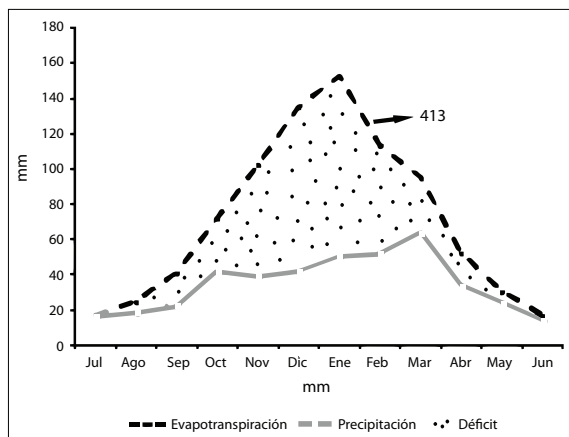
Análisis de la variable climática

A partir de los datos de la estación meteorológica del Parque Nacional Lihué Calel se determinó que la temperatura media anual para el periodo 1995-2010 fue de 16.2° C. Presentó veranos e inviernos térmicos bien diferenciados y dos estaciones intermedias (primavera-otoño) con valores similares. La temperatura mínima media se registró en julio siendo la misma de 8.4° C y la temperatura máxima media fue de 24.7° C en enero. La amplitud térmica para el periodo fue de 16.3° C. Por otro lado, la precipitación media total fue de 416 mm siendo los meses de verano los de mayor aporte. En el balance hídrico (Figura 2) se observó que la evapotranspiración superó a la precipitación durante todos los meses del año, lo cual se refleja en la existencia de un importante déficit de agua. Según la clasificación de Thornthwaite, el tipo climático correspondiente a esta zona es Semiárido (D).

Tabla 1. Índices bioclimáticos utilizados en el Parque Nacional Lihué Calel

Índices	Fórmula	Clasificación	Valores
[1] Índice de Pluviosidad de Lang (L)	Su expresión es $L = P/T$ P = precipitaciones anuales en mm. T = temperatura media anual en °C	Desierto	Entre 0 y 20
		Zona árida	Entre 20 y 40
		Zona húmeda y Estepa de Sabana	Entre 40 y 60
		Zona húmeda y bosques ralos	Entre 60 y 100
		Zona húmeda y bosques densos	Entre 100 y 160
		Zona superhúmeda de prados y tundra	> a 160
[2] Índice de Emberger (Q)	$Q = (100 \cdot P) / (M_i^2 - m_i^2)$ M _i = mes más cálido de las temperaturas máximas. m _i = mes más frío de las temperaturas mínimas.	Húmedo	> a 90
		Subhúmedo	De 50 a 90
		Semiárido	De 30 a 50
		Árido	De 0 a 30
[3] Índice de aridez de De Martonne (Ia)	$Ia = P / (T + 10)$	Per-húmedo	> a 60
		Húmedo	Entre 30 y 60
		Subhúmedos	Entre 20 y 30
		Semiáridos o mediterráneo	Entre 15 y 20
		Áridos o esteparios	Entre 5 y 15
		Áridos extremos o desierto	Entre 0 y 15
[4] Índice de continentalidad de Currey (Ic)	$Ic = (M_i - m_i) / (1 + 1/3 \cdot \text{latitud})$	Hiperoceánicos	De 0 a 0,6
		Oceánico	De 0,6 a 1,1
		Sucontinental	De 1,1 a 1,7
		Continental	De 1,7 a 2,3
		Hipercontinentalidad	De 2,3 a 5

Fuente: elaboración propia sobre la base de Emberger (1930), Prats (2006), Miliarium (2011).



Fuente: elaboración propia sobre la base de la estación meteorológica del Parque Nacional Lihué Calel, 2013.

Figura 2. Balance hídrico del Parque Nacional Lihué Calel.

Las temperaturas medias mínimas más bajas se registraron entre junio y agosto siendo éstas menores a 4° C y el valor medio anual de 7.8° C. Las temperaturas mínimas absolutas más bajas, inferiores a 0° C sucedieron entre los meses de mayo y septiembre; en junio se observaron los valores térmicos mínimos absolutos (- 5° C). En la estación térmica cálida los mínimos absolutos registrados oscilaron entre 7.5 y 8.6° C. Por otro lado, las temperaturas máximas medias que superaron los 25° C se establecieron desde noviembre hasta marzo, en tanto diciembre fue el mes de máxima temperatura media y el valor medio anual fue de 24.9° C. La temperatura máxima absoluta para el periodo presentó valores térmicos mínimos máximos en invierno y los máximos en verano, superando los 35° C (Figura 3).

