

Variaciones microclimáticas en el interior y exterior del bosque de caldén (*Prosopis caldenia*), Argentina

Valeria Soledad Duval*

Alicia María Campo**

CONICET - Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires - Argentina

Resumen

Clima y vegetación son variables del espacio físico que poseen una relación dinámica y de interdependencia. La flora modifica los elementos climáticos y da lugar a un microclima cuya caracterización está en función de las condiciones climáticas regionales y de la estructura de la vegetación. El objetivo del trabajo fue comparar las variaciones climáticas (interior y exterior) del bosque de caldén en la Reserva Provincial Parque Luro. Se analizaron y compararon estadísticamente los datos de temperatura, humedad relativa, velocidad, dirección del viento y precipitación de dos estaciones meteorológicas para el 2012. Se demostró la influencia del bosque en los parámetros climáticos y se comprobó que las variaciones mayores se dieron en la velocidad del viento, la temperatura diaria y las precipitaciones.

Palabras clave: bosque de caldén, estaciones meteorológicas, microclima, parámetros climáticos, Reserva Provincial Parque Luro.



DOI: [dx.doi.org/10.15446/rcdg.v26n1.42372](https://doi.org/10.15446/rcdg.v26n1.42372)

RECIBIDO: 28 DE FEBRERO DEL 2014. ACEPTADO: 24 DE MAYO DEL 2016.

Artículo de investigación sobre variables meteorológicas dentro y fuera del bosque de caldén (*Prosopis caldenia*) con el propósito de analizar su influencia sobre la vegetación en las condiciones climáticas a una escala microlocal.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO: Duval, Valeria Soledad, y Alicia María Campo. 2016. "Variaciones microclimáticas en el interior y exterior del bosque de caldén (*Prosopis caldenia*), Argentina." *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 26 (1): 37-49. doi: 10.15446/rcdg.v26n1.42372.

* Dirección postal: Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre y San Juan, Bahía Blanca, Argentina. CP. 8.000.
Correo electrónico: valeria.duval@uns.edu.ar
ORCID: 0000-0001-9048-3058.

** Correo electrónico: amcampo@uns.edu.ar
ORCID: 0000-0003-1150-4039.

Variações microclimáticas no interior e exterior da Floresta de Caldén (*Prosopis caldenia*), Argentina

Resumo

Clima e vegetação são variáveis do espaço físico que possuem uma relação dinâmica e interdependente. A flora modifica os elementos climáticos e dá lugar a um microclima, cuja característica está em função das condições climáticas regionais e da estrutura da vegetação. O objetivo deste trabalho foi comparar as variações climáticas (interior e exterior) da Floresta de Caldén na Reserva Provincial Parque Luro. Analisaram-se e compararam-se estatisticamente os dados de temperatura, umidade relativa, velocidade, direção do vento e precipitação de duas estações meteorológicas para 2012. Demonstrou-se a influência da floresta nos parâmetros climáticos e comprovou-se que as maiores variações se deram na velocidade do vento, na temperatura diária e nas precipitações.

Palavras-chave: estações meteorológicas, Floresta de Caldén, microclima, parâmetros climáticos, Reserva Provincial Parque Luro.

Microclimate Variation Inside and Outside the Calden Forest (*Prosopis caldenia*), Argentina

Abstract

Climate and vegetation are physical space variables that have a constant dynamic relationship and interdependence. The flora modifies the climatic elements resulting in a microclimate whose characterization is based on regional climate conditions and vegetation structure. This work compares the climatic variations (inside and outside) of the Calden Forest in the *Reserva Provincial Parque Luro*. We analyzed and compared the values for temperature, relative humidity, direction and speed of the wind and precipitation of two weather stations for 2012. We demonstrated the influence of the forest in the climate parameters and found that variations were greater in wind speed, daily temperature and rainfall.

Keywords: Calden Forest, microclimate, weather stations, climatic parameters, Reserva Provincial Parque Luro.

Introducción

La microclimatología es el estudio del clima relacionado con los seres vivos (Lacoste y Salanon 1973). El bosque genera un microambiente particular debido a su altura y a su gran extensión horizontal que permite la formación de un microclima (Heuvel dop et ál. 1986). Existen distintos autores que tratan la temática, como por ejemplo Von Arx et ál. (2013), Chen et ál. (1999), Heuvel dop et ál. (1986), Pareja Millán (2008), Promis, Caldentey e Ibarra (2010) y Uribe de Camargo (1981), quienes realizaron sus estudios en distintos bosques: *Nothofagus*, Chapultec, Yungas, etc.

Heuvel dop et ál. expresaron que el microclima se caracteriza por “la calidad de la radiación difusa, la homogeneidad relativa de la temperatura, la alta humedad y la ausencia de vientos” (1986, 232). Dependiendo de diferentes factores, tales como la especie, la estructura, la topografía del área y la naturaleza del suelo, el microclima puede variar de un sector a otro dentro del mismo bosque. Promis, Caldentey e Ibarra definen al microclima como el “conjunto de condiciones climáticas propias de un punto geográfico o área reducida y representa una modificación local del clima general de la región debido a la influencia de distintos factores ecológicos” (2010, 129). El microclima juega un rol ecológico importante ya que es el principal conductor de las respuestas biológicas en su relación con el medio físico en el cual cada individuo se asienta. De esta forma, el estudio de las condiciones climáticas locales ayuda a comprender la estructura, composición y dinamismo de los ecosistemas forestales (Gómez Sanz 2002). Los bosques tienen una gran influencia en los intercambios de energía entre la atmósfera y el suelo por acumulación de biomasa y las dimensiones de los árboles (Aussenac 2000).

Las condiciones microclimáticas dentro y bajo una cubierta vegetal de los bosques varían con respecto a aquellos espacios fuera de ella. En un ambiente forestal, las variables meteorológicas —luz, temperatura del aire, velocidad del viento, humedad atmosférica— poseen una influencia de la vegetación, por lo cual, las condiciones climáticas locales distan de las regionales (Gómez Sanz 2002). Los estudios microclimáticos en los bosques son relevantes para comprender y predecir procesos como la fotosíntesis, la regeneración, la recuperación, el ciclo de nutrientes y la degradación de la materia orgánica.

Su investigación es importante también en áreas protegidas ya que en estos espacios se establecen acciones de manejo, y para ello, se debe conocer la dinámica del

ecosistema en su totalidad para optimizar su conservación. El objetivo del estudio fue comparar las variaciones microclimáticas entre el interior y el exterior de un bosque de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) en un área de clima templado semidesértico. El área de análisis es la Reserva Provincial Parque Luro localizada en la provincia de La Pampa, Argentina. Los muestreos realizados son significativamente importantes debido a que esta es el área más extensa del caldenal de la provincia. Al respecto, no existe bibliografía sobre la temática en este bosque endémico de la Argentina. Por lo tanto, se tomaron como referencia las conclusiones formuladas por investigadores cuyos estudios fueron aplicados en áreas boscosas distintas y se consideraron además aquellas que se desprenden de las características propias del área de estudio.

