Ecología Austral: 5:55-64,1995
Asociación Argentina de Ecología

Mesoclimas de pastizales de la Sierra de la Ventana

María Julia Kristensen y Jorge L. Frangi
LISEA. Universidad Nacional de La Plata. Diagonal 113 N° 469, (1900) La Plata, Argentina

Resumen. *El objetivo de este estudio fue reconocer diferencias climáticas, a escala local, entre biotopos edáficos ocupados por pastizales en las Sierras Australes (Buenos Aires, Argentina). Se establecieron 6 sitios de muestreo con distinta exposición y altitud entre 400-1100 m sm. Se efectuaron registros horarios simultáneos de temperatura, humedad relativa, déficit de saturación, capacidad evaporante, intensidad de luz, velocidad del viento y temperatura edáfica durante días elegidos representativos de cada estación. Mediante análisis de componentes principales se establecieron las relaciones mesoclimáticas anual y estacionales entre los sitios. Se concluyó que los sitios presentan diferencias climáticas suficientes para reconocer 6 mesoclimas. La mayor diferencia se observó entre los sitios banales y los propiamente serranos. Las planicies banales fueron las más cálidas, anisotermas y de mayor evaporación diurna; la intraserrana mostró temperaturas menos extremas y mayores precipitaciones que la periserrana. Los faldeos sudoccidentales abruptos fueron frescos y más isotermos, húmedos y umbríos la mayor parte del año; sólo en verano recibieron fuerte insolación y exhibieron una marcada variación diaria de condiciones -que los asemeja a los sitios basales-aparentando un efecto de mayor continentalidad. La parte superior de la sierra mostró características extremas: es fría, ventosa y con una elevada capacidad evaporante del aire, reducida en invierno por la frecuente nubosidad que la cubre. Las divisorias secundarias, de pendientes suaves y moderadas bien asoleadas, al NE y SW presentaron condiciones intermedias a aquellas de los pastizales a mayor y menor altitud. En ellas la exposición determinó diferencias en la marcha diaria de las variables climáticas y en su comportamiento estacional. El gradiente térmico altitudinal permite proponer la existencia de una unidad bioclimática por encima de los 750 m sm: se trata de un piso montano, único en la provincia de Buenos Aires.*

Abstract. *This study was conducted to recognize local differences in climate, between the main grassland types in the Sierra de la Ventana, Argentina. We compared 6 sites with different elevation, slope and aspect in a W-E attitudinal transect (400-1100 m asl). Simultaneous hourly data were registered during selected representative days of every season. The climatic variables measured were: air temperature, relative humidity, atmospheric saturation deficit pressure, light intensity, wind velocity, air evaporative capacity, and soil temperature. PCA was applied for seasonal and annual comparison of sites. We concluded that the sites showed sufficient climatic differences to recognize 6 mesoclimates. The greatest dissimilarity occurred between lowland and mountain sites. The former were warm, anisothermic and showed higher diurnal evaporative capacity. Steep SW slopes were similar to the lowland sites in summer, but in the other seasons were cold, isothermic, very humid and received low radiation; they seemed more continental. Mountain summits and high ridges showed extreme climatic conditions: they were colder, windy, and had the highest evaporative air capacity, reduced in winter because of the high cloudiness enclosing them. NE and SW gentle slopes showed intermediate conditions between the upper and lower sites; both sites showed differences that were clearly related to aspect. The temperature gradient observed support the existence of an altitudinal bioclimatic unit, a montane belt located above 750 m asl, unique in the province of Buenos Aires.*

Introducción

Las Sierras Australes de Buenos Aires, o Ventania, son un sistema de plegamiento de 170 km de longitud, dirección NW-SE y altura máxima de 1243 m sm. La divisoria principal delimita una vertiente nororiental y una sudoccidental con pendientes superiores al 70% y farallones abruptos en los tramos superiores de los cerros altos. Fitogeográficamente, pertenece al Distrito Pampeano Austral (Cabrera 1971). Se reconocen en la región 4 ambientes geoedafológicos (Cappanini et al 1971): serrano, intraserrano, periserrano y de llanura.