La Figura 4 muestra la distribución de la precipitación anual para cada año del periodo considerado y la media anual que fue de 416 mm. Se observó que existe una variación en la cantidad de lluvias siendo los años 1997, 1999, 2000, 2001, 2004 y 2010 aquellos que superaron el valor medio de precipitación. El máximo se registró en 2004 con 688.7 mm, por el contrario el valor mínimo fue de 210 mm en 2009.

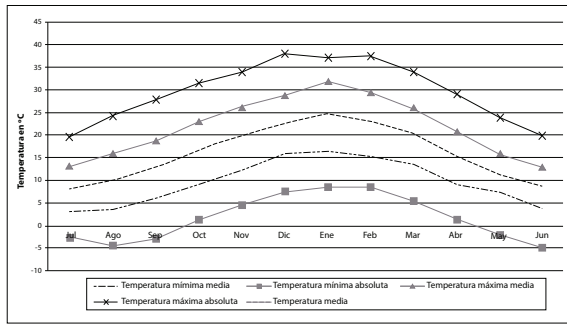
La Figura 5 muestra la distribución mensual de las precipitaciones considerando el periodo 1995-2010. El valor medio de precipitación mensual fue de 35 mm. Se observa que desde abril hasta septiembre la precipitación está por debajo de la media y disminuye a valores menores a 20 mm mensuales desde junio hasta agosto, coincidente con el periodo invernal. Se visualizan dos periodos en el cual la precipitación supera la media mensual: desde enero hasta marzo y desde octubre a diciembre; marzo fue el mes más lluvioso con 64 mm.

La aplicación de los índices bioclimáticos en Lihué Calel permitió reconocer las características de aridez/semiárididad del área como de subcontinentalidad. El valor del Índice de Lang [1] fue de 25.7 siendo árido y el índice de Emberger [2] fue de 41.8, semiárido. El índice de De Martonne [3] fue de 15.9 y refiere a un clima semiárido, en tanto que con la aplicación del índice de Currey [4] se comprueba la existencia de un clima subcontinental debido a que su resultado fue de 1.16.

Caracterización de la vegetación en el monte

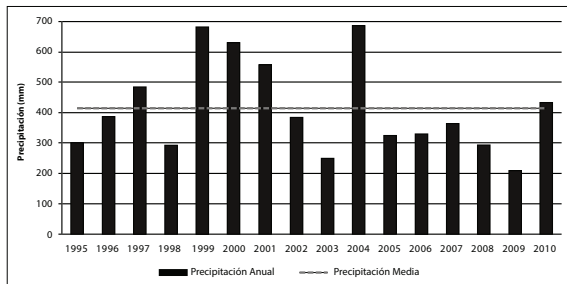
El monte se caracteriza por la dominancia de arbustos, con árboles en ciertas zonas y con un estrato herbáceo, principalmente constituido por gramíneas perennes. En el área en estudio, la comunidad más característica es el jarillal (Figura 6): matorrales entre 1.5 y 3 m de altura, con follaje permanente y ramas inermes, entre los que predominan *Larrea divaricata* y *Larrea cuneifolia* (Pol et al., 2006).

La Tabla 2 muestra las especies relevadas en las parcelas en el Parque Nacional Lihué Calel, su nombre vulgar, el número de individuos de cada especie y el biotipo. La cantidad total de individuos es de 1 508 y 33 especies. Presenta 16 familias y en cuanto al biotipo, los arbustos representan un



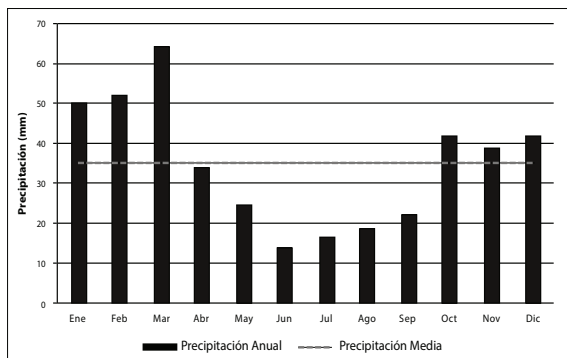
Fuente: elaboración propia sobre la base de datos proporcionados por el Parque Nacional Lihué Calel, 2013.