El conocimiento de las condiciones microclimáticas determina la óptima planificación de las tareas a realizar en áreas protegidas. Por ejemplo, los incendios, que son una de las problemáticas más importantes del Parque Luro, se generan bajo determinadas condiciones de temperatura, viento y humedad. El estudio de la interacción vegetación-atmósfera en el bosque y de los espacios abiertos con la atmósfera posibilita saber cuáles son los periodos con mayor posibilidad de incendios. De esta forma, esta investigación contribuye, en última instancia, al manejo y conservación del área de estudio.

La influencia de la vegetación en los parámetros climáticos

El bosque presenta una estructura compleja y heterogénea que modifica la forma e intensidad con la que ciertos factores ambientales inciden sobre estas. La heterogeneidad horizontal dentro del bosque se puede observar en la presencia de espacios que presentan cubiertas cerradas relativamente densas y otras áreas de apertura (Chen et ál. 1999).

En las zonas cerradas del bosque, las condiciones de los parámetros meteorológicos experimentan una menor variabilidad con respecto a las localizaciones próximas a este que son carentes de vegetación. La cubierta vegetal reduce los valores extremos de las variables amortiguando las condiciones climáticas generales. La velocidad del viento, las condiciones de luz y el rango de la temperatura del aire disminuyen mientras que la humedad relativa, la temperatura media y mínima del aire se incrementan bajo el dosel vegetal comparado con el exterior de este. Esta situación depende de la densidad y tipo de vegetación (Gómez Sanz 2002).

El término dosel fue utilizado en este trabajo como el nivel superior de un bosque formado por las copas de los árboles (Sugden 1984). Su conocimiento permite comprender la influencia sobre la interacción vegetación-atmósfera. La cobertura vegetal incide en la distribución de las precipitaciones y de la luz, así como en los valores de humedad, temperatura y viento (Promis et ál. 2010).

Uribe de Camargo (1981) determina que existe una diferencia de temperatura del aire en el interior y el exterior del bosque debido a que los árboles absorben una cantidad considerable de la radiación solar diaria. Esta última es reflejada (10%), transmitida y absorbida (9%) por la vegetación. Las plantas utilizan la radiación recibida para su asimilación, para el calentamiento del aire y la biomasa y, como consecuencia, se reduce la radiación terrestre posterior. La cubierta forestal genera que la temperatura del bosque sea menor durante el día, y por el contrario, más elevada en relación con los sitios al descubierto durante la noche. Por otra parte, las temperaturas registradas en la estación térmica cálida son inferiores en los lugares vegetados, y por el contrario, son superiores en invierno con respecto a las que se registran sobre el suelo desnudo. La amplitud térmica es menor bajo la cubierta vegetal que fuera de ella.

Mientras más cerrado y mayor estratificación posee el bosque, menor será la temperatura en su interior (Heuveland et ál. 1986). También existen diferencias térmicas entre los bosques de hoja caduca y los de hoja perenne. En los bosques caducifolios, las diferencias térmicas entre las estaciones son más acentuadas que en los bosques perennifolios (Gómez Sanz 2002). En una comunidad vegetal la luminosidad disminuye, de arriba abajo, debido a la intercepción de las radiaciones luminosas por los diferentes estratos de la vegetación (Davies-Colley, Payne y Elswijk 2000).

Con respecto a la humedad del aire, esta es retenida bajo la cubierta vegetal, y por lo tanto, este espacio es relativamente más húmedo con independencia de las estaciones. La cubierta forestal retiene, según su densidad, su naturaleza y la importancia de las precipitaciones —cantidad, intensidad, duración— una proporción variable de agua atmosférica. Por lo cual, el microclima del bosque es más húmedo que un sitio de suelo desnudo. Además, la velocidad del viento es menor en el interior del bosque que en el exterior debido a que la vegetación actúa como obstáculo o barrera a su ingreso (Chen et ál. 1999).

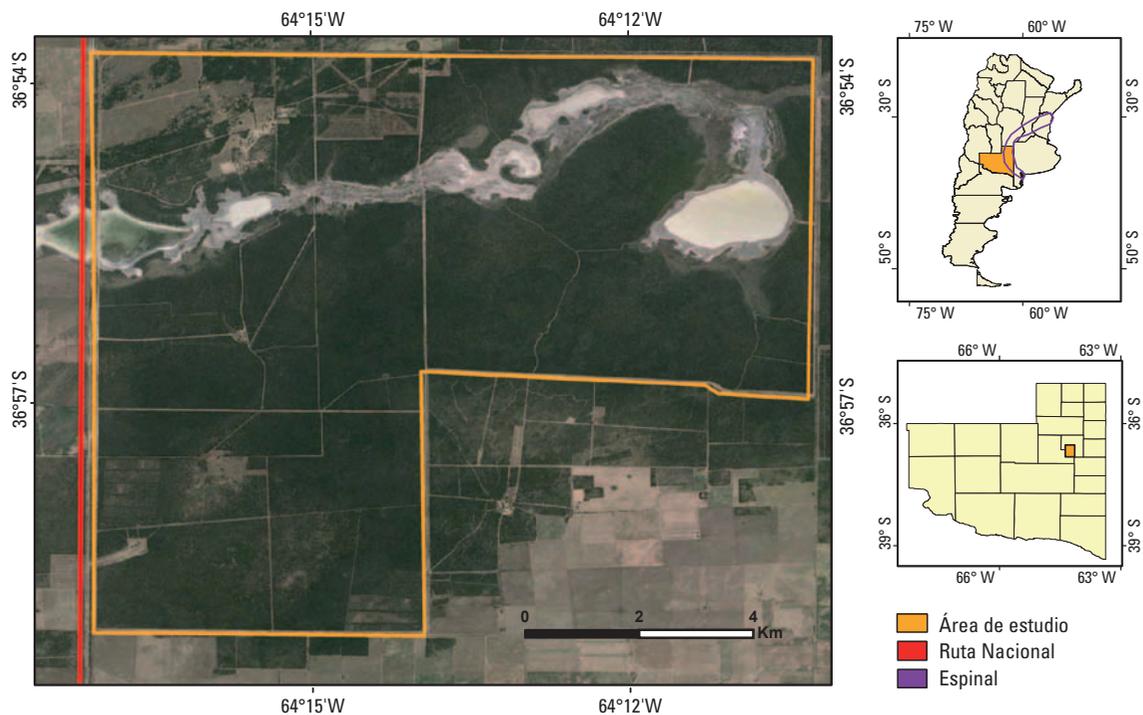


Figura 1. Localización de la Reserva Provincial Parque Luro. Datos: Google™ Earth Mapping Service Digital Globe 2016.