El clima, según la clasificación de Thornthwaite (Burgos y Vidal 1951), es húmedo-subhúmedo, mesotermal, con pequeño a nulo déficit de agua (C2 B2' ra). La temperatura media y la precipitación anuales son de 14°5 C y 896 mm (1961-1980, SMN 1981,1986) en la localidad de Sierra de la Ventana, y de 14°6 C y 659 mm (1951-1960, Cattáneo en Cappanini et al 1971) en Tornquist. El período más lluvioso es el primavero-estival.. En invierno las heladas son frecuentes y ocasionalmente nieva. Los vientos predominantes son del NE-SW, perpendiculares a las sierras (Burgos 1969); en invierno aumenta la frecuencia de los del W, y en el verano, la de los del E y NE. El balance hídrico tiene un déficit de agua mayor en el área periserrana al W que al E del cordón serrano (Frangi y Bottino *com pers*).

Este trabajo trata una escala intermedia de análisis del clima que se refiere al estudio de climas locales condicionados por la variabilidad del relieve; se ha empleado el término mesoclima para definirla (Azócar y Monasterio 1980, Caéta 1935 *fide* Geiger 1971). Por otra parte, clima local, topoclima (Thornthwaite 1953 *fide* Geiger 1971), microclima (Griffiths 1968) y "terrain climatology" (Geiger 1971) son términos que también se han utilizado para hacer referencia a este concepto; algunos de ellos han sido utilizados en sentidos diferentes con respecto a la escala de su aplicación.

El objetivo de este trabajo consiste en reconocer diferencias climáticas a escala local, asociadas a distintas comunidades de pastizal, que contribuyan a explicar, en trabajos posteriores, la presencia en las sierras de especies con diferentes vinculaciones fitogeográficas y presumiblemente distintos requerimientos ecológicos. La comparación está centrada en sitios correspondientes a 5 tipos principales de pastizales de la región que ocupan suelos, dejándose para otra entrega la comparación de sitios de roquedal. La selección se funda en el gran área que ocupan -ya en la zona intraserrana y periserrana (pastizales de *Stipa caudata,* y de *S. caudata* + *S. ambigua*) *o* en faldeos de pendientes suaves y moderadas bien asoleados del ambiente serrano (pastizal de *Sorghastrum pellitum* + *S. filiculmis*)-, *o* en su carácter exclusivo -vinculados a faldeos sudoccidentales de fuertes pendientes (pastizales de *Festuca pampeana*) *o* a las partes superiores de los cerros más altos (prados de altura)-.

La hipótesis de trabajo propone que la topografía serrana a través de la acción combinada de la altitud, exposición y pendiente, genera heterogeneidad climática a escala local. Esta se manifiesta en las combinaciones que, en sus valores, toman las variables climáticas en cada sitio.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en los cerros Ventana y Destierro I° (Parque Provincial Ernesto Tornquist) y en la zona intraserrana y periserrana aledaña (38°-38° 10'S, 61º45'- 62°08' W). Se instalaron estaciones temporarias de registro (Geiger 1971, Azócar y Monasterio 1980) en 6 sitios (Tabla 1) ubicados en una transecta W-E que, iniciándose en la planicie periserrana, atravieza la sierra hasta el valle de la Ventana (Figura 1).

Las variables climáticas y los instrumentos de medición fueron: (a) intensidad de luz (lux), con luxómetros Panlux GOSSEN y WESTON modelo 615 adaptado, (b) temperatura del aire (°C) y humedad relativa (%), con psicrómetros a batería PSYCHRO DYNE ETC, y tipo Assmann SIAP Bologna, (c) capacidad evaporante del aire (mm/h), con evaporímetros de Piché (Kreeb 1977), (d) velocidad del viento (km/h), con microanemómetros totalizadores RIMCO y anemómetros totalizadores CASELLA, (e) temperaturas de suelo (°C), a -5, -10 y -15 cm con geotermómetros de alcohol SALBER y a -1 cm con termómetro de mercurio protegido de insolación. En el aire (a-d) los