Figura 3. Distribución de temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas. Periodo 1995-2010.



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos proporcionados por el Parque Nacional Lihué Calel, 2013.

Figura 4. Evolución de la precipitación anual en el Parque Nacional Lihué Calel. Periodo 1995-2010.



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos proporcionados por el Parque Nacional Lihué Calel, 2013.

Figura 5. Distribución de las precipitaciones medias mensuales en el Parque Nacional Lihué Calel. Periodo 1995-2010.



Figura 6. Vegetación del Jarillal en Parque Nacional Lihué Calel.

Fuente: fotografías tomadas por los autores, 2013.

Tabla 2. Especies relevadas en el Parque Nacional Lihué Calel

Especies	Nombre vulgar	Individuos	Biotipo
<i>Aloysia gratissima</i>	Azhar del monte	46	Arbusto
<i>Aristida mendocina</i>	Flechilla crespita	29	Hierba
<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	158	Arbusto
<i>Baccharis ulicina</i>	Yerba de oveja	27	Arbusto
<i>Caesalpinia gilliesii</i>	Barba de chivo	19	Arbusto
<i>Cassia aphylla</i>	Pichicanilla	25	Arbusto
<i>Centaurea solstitialis</i>	Abrepuña amarillo	102	Hierba
<i>Cereus aethiops</i>	Penca	3	Arbusto
<i>Chuquinaga erinacea</i>	Chilladora	2	Arbusto
<i>Clematis denticulata</i>	Barba de viejo	4	Hierba
<i>Condalia microphylla</i>	Piquillín	46	Arbusto
<i>Digitaria californica</i>	Pasto plateado	13	Hierba
<i>Diploaxis tenuifolia</i>	Flor amarilla	75	Hierba
<i>Ephedra triandra</i>	Tramontana	33	Arbusto
<i>Geoffroea decorticans</i>	Chañar	68	Arbusto
<i>Glandularia hookeriana</i>	Margarita amarga	116	Arbusto

Tabla 2. Continuación

Especies	Nombre vulgar	Individuos	Biotipo
<i>Hyalis argentea</i>	Olivillo	5	Arbusto
<i>Jodina rhombifolia</i>	Sombra de toro	5	Árbol
<i>Lactuca serriola</i>	Lechuga silvestre	11	Hierba
<i>Larrea cuneifolia</i>	Jarilla macho	28	Arbusto
<i>Larrea divaricata</i>	Jarilla hembra	71	Arbusto
<i>Larrea nitida</i>	Jarilla crespá	91	Arbusto
<i>Marrubium vulgare</i>	Malva rubia	20	Hierba
<i>Opuntia puelchana</i>	Puelchana	1	Arbusto
<i>Prosopidastrum globosum</i>	Manca caballo	38	Arbusto
<i>Prosopis alpataco</i>	Alpataco	5	Arbusto
<i>Prosopis caldenia</i>	Caldén	1	Árbol
<i>Setaria leucopila</i>	Cola de zorro	1	Hierba
<i>Schinus fasciculatus</i>	Molle negro	2	Arbusto
<i>Sphaeralcea crispa</i>	Coral malvisco	95	Hierba
<i>Stipa tenuissima</i>	Paja	348	Hierba
<i>Thymophylla belenidium</i>	Yerba amarilla	14	Hierba
<i>Ximenia americana</i>	Albericoque	6	Arbusto

Fuente: elaboración propia sobre la base de trabajo de campo, 2013.

57.6%, las hierbas un 36.4 y los árboles 6.1, respectivamente. La mayoría de las especies presentan una periodicidad de tipo perenne y en menor cantidad son caducas.