Área de estudio

La Reserva Provincial Parque Luro se localiza en el departamento de Toay, en el centro-este de la provincia de La Pampa (Argentina) (figura 1). Abarca 7.608 ha y se creó en 1996 con el objetivo de proteger una pequeña porción del caldenal. Este es un bosque caducifolio que crece en el área comprendida entre las isohietas de 400 y 600 mm y cuya especie dominante es *Prosopis caldenia* (Subsecretaría de Ecología Gobierno de La Pampa 2004).

Según Cabrera (1976), se halla inserta en la ecorregión espinal localizada en la llanura chaco-pampeana. Matteucci (2012) determina que esta área pertenece a la Subregión Llanura Chaco Pampeana con Caldénal y al Complejo Pampas Arenosas con Arbustal Pastizal. El tipo de vegetación representativa del área es el caldenal y los pastizales que forman el piso del caldenal, con variaciones de acuerdo con la topografía y el tipo de suelo. La mayor cantidad de superficie se localiza en la provincia de La Pampa. En cuanto a la fisonomía, predominante el bosque abierto en el cual se destacan *Prosopis caldenia* y *Prosopis flexuosa* D.C. (figura 2). Otras especies que son significativas en cuanto a su representación son *Geoffrea decorticans* Gillies ex Hook. & Arn., *Schinus fasciculatus* Johnst y *Jodina rhombifolia* H. et A. (Matteucci 2012).

El caldenal original estaba compuesto por el estrato arbóreo y por herbáceas, principalmente gramíneas estivales e invernales. Las condiciones del ambiente se fueron modificando debido a la acción antropogénica a través de las actividades económicas tales como la ganadería y agricultura. De esta forma se incorporó el estrato arbustivo que en la actualidad posee mayor cobertura en la estructura del bosque.

De acuerdo con la ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos (Ministerio de Producción-Dirección de Recursos Forestales 2007), aprobada en el 2007, este bosque posee una categoría I (rojo) debido a que es un sector con muy alto valor de conservación, que no debe desmontarse ni utilizarse para la extracción de madera y debe mantenerse como bosque.

Metodología

Para el estudio del microclima de bosque se utilizaron dos estaciones meteorológicas localizadas en sectores diferentes de la reserva: la primera se localiza en un espacio abierto, Estación Administración —en adelante, EA—, en proximidades de la admistración de la



Figura 2. Bosque de caldén en Reserva Provincial Parque Luro. Fotografías de Valeria S. Duval, febrero 2016.

reserva ($36^{\circ} 54,85' S - 64^{\circ} 15,6' O$) y la segunda Estación Bosque —en adelante, EB— se ubica en el interior del bosque de caldén ($36^{\circ} 54,97' S - 64^{\circ} 15,60' O$) (figura 3). La EB se localiza en un sector de bosque modificado de cobertura semiabierto debido a la presencia de un estrato arbustivo más denso. Ambas estaciones meteorológicas pertenecen al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur —en adelante, UNS—.

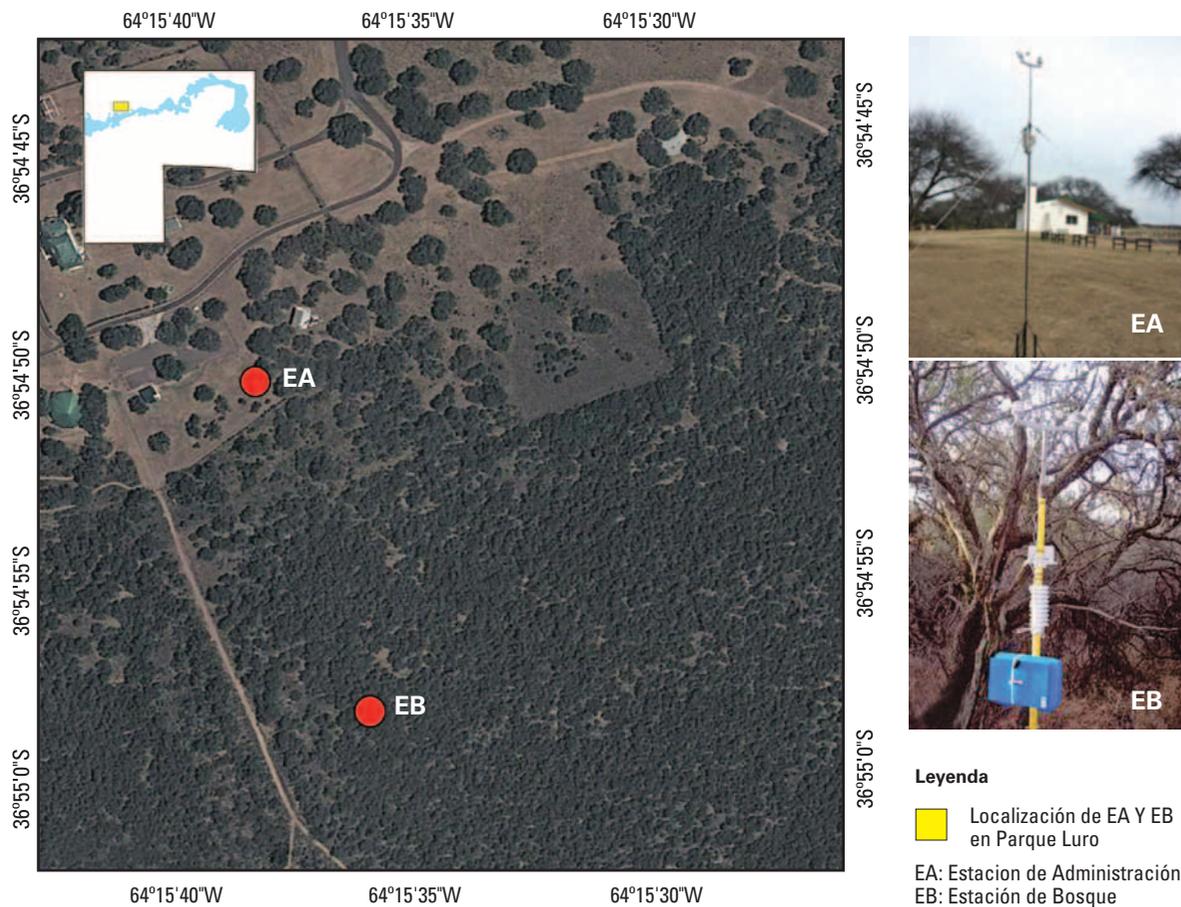
Las variables meteorológicas seleccionadas fueron: la temperatura del aire, la precipitación, la humedad relativa y la velocidad y dirección del viento. Los datos fueron tomados con equipos de registro continuo, con una frecuencia de media hora y de forma simultánea durante el 2012. Debido a fallas técnicas, no se obtuvieron datos en la EB durante el mes de noviembre. Se calcularon los promedios diarios de los elementos climáticos seleccionados. Producto del procesamiento

estadístico se obtuvieron diferentes gráficos que permitieron establecer las variaciones de los elementos meteorológicos en el interior y exterior del bosque de caldén.