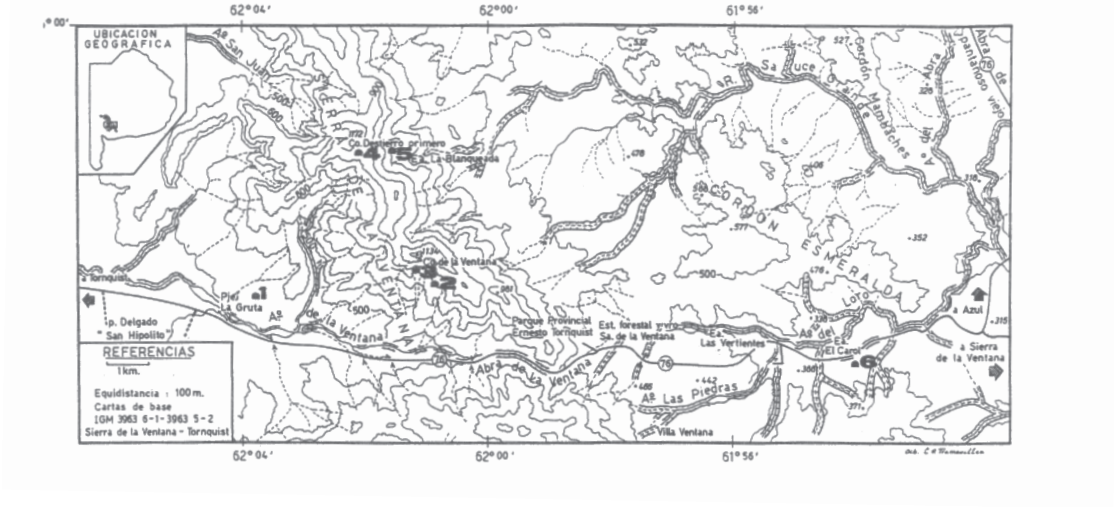

Figura 1. Mapa del área de estudio con indicación de los sitios de muestreo. De W a E son (1) "La Gruta", (2) Ladera SW 800 m sm, (3) Ladera SW 850 m sm, (4) Cumbre, (5) Ladera NE y (6) "El Carol".
Figure 1. Map of the study area with the sampling sites. From W to E, they are: (1) "La Gruta", (2) SW slope, 800 m asl, (3) SW slope, 850 m asl, (4) summit, (5) NE slope, and (6) "El Carol".

Tabla 1. Características de los sitios de estudio.
Table 1. Characteristics of the study sites.

Sitio	Relieve	Altura (m)	Exposición	Pendiente %
1	planicie	400	-	2-4
2	ladera	800	SW	20
3	ladera	850	SW	47-72
4	cumbre	1100	-	0-5
5	ladera	800	NE	25
6	planicie, valle	450	-	2-4

Tipos de pastizal: 1*: Stipa caudata + S. ambigua,* 2 y 5: *Sorghastrum pellitum + S. filiculmis,* 3: *Festuca pampeana + Polystichum sp.,* 4: *Briza subaristata + B. brizoides + Festuca ventanicola,* 6: *Stipa caudata.*

registros fueron hechos a 1.5 m de la superficie. Se calculó el déficit de saturación de vapor del aire (DS) por su mejor correlación, que la humedad, con los procesos biológicos (Williamy Brochu 1969) y su relación con la evaporación independiente de la temperatura (Unwin 1980).

Los registros fueron simultáneos, horarios durante el día, cada media hora durante el amanecer y atardecer, y cada tres horas durante la noche. Se utilizó la información de días despejados cercanos a los solsticios y equinoccios (23 y 24 de setiembre, 19 de diciembre, 22 de marzo), con excepción del invierno en que se usaron datos de un día nuboso (28 de junio), condición que prevalece en la estación (SMN 1985). El análisis comparativo de datos meteorológicos de días seleccionados no

pretende caracterizar con valores medios a los elementos del clima medidos.

Se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP) del programa Orloci y Kenkel (1985) con el algoritmo corregido para la utilización de datos faltantes, con el objeto de reconocer la contribución de las variables registradas en la explicación de las diferencias mesoclimáticas entre sitios. La interpretación de los datos de días seleccionados se ha complementado con los resultados de varios días por estación (Kristensen 1992).

En el análisis anual se utilizaron 21 variables (Tabla 2). Los promedios se calcularon con datos de 4 días, uno de cada estación. La intensidad de luz (IL) media anual y el DS medio anual se estimó a partir del promedio de los valores resultantes del cálculo del área comprendida bajo las curvas diarias por el método de la suma de los trapecios. Su variabilidad anual total diaria se calculó restando el área diaria de iluminación, y DS, máximos, al área diaria mínima de esas variables. La capacidad evaporante total media se estimó promediando la capacidad evaporante total de los días observados. Se utilizaron los máximos de intensidad de luz de los días del año con máxima y mínima insolación y, de manera semejante, de DS y de temperatura. Se consideraron independientemente las temperaturas de suelo a -1 y -10 cm, ya que la conductividad térmica edáfica en cada sitio depende de las características y humedad del suelo. Las temperaturas edáficas promedio anuales se estimaron a partir de las medias diarias calculadas con la temperatura máxima y mínima de cada día.