Adaptaciones de la vegetación natural del monte

Existen diferentes tipos de adaptación de acuerdo con la duración de la respuesta frente a las condiciones climáticas. Las de corto plazo incluyen respuestas momentáneas frente a una condición desfavorable, por ejemplo, la caída de hojas durante la época térmica o pluviométrica desfavorable. Las de mediano plazo implican un condicionamiento fisionómico de la vegetación en los cuales sufren cambios hormonales como el color amarillento de sus hojas. Las de largo plazo integran aquellos cambios producidos por las especies vegetales en su morfología, con el fin de poder sobrevivir a las condiciones restrictivas del ambiente. En esta última categoría se encuentra la vegetación xerófita

de la provincia fitogeográfica del monte. La aridez es el factor más importante de condicionamiento que se traduce en la extensión de las raíces de las plantas, la apertura de los estomas durante la noche para evitar la pérdida de calor en el día, los tallos gruesos, la presencia de espinas, la pérdida temporal de las hojas, entre otros (Castillo, 2003).

En el Parque Nacional Lihué Calel las características y distribución de la vegetación se deben a las condiciones de semiaridez. En este sentido, la precipitación media anual determina los límites en el crecimiento de las formaciones arbóreas. Sankaran *et al.* (2005) sostienen que en sitios con precipitaciones inferiores a 650 mm, la cobertura de leñosas está restringida por la falta de humedad. Cuando una especie está sometida a una sequía climática el resultado es una reducción en el tamaño de la planta (Weaver y Clements, 1950). En este caso predominan los arbustos porque su estructura es menos compleja y corresponde con la disponibilidad de agua en la zona. Esta es la explicación del

por qué los arbustos y las herbáceas son las formas más representativas del monte.

La vegetación desarrolla un sistema de raíces en profundidad y en extensión horizontal con el fin de absorber agua del suelo. En el caso de la *Larrea divaricata*, ésta posee raíces dimórficas que se desarrollan tanto en profundidad como en superficie para captar el agua de lluvia (Villagra *et al.*, 2011). Durante el verano, en la estación más húmeda, se presentan temperaturas que pueden superar los 40° C por lo cual la parte aérea de las plantas se reduce para evitar la deshidratación.

Por lo tanto, la resistencia a la sequía es una característica de las plantas del monte y ésta se expresa en una gran variedad de diferentes formas de crecimiento tales como arbustos esclerófilos de hoja caduca y perenne, y formas variadas de plantas suculentas (Tivy, 1993). Los arbustos xerófitos son la forma de vida dominante en el monte y han desarrollado una amplia variedad de formas y adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas que determinan distintos grados de xerofitismo. En general, esta forma de vida busca reducir la superficie expuesta a la radiación con el objetivo de poder conservar el agua almacenada y disminuir la transpiración, por ejemplo, a través de la presencia de hojas pequeñas y suculentas. Es necesario tener en cuenta que en esta área en estudio el periodo de mayor precipitación coincide con la época estival, por lo cual se pierde gran parte del agua mediante la evaporación.

El género *Larrea* es predominante y es el mejor ejemplo para observar las hojas pequeñas y resinosas. La resina evita la pérdida de agua y el congelamiento de la hoja en el periodo más frío. En esta zona las temperaturas pueden alcanzar mínimas absolutas inferiores a - 5° C por lo tanto la resina es un componente esencial en la vegetación. Otra característica de este género es que son plantas brújulas ya que orientan sus hojas en la dirección norte-sur para evitar la pérdida excesiva de agua (Bianco *et al.*, 2004). Por otra parte, Jensen y Salisbury (2000) definen a la especie *Larrea divaricata* como una planta perenne no suculenta que resiste las sequías y consideran que es una de las únicas plantas xerófitas verdaderas. Finalmente este género tiene como característica

la reducción de los estomas para disminuir la transpiración.

Las plantas suculentas también se pueden reconocer como una forma de adaptación. La familia *Cactaceae* cuyos representantes en el parque son la *Opuntia puelchana* y *Cereus aethiop* son un buen ejemplo. Éstas mantienen la humedad en su interior y durante los periodos de lluvia absorben grandes cantidades de agua que luego la utilizan en la época de menor precipitación. Otra adaptación de estas dos especies es la sustitución de hojas por espinas. La caída de hojas en invierno es propia de las especies *Prosopis alpataco* y *Ximenia americana* y la falta de ellas es notoriamente visible en la especie *Cassia aphylla*. En cuanto a las herbáceas, en su mayoría gramíneas, solo crecen durante el periodo favorable. Esto explica la existencia de especies que son anuales o estacionales, teniendo en cuenta diferentes pulsos de crecimiento.