Los análisis realizados fueron mensuales y por estación térmica. Además, se consideró la variación de la temperatura diaria en días típicos de invierno y verano. Los días elegidos fueron el 21 de junio y el 21 de diciembre del 2012, coincidentes con las fechas en las cuales los rayos solares caen perpendicularmente en los trópicos de Cáncer y Capricornio respectivamente. A partir de ello, se establecieron algunas características sobre las variables meteorológicas dentro del caldenal.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados del análisis de las variables microclimáticas anual, mensual y diaria



a través de los datos de las estaciones meteorológicas antes nombradas. En una segunda parte se explica la vinculación de dicho estudio para esta área protegida.

Análisis de las variables microclimáticas

Según la EA, la Reserva Provincial Parque Luro registró una temperatura media anual de 16,1 °C para el 2012. La amplitud térmica fue de 21,5 °C lo cual demuestra el efecto de continentalidad con veranos e inviernos térmicos diferenciados. Las temperaturas medias mínimas más bajas se observaron entre junio y agosto, siendo menores a 0 °C y el valor medio anual de 7,9 °C (figura 4). Las temperaturas mínimas absolutas inferiores a 0 °C se registraron entre los meses de junio y octubre.

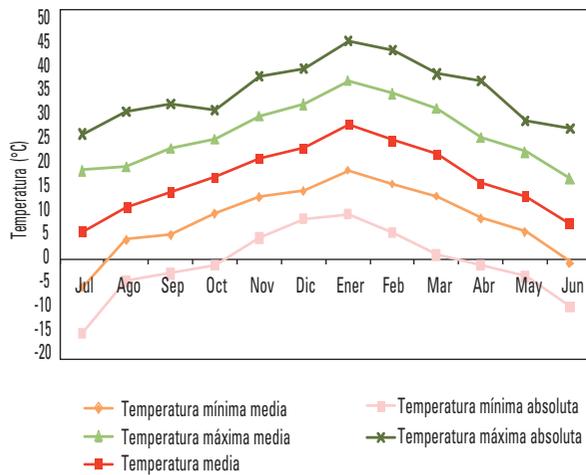


Figura 4. Distribución anual de temperaturas para el 2012 en EA. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

En la estación térmica cálida, los valores mínimos absolutos oscilaron entre 5,3 °C y 8 °C. Por otro lado, las temperaturas máximas medias más elevadas se registraron desde diciembre a marzo y superaron los 30 °C. Enero fue el mes de máxima temperatura media con 35,7 °C. El valor medio anual fue de 25,2 °C. La temperatura máxima absoluta para el periodo presentó valores térmicos más bajos en invierno que superaron en todos los casos los 25 °C y los máximos en verano superaron los 38 °C. Enero fue el mes de mayor temperatura, siendo la misma de 43,7 °C. Las variaciones térmicas medias mensuales tuvieron la mayor amplitud entre los meses de marzo-abril y diciembre-enero.

El descenso de la temperatura se produjo desde enero hasta junio y desde este mes hasta diciembre, por el contrario, hubo un ascenso de la temperatura. Las diferencias térmicas mensuales expresaron el grado de continentalidad.

En la figura 5 se observan las curvas de temperatura media, máxima media y mínima media para la estación EB perteneciente al 2012. Durante este año, la EB registró una temperatura media anual de 14,8 °C y una variación anual de 22,2 °C. Con respecto a los valores medios, los meses de junio, julio y agosto fueron los de menor temperatura siendo junio el mínimo con 4 °C, y los de mayor temperatura diciembre, enero y febrero con un máximo en enero de 26,2 °C.

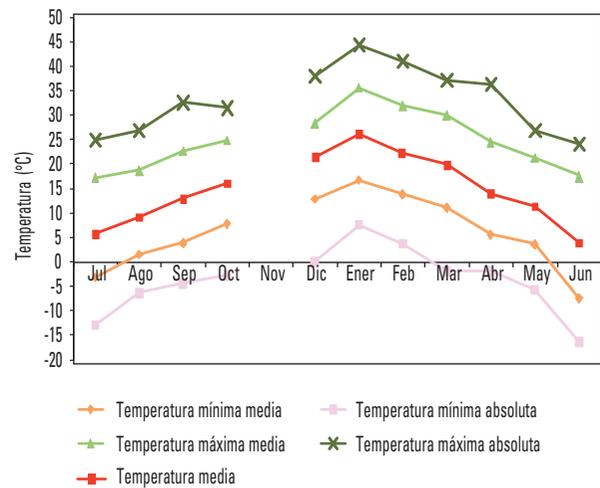


Figura 5. Distribución anual de temperaturas para el 2012 en EB. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

Los meses con temperaturas mínimas medias por debajo de 0 °C fueron junio y julio. La mínima absoluta anual fue de -16,3 °C en junio. Los valores máximos medios se registraron en enero y febrero superando los 30 °C. La temperatura máxima absoluta anual se produjo en enero con 44,4 °C. Con respecto a las variaciones térmicas medias mensuales presentaron la mayor variación entre los meses de mayo-junio y diciembre-enero. El descenso de la temperatura se registró desde enero hasta junio y desde este mes hasta diciembre, por el contrario, hubo un ascenso de la temperatura. Las variaciones térmicas medias mensuales de ambas estaciones meteorológicas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Variación térmica anual en las estaciones meteorológicas de la administración y del bosque

Meses	Variación térmica Estación Administración (°C)	Variación térmica Estación Bosque (°C)
Ene-Feb	3,4	4,1
Feb-Mar	2,7	2,2
Mar-Abr	5,8	5,8
Abr-May	2,6	2,7
May-Jun	5,6	7,4
Jun-Jul	1,4	-1,9
Jul-Ago	-4,8	-3,35
Ago-Sep	-3,1	-3,8
Sept-Oct	-3	-3,1
Oct-Nov	-3,6	s/d
Nov-Dic	-2,2	s/d
Dic-Ene	-4,8	-4,8

Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

Las variaciones del parámetro entre la EA y la EB fueron reducidas. Las temperaturas medias mensuales, en general, fueron mayores en la EA que en la EB ya que el efecto de sombra generada por la cobertura de las copas de los árboles en el bosque genera una reducción de la radiación recibida. La oscilación promedio de las temperaturas medias mensuales entre las dos estaciones fue de 1 °C. Las diferencias de temperatura media entre los dos lugares fueron mayores en el otoño y en el verano, y en menor medida en invierno (figura 6). El árbol representativo del bosque, *Prosopis caldenia*, posee una hoja pequeña y una copa de mayor apertura, por lo cual, permite el ingreso de mayor cantidad de luz a los estratos más bajos, el arbustivo y herbáceo.

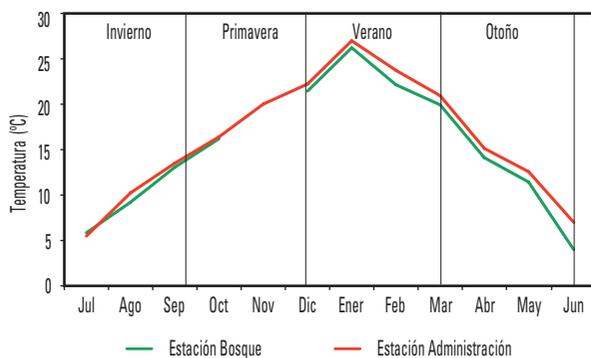


Figura 6. Distribución anual de la temperatura media en el 2012. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

Durante la estación térmica fría, el bosque presentó temperaturas más bajas con respecto al sector desprovisto de vegetación debido a la caducidad de ciertas especies. Durante el verano, las superficies no vegetadas recibieron mayor radiación lo cual generó un calentamiento de la superficie, y por ende, un aumento en la temperatura del aire. En contraposición, el dosel atenuó las temperaturas máximas y, por lo tanto, el calor durante el verano en el interior del bosque fue menos elevado que en el exterior. La amplitud térmica fue mayor en el bosque y menor en el lugar sin vegetación.

Los diferentes estudios sobre el microclima de bosque (Briggs y Smithson 1985; Fetcher, Oberbauer y Strain 1985; Pardé 1978; Raynor 1971) permitieron concluir que la situación más frecuente es que bajo la cubierta forestal los máximos diarios y anuales de la temperatura del aire son menores que las áreas exteriores próximas. Además, las temperaturas mínimas son más altas en el bosque, lo que reduce el riesgo de heladas. En el caldenal estas situaciones podrían deberse a las características específicas de esta formación vegetal.

En la figura 7 se muestra que las máximas absolutas fueron superiores durante cinco meses en el bosque, con respecto a la estación de administración, principalmente durante el otoño y primavera. En el mes de agosto la temperatura máxima absoluta fue la misma. Durante el invierno y el verano las temperaturas fueron siempre mayores en el suelo sin vegetación, en relación con el área de bosque. Esta condición también se aleja de investigaciones que determinaron que las temperaturas máximas absolutas se producen en los sitios desprovistos de vegetación.

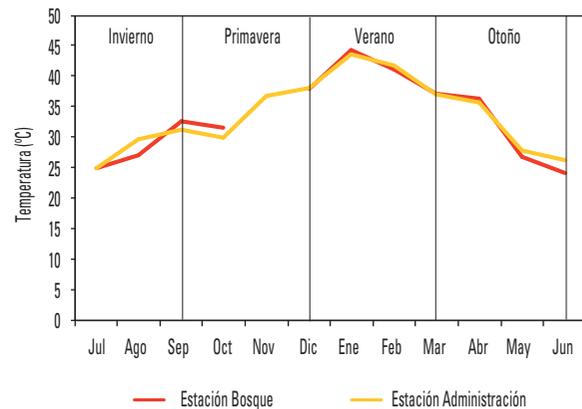


Figura 7. Distribución anual de la temperatura máxima absoluta en el 2012. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

En la figura 8 las temperaturas mínimas absolutas fueron más bajas en el EB que en el EA durante siete meses, principalmente en las estaciones de otoño y primavera. Las mayores diferencias de temperatura se produjeron en el mes de diciembre y junio, siendo 8 °C y 6,8 °C, respectivamente. En los dos casos las temperaturas mínimas absolutas fueron más bajas en EB que en EA.

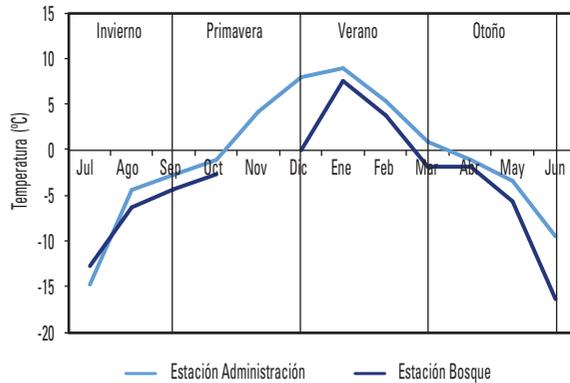


Figura 8. Distribución anual de la temperatura mínima absoluta en el 2012.

Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

Por otro lado, se debe observar el comportamiento de los elementos climáticos durante el día. Hufty (1984) determinó que las variaciones diarias son menos amplias en un bosque debido a la humedad del aire: de menor calentamiento diurno y de poco enfriamiento nocturno. Durante el 21 de junio, la temperatura media diaria fue mayor en la EA con respecto a la EB, siendo de 8,6 °C y 6 °C, respectivamente (figura 9). Esto se debe a que en el invierno el ingreso de radiación es menor y el efecto del bosque en el microclima disminuye (Briggs y Smithson 1985). La temperatura máxima horaria en el interior del bosque se registró a las 15 h con 18,6 °C y la mínima absoluta fue de -1,7 °C a las 23 h. En el lugar desprovisto de vegetación, la mínima absoluta fue de 0,3 °C a las 23 h y la máxima absoluta horaria se registró a las 16 h con 19,1 °C. Durante todo el día, la temperatura del exterior fue superior frente a la del interior, y las mayores diferencias entre las curvas de temperatura media diaria se establecieron en la madrugada (de 0 a 4 h) y en la tarde (de 18 a 23 h). Esta situación podría atribuirse a la caducidad de la vegetación que propicia condiciones térmicas más bajas de lo habitual con respecto a su exterior. La pérdida de las hojas reduce la intercepción y absorción de la radiación por parte de la vegetación (Briggs y Smithson 1985).