Otras especies encontradas en el Parque Nacional Lihué Calel responden a los condicionamientos edáficos de tipo local. *Hyalis argentea* es una especie que se desarrolla solo en suelos arenosos. También hay plantas halófitas que responden a los suelos de tipo salinos, las cuales crecen y completan su ciclo de vida en presencia de altas concentraciones de sal (Bianco *et al.*, 2004). Estas adaptaciones dan cuenta que las mismas se han desarrollado en este ambiente a lo largo de un tiempo considerable y que por lo tanto ya han llegado a la etapa de clímax.

CONCLUSIONES

El estudio de la relación entre el clima y la vegetación es fundamental para reconocer cómo funciona el sistema natural. La fisonomía vegetal en el Parque Lihué Calel es la del monte caracterizado por la comunidad del jarillal. La misma es una estepa arbustiva de poca altura (de 1 a 3 m), muy abierta y con predominio del género *Larrea*. Los árboles no se desarrollan en abundancia en esta área debido a las limitaciones pluviométricas.

El clima del área es semiárido, con característica subcontinental, en el cual las escasas precipitaciones generan un déficit hídrico que tiene consecuencias

en la formación de la vegetación. La temperatura media anual es de 16.2° C con estaciones térmicas bien diferenciadas. La temperatura mínima absoluta es de -5° C y la máxima absoluta es de 38° C. La precipitación media es de 416 mm anuales.

El déficit hídrico durante todo el año condiciona que la forma de vida representativa sea el arbusto. Las estructuras más complejas como los árboles no se desarrollan en abundancia en esta área debido a las limitaciones de agua; la vegetación es xerófila y sus adaptaciones se relacionan con su estructura fisiológica. Entre las mismas se reconocen hojas pequeñas, suculentas, resinosas, inclinadas en la dirección contraria a la de la incidencia de los rayos solares, su reemplazo por espinas y de estructura pequeña para reducir la superficie de transpiración. Las raíces adquieren gran extensión hacia una mayor profundidad. Estas características de los individuos vegetales muestran el grado de adaptación al clima existente, encontrándose en la etapa clímax de la sucesión vegetal. Esta relación clima-vegetación contribuye a explicar la distribución espacial de las especies en esta formación vegetal e identificar el estadio en la sucesión vegetal de la flora del monte en este sitio. Los resultados encontrados se asemejan a las descripciones realizadas por diferentes autores (Villagra *et al.*, 2011; García, 2011; González Medrano, 2012) sobre las adaptaciones vegetales en ambientes áridos y semiáridos.

El tipo de estudio es relevante para comprender cómo reaccionan las plantas frente a diversos sucesos del medio, ya sean naturales y/o antropogénicos. Por ejemplo, en el 2003 se produjeron incendios que afectaron a 7 000 ha del interior del Parque Nacional. En este sentido, la resina propia de las jarillas actuó como elemento inflamable, por lo cual se incrementa el riesgo de expansión del fuego una vez originado. Se debe continuar investigando las propiedades fisiológicas y morfológicas a través de análisis químicos para comprobar empíricamente las adaptaciones y realizar un buen manejo para la conservación de dicha vegetación.

REFERENCIAS

- Alcaraz Ariza, F. (2013), "Fundamentos de la clasificación de la vegetación", en *Universidad de Murcia*, España [http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema10.pdf: 27 de marzo de 2014].
- Bianco, C., T. Kraus y A. Vegetti (eds.; 2004), *La hoja. Morfología externa y anatomía*, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.
- Burkart, R., N. Bárbaro, R. Sánchez y D. Gómez (1999), *Ecorregiones de la Argentina*, Administración de Parques Nacionales, PRODIA, Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. (1976), "Regiones fitogeográficas argentinas", en Bellón, C. A., *Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería*, tomo 2 fascículo 1, Acme, Buenos Aires.
- Campo de Ferreras, A. M., A. M. Capelli de Steffens y P. G. Diez (2004), *El clima del suroeste bonaerense*, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Casagrande, G. y H. Conti (1980), *Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa*, INTA, Gobierno de La Pampa y UNLPam, Buenos Aires, Argentina.
- Castillo, H. (2003), *Introducción a la fitogeografía*, Biblioteca Virtual Universal.
- García Codrón, J. C. (2013), "Biogeografía. Tema 5: Las zonas áridas". Universidad de Cantabria [http://ocw.unican.es/ciencias-sociales-y-juridicas/biogeografia/materiales/tema-5/tema-5.-las-zonas-aridas: 10 de diciembre de 2013].
- Emberger, L. (1930), "Sur une formule applicable en géographie botanique", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, núm. 191, pp. 389-390.
- Jensen, W. y F. Salisbury (2000), *Botánica*, Editorial Mac Grawhill, UNAM, México.
- Luebert, F. y P. Pliscoff (2006), *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*, Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Gliessman, S. (2002), *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*, CATIE, Costa Rica.
- González Medrano, F. (2012), *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Mazzola, M., A. Kin, E. Morici, F. Babinec y G. Tamborini (2008), "Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina)", *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, núm. 43, Argentina, pp. 103-119.
- Mermoz, M., A. Pérez, M. Romero y E. Ramilo (2004), "Informe sobre las consecuencias ecológicas de los incendios ocurridos en el Parque Nacional Lihue Calel en noviembre y diciembre de 2003", *Informe técnico*, Comisión Nacional de Actividades Espaciales