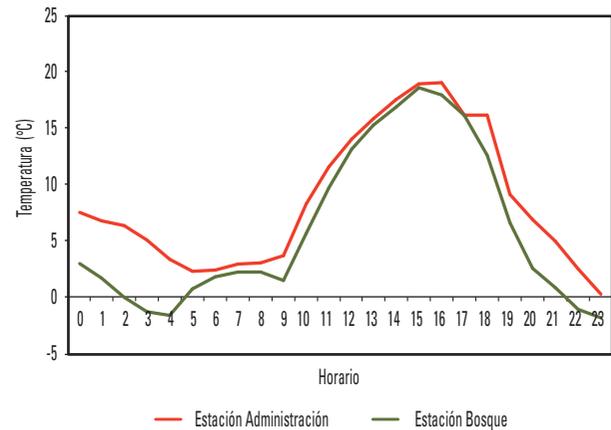


Figura 9. Distribución horaria de la temperatura el 21 de junio. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

Durante el 21 de diciembre, la temperatura media diaria fue mayor en la EA con respecto a la EB, siendo de 19,1 °C y 18,9 °C respectivamente (figura 10). La temperatura mínima absoluta en el interior del bosque se registró a las 6 h con 8,5 °C y la máxima absoluta fue de 27,8 °C a las 16 h. En EA, la mínima absoluta fue de 8,1 °C a las 5 h y la máxima absoluta diaria se registró a las 16 h y 17 h siendo de 27,7 °C. Durante toda la madrugada y la noche, la temperatura de EB fue superior siendo de 6 h a 16 h el rango positivo en favor a la EA.

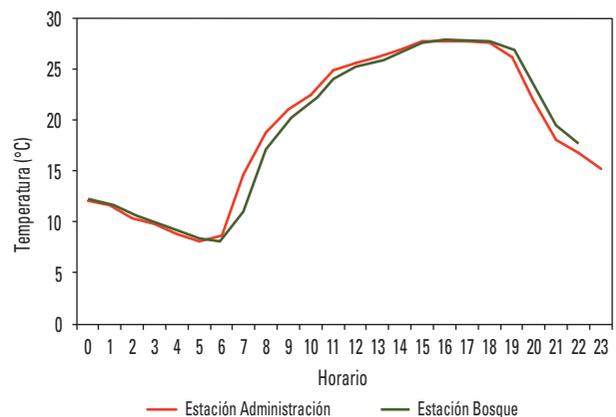


Figura 10. Distribución horaria de la temperatura el 21 de diciembre. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

Durante el día, el estrato superior del bosque capta la mayor parte de la insolación siendo menos del 10% lo que penetra en el suelo. Como producto de esta situación, el estrato arbóreo inferior es más húmedo y menos cálido que el estrato superior (Pareja Millán 2008). El bosque conserva en el verano el calor durante la noche

debido a la presencia de la cubierta vegetal que impide que la radiación emitida por la superficie terrestre retorne hacia el exterior (Briggs y Smithson 1985). Acorde con esta circunstancia, la EA tuvo sus mayores temperaturas entre las 7 y las 15 h favorecida por la radiación incidente en el suelo, lo que generó un aumento en la temperatura del aire.

La precipitación total fue de 998 mm registrándose los máximos en primavera y los mínimos en los meses de invierno (figura 11). En verano, las precipitaciones fueron de 476 mm, en otoño de 95 mm, en invierno de 137 mm concentrados en el mes de agosto y 290 mm en primavera. En la EB la cobertura vegetal impidió el registro de lluvias, por lo cual, en todos los meses el pluviómetro no registró precipitaciones.

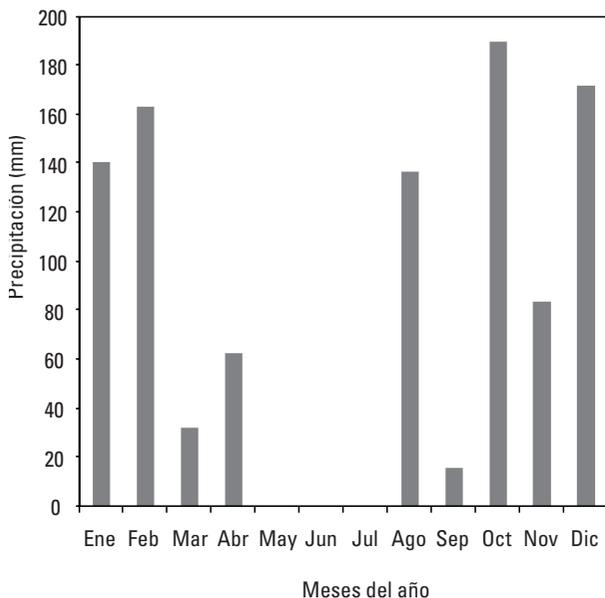


Figura 11. Distribución mensual de precipitaciones totales. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

En cuanto a la humedad, Uribe de Camargo (1981) determinó que en el bosque la vegetación retiene el vapor de agua y produce que la humedad al interior del bosque sea superior a la registrada en su exterior. Para el caso de Parque Luro, esta relación se observó en los meses de enero a mayo y diciembre (figura 12). Estos coinciden con la estación más cálida y con el otoño. La humedad relativa conservada bajo el dosel fue mayor que en el área que no posee vegetación. En los meses de invierno y primavera, la humedad de la EB fue inferior a la de EA, situación contraria a lo normal.

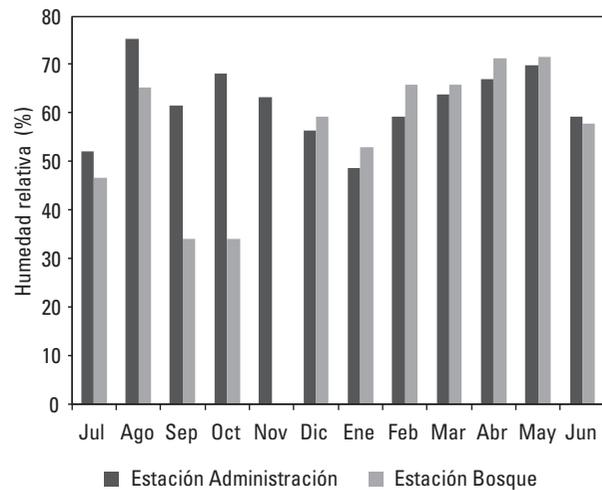


Figura 12. Humedad relativa comparativa entre EA y EB. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

El viento es un elemento del clima importante para el análisis del microclima forestal ya que fácilmente se pueden detectar las variaciones entre los espacios vegetados y los que no lo están. En el caso de la EA, la frecuencia de vientos fue mayor de los cuadrantes NE (192%), O (120%) y NO (118%). La frecuencia de calma fue de 78,4%. Para EB las mayores frecuencias se registraron desde la dirección SE con 39,9%, S con 36,6% y NO con 35,1%. La frecuencia de calma fue de 74,7%. La velocidad de viento en la EA fue superior del sector S (8,5 km/h), SE (7,9 km/h) y O (6,7 km/h). El promedio de la velocidad media anual fue de 6,8 km/h. En la EB, la intensidad del viento fue mayor del sector SE con 3,2 km/h y O y SO con 3 km/h (figura 13).

En el bosque se produce una influencia de la vegetación en la velocidad del viento que la reduce hasta un tercio, en comparación con un espacio abierto (Heuveland et al. 1986). En el interior del bosque, las superficies de tronco, ramas y hojas son una fuente de fricción que genera la disminución de la velocidad del viento. En este sentido, el ambiente forestal es menos ventoso que en el exterior (Gómez Sanz 2004). La estación del bosque registró en todos los casos valores por debajo de los 2 km/h, mientras que los datos de EA superaron ampliamente esa velocidad. Los mayores valores de EA se observaron generalmente en el verano y las menores velocidades en los meses de noviembre y diciembre. Con respecto a la EB, los datos fueron menos variables teniendo sus máximos en los meses de septiembre y octubre, y sus mínimos en marzo y julio. La figura 14 muestra la distribución media anual de la velocidad del viento para el 2012.

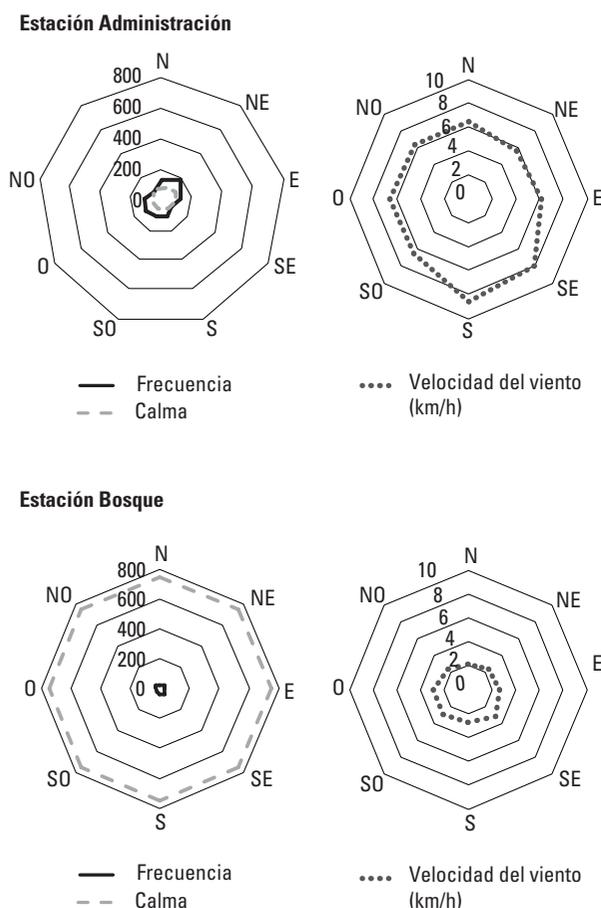


Figura 13. Frecuencia (%) y velocidad del viento (km/h) en EA y EB. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

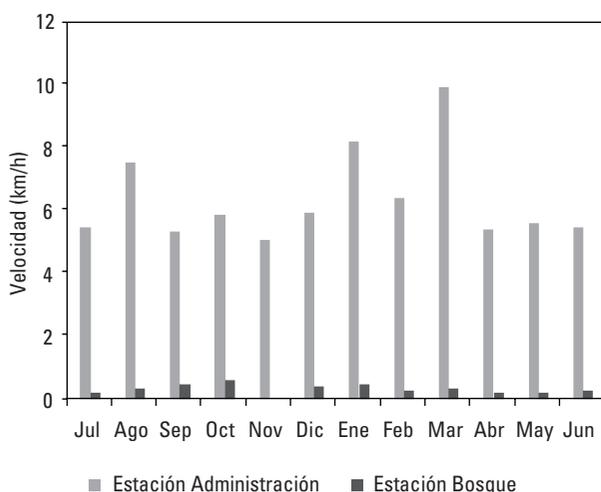


Figura 14. Distribución de la velocidad media anual en la EA y EB. Datos: estaciones meteorológicas de la UNS 2016.

Conclusiones

La capa vegetal de la superficie terrestre es un sistema que posee un particular dinamismo. El bosque de caldén es una formación vegetal endémica que condiciona la atmósfera y genera variaciones en los parámetros climáticos, como la temperatura del aire, la humedad relativa, la precipitación y la velocidad del viento. Así como las especies vegetales están condicionadas por el clima y el suelo, la vegetación también genera un microambiente particular debido a su estructura y fisonomía.

No existe bibliografía específica sobre la temática para este bosque endémico de la Argentina, por lo cual esta investigación representa un inicio para comprender su dinámica. Para establecer algunas conclusiones al respecto se consideraron los aportes de investigaciones de microclima en bosques con distintas características, aunque se tuvieron siempre presente las características propias del área de estudio.

La temperatura del aire en el bosque mostró diferencias reducidas con respecto al terreno desprovisto de vegetación siendo más elevadas en los registros en la EA. Esas diferencias se acentuaron en otoño y verano y se redujeron durante el invierno. Las temperaturas máximas absolutas fueron superiores en el terreno descubierto en comparación al bosque, aunque durante cinco meses las temperaturas fueron superiores en este último, principalmente durante el verano. Esto se aleja de la situación general descrita en la cual siempre la temperatura máxima absoluta es mayor en el suelo sin vegetación que en el bosque.

Las temperaturas mínimas absolutas registradas fueron siempre menores en el bosque que en el sitio sin vegetación excepto para el mes de julio. Esto no corresponde con la situación en otros bosques. Por ejemplo, en el bosque de *Nothofagus pumilio* las temperaturas son mayores que las del área descubierta. Esto se debe a que durante el invierno la vegetación modera la temperatura evitando heladas. En el caso del caldenal, el registro se podría deber a la caducidad de la vegetación en invierno y a la reducción de luz en los estratos inferiores del bosque en el verano.

Con respecto a la marcha de la temperatura diaria se pudieron observar variaciones en esa situación. Mientras que en la madrugada y noche las temperaturas del bosque fueron superiores a las del exterior, en este se registraron temperaturas superiores desde las 8 h hasta las 16 h. Se infiere que durante la noche y la madrugada, la

vegetación regula la temperatura, y por ende, esta desciende menos que en el área desprovista de flora.