- [<http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/2013-04-08-21-50-44>: 05 de noviembre de 2013].
- Miliarium (2011), “Índices climáticos”, *Biblioteca Virtual de Ingeniería Civil* [<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/IndicesClima.htm>]: 22 de marzo de 2014].
- Petagna Del Río, A. M. (1993), *Biogeografía*, Ed. CEYNE, Argentina.
- Pol, R., S. R. Camín y A. Astié (2006), “Situación ambiental en la ecorregión del monte”, en Brown, A., U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (eds.), *La Situación Ambiental Argentina 2005*, Fundación Vida Silvestre, Buenos Aires, pp. 226-239.
- Prats, G. (2006), *Sequías. Teoría y prácticas*, Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Raven, H., R. Evert y S. Eichhorn (1992), *Biología de las plantas*, tomo II, Editorial Reverté, España.
- Rivas Martínez, S. (2010), *Sinopsis bioclimática de la tierra y mapas bioclimáticos de Sudamérica*, Realigraf, Madrid.
- Sankaran, M., N. Hanan, R. Scholes, J. Ratnam, D. Augustine, B. Cade, J. Gignoux, S. Higgins, X. Le Roux, F. Ludwig, J. Ardo, F. Banyikwa, A. Bronn, G. Bucini, G. K. Caylor, M. Coughenour, M. Diouf, W. Ekaya, C. Feral, E. February, P. Frost, P. Hiernaux, H. Hrabar, K. Metzger, H. Prins, S. Ringrose, W. Sea, J. Tews, J. Worden and N. Zambatis (2005), “Determinants of woody cover in African savannas”, *Nature*, no. 438, pp. 846-849.
- Santa de Olalla, F., F. López Fuster y A. Calera Belmonte (2005), *Agua y agronomía*, Mundi-Prensa, España.
- Sarmiento, F. (2001), *Diccionario de Ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable*, Abya-Yala, Ecuador.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2004), *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe regional monte*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires.
- Suárez, S., C. Chirino, R. Ernst, E. Morici y A. Kin (2013), “Dinámica de un arbustal de jarilla (*Larrea divaricata* cav.) luego de un incendio en el parque nacional Lihué Calel, La Pampa”, *Revista de la Facultad de Agronomía*, Universidad Nacional de La Pampa, vol. 22, Argentina, pp. 175-180.
- Thornthwaite, C. and J. Mather (1957), *Instructions and tables for computer potential evapotranspiration and the water balance*, Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, USA.
- Tivy, J. (1993), *Biogeography. A study of plants in the ecosphere*, Logman Scientific and Technical, 3ª ed., New York.
- Valverde Valdés, T., J. Del Castillo, J. Carabias Lilio y Z. Cano Santana (2005), *Ecología y medio ambiente*, Pearson Educación, México.
- Villagra, P., C. Giordano, J. Álvarez, J. Cavagnaro, R. Guevaro, R. Evert, C. Aranzazú Sartor, C. Passera, y S. Greco (2011), “Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina”, *Ecología Austral*, vol. 21, núm.1, pp. 21-42 [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2011000100004]: 05 de marzo de 2014].
- Walter, H. (1977), *Zonas de vegetación y clima*, Ediciones Omega, Barcelona.
- Weaver, J. y F. Clements (1950), *Ecología vegetal*, Acme Agency, Buenos Aires.