La humedad relativa según los autores mencionados siempre es superior en el bosque en relación con el área sin vegetación. Para el caldenal, los patrones de humedad relativa muestran que, durante el invierno, la humedad es superior en el suelo sin vegetación, mientras que en el resto del año sucede lo contrario. La menor humedad relativa en el bosque durante el invierno se podría deber a la correspondencia con el periodo seco. Las lluvias se distribuyen principalmente en la estación térmica cálida. En relación con la velocidad del viento, siempre fue mayor en el exterior que en el interior del bosque ya que los árboles y arbustos producen una barrera que impide la circulación de los vientos. Esta situación se corresponde con lo estudiado con los autores en otros bosques.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico de los datos muestran la necesidad de continuar con el estudio del microclima del caldenal ya que es un bosque endémico y es de vital importancia conocer su dinámica. Se comprobó que no siempre las generalidades descriptas por los autores como “microclima de bosque” o “microclima forestal” se puede aplicar a todos los espacios boscosos. Es por ello que este artículo presenta un antecedente y un inicio en el desarrollo del análisis del microclima del caldenal.

Referencias

- Aussenac, Gilbert. 2000. “Interactions between Forest Stands and Microclimate: Ecophysiological Aspects and Consequences for Silviculture.” *Annals of Forest Science* 57 (3): 287-301. doi: 10.1051/forest:2000119.
- Briggs, David, y Peter Smithson. 1985. *Fundamentals of Physical Geography*. Londres: Routledge.
- Cabrera, Ángel. 1976. “Regiones fitogeográficas argentinas.” En *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, tomo 2, fasc. 1, editado por Walter Kugler, 1-85. Buenos Aires: Acme.
- Chen, Jiquan, Sari C. Saunders, Thomas R. Crow, Robert J. Naiman, Kimberley D. Brososke, Glenn D. Mroz, Brian L. Brookshire, y Jerry F. Franklin. 1999. “Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology.” *BioScience* 49 (4): 288-297. doi:10.2307/1313612.
- Davies-Colley, Rob J., David Payne, y Marcel Van Elswijk. 2000. “Microclimate Gradients across a Forest Edge.” *New Zealand Journal of Ecology* 24 (2): 111-121.
- Fetcher, Ned, Steven F. Oberbauer, y Benn R. Strain. 1985. “Vegetation Effects on Microclimate in Lowland Tropical Forest in Costa Rica.” *International Journal of Biometeorology* 29 (2): 145-155. doi: 10.1007/BF02189035.
- Gómez Sanz, Valentín. 2002. “Micrometeorología de masas forestales de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.). La vertiente norte del sistema central (Montes de Valsain, Segovia). Consecuencias selvícolas.” Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. <http://oa.upm.es/159/>
- Gómez Sanz, Valentín. 2004. “Cubiertas forestales y respuesta microclimática.” *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 13 (1): 84-100. doi: 10.5424/srf/200413S1-00857.
- Heuveland, Jochen, Jorge Pardo Tasiés, Salvador Quirós Conejo, y Leonardo Espinoza Prieto. 1986. *Agroclimatología tropical*. San José: Universidad Estatal a Distancia.
- Hufty, André. 1984. *Introducción a la climatología*. Barcelona: Ariel.
- Lacoste, Alain, y Robert Salanon. 1973. *Biogeografía*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Matteucci, Silvia. 2012. “Ecorregión Monte de Llanuras y Mesetas.” En *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*, editado por Jorge Morello, Silvia Matteucci, Andrea Rodríguez y Mariana Silva, 309-348. Buenos Aires: Orientación Gráfica.
- Ministerio de Producción-Dirección de Recursos Forestales. 2007. “Ley 26331 Bosques nativos: Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos.” http://recursosforestales.corrientes.gob.ar/assets/articulo_adjuntos/49/original/Ley_Nac._N%C2%BA_26331_Bosques_Nativos.pdf?1378995425
- Pardé, Jean. 1978. “El microclima del bosque.” En *La forêt: son climat, son sol, ses arbres, sa faune*, editado por Paul Pesson y Jean Pardé, 29-46. Paris: Gauthier-Villars.
- Pareja Millán, Alberto E. 2008. “Patrones higrótérmicos del microclima del bosque, en un gradiente altitudinal del Cerro Hornuni, Parque Nacional Cotapata -región de Yungas de La Paz.” Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Promis, Alvaro, Juan Caldentey, y Manuel Ibarra. 2010. “Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus Pumilio* y el efecto de una corta de regeneración.” *Bosque (Valdivia)* 31 (2): 129-39. doi: 10.4067/S0717-92002010000200006.
- Promis, Alvaro, Stefanie Gaertner, Albert Reif, y Gustavo Cruz. 2010. “Effects of Natural Small-Scale Disturbances on below-Canopy Solar Radiation and Regeneration Patterns in an Old-Growth *Nothofagus Betuloides* Forest in Tierra del Fuego, Chile.” *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung* 181 (3-4): 53-64.
- Raynor, Gilbert. 1971. “Wind and Temperature Structure in a Coniferous Forest and a Contiguous Field.” *Forest Science* 17 (3): 351-363.

- Subsecretaría de Ecología-Gobierno de la provincia de La Pampa. 2004. *Reserva Provincial "Parque Luro" Plan de Manejo*. Santa Rosa: Subsecretaría de Ecología-Gobierno de la provincia de La Pampa.
- Sugden, Andrew. 1984. *Diccionario ilustrado de la botánica*. España: Everest.
- Uribe de Camargo, Ángela. 1981. "Microclima del bosque". *Actualidades Biológicas* (10) 36: 61-66.
- Von Arx, Georg, Elisabeth Graf Pannatier, Anne Thimonier, y Martine Rebetez. 2013. "Microclimate in Forests with Varying Leaf Area Index and Soil Moisture: Potential Implications for Seedling Establishment in a Changing Climate." *Journal of Ecology* 101 (5): 1201-13. doi: 10.1111/1365-2745.12121.

Lecturas recomendadas

- La Arena*. 2012. "Harán quemadas controladas en el Parque Luro." 14 de agosto. http://www.laarena.com.ar/avances/haran_quemadas_controladas_en_el_parque_luro
- Caldentey, Juan, Álvaro Promis, Harald Schmidt, y Manuel Ibarra. 2000. "Variación microclimáticas causada por una corta de protección en un bosque de Lengua (*Nothofagus pumilio*)."

Valeria Soledad Duval

Licenciada y profesora en Geografía. Ayudante en la cátedra de Biogeografía Cultural del Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (Argentina). Becaria de Doctorado de la Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Su línea de investigación es el manejo de áreas protegidas en el marco de la geografía física aplicada.

Alicia María Campo

Doctora en Geografía y profesora titular en las materias de Climatología y en Geografía Física del Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (Argentina). Se desempeña como Investigadora Independiente en la Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Su línea de investigación es la geografía física aplicada.