Cada análisis estacional se realizó con 15 caracteres (17 en verano, en que se incluye el viento) (Tabla 3). La intensidad de luz y el DS diarios se estimaron calculando el área comprendida bajo la curva de datos horarios.

Resultados

Análisis anual. Los dos primeros componentes del ACP explicaron el 72% de la variación (Figura 2). El primer eje separó a los sitios basales de los serranos. Los primeros se diferenciaron por mayores valores máximos y anuales de DS y temperatura, mayor variabilidad térmica anual y diaria y suelos más cálidos a 10 cm de profundidad. El segundo eje separó los sitios orientados al SW del resto en función de características térmicas del suelo y del DS (Tabla 2). La conjunción de ambos ejes permite reconocer tres grupos: cumbre-Ladera NE, sitios sobre la Ladera SW y basales.

Análisis estacional. Se observaron variaciones a lo largo del año en los arreglos espaciales de los sitios en los modelos tridimensionales de los ACP (Figura 2). Esas diferencias se asociaron con cambios en la importancia de la contribución estacional de las variables (Tabla 3). Sólo la temperatura promedio diaria del aire, y en menor medida el DS, descendieron altitudinalmente durante todo el año, con gradientes térmicos semejantes (Figura 3).

Los tres primeros ejes de los ACP estacionales (Figura 2) explicaron el 89-96% de la variación; en todos los casos los dos primeros concentraron el 75-85%. Los coeficientes de correlación cofenética (0.94-0.98) sugieren una representación adecuada de la verdadera relación entre sitios.

-*Verano:* La cumbre fue el sitio (Figuras 2 y 3)'-más fresco, ventoso y con la mayor capacidad evaporante. Compartió con la Ladera NE las temperaturas diurnas y los DS más bajos, la mayor intensidad de viento, las amplitudes térmicas diarias del suelo más bajas sobre la sierra y los suelos más frescos a -10 cm.

El sitio 2 al SW fue, respecto al del NE, más cálido, con mayor DS e intensidad de viento menor; el suelo fue más cálido, con máximas y mínimas más elevadas, y con mayor variación térmica diaria. No obstante en ambos se produjeron las menores amplitudes térmicas diarias del aire y recibieron intensidades de luz promedio diarias similares, con un desfasaje horario de las máximas y mínimas. En el faldeo abrupto al SW el suelo fue relativamente cálido en profundidad, con temperaturas superficiales extremas que se asociaron a picos lumínicos muy altos. Este sitio mostró afinidades con las planicies basales (especialmente la intraserrana): una marcada heterotermia del aire, máximas y mínimas más extremas y tasas evaporantes relativamente más bajas. Sobre la sierra las variaciones térmicas edáficas fueron superiores a las del aire. Los sitios basales (1 y 6) alcanzaron las temperaturas máximas del aire más altas, las mayores amplitudes, DS máximos elevados y mínimos relativamente bajos. Las temperaturas edáficas máximas fueron comparables a las de la

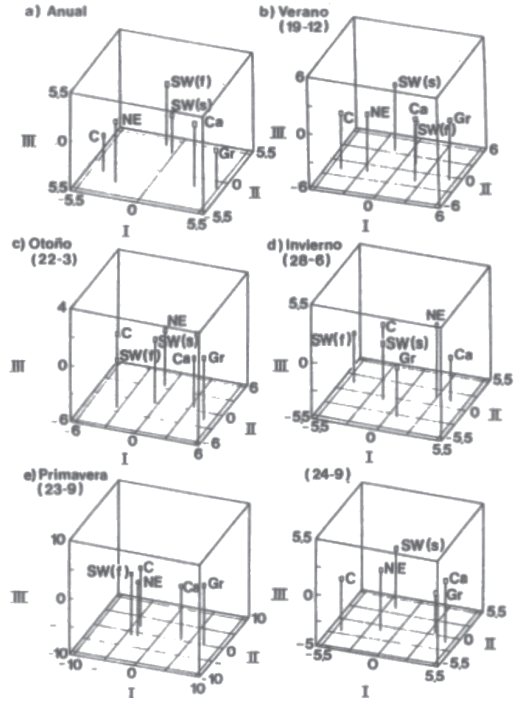

Figura 2. Análisis de Componentes Principales de datos mesoclimáticos estacionales y anual correspondientes a los sitios de muestreo: Cumbre (C), Ladera NE (NE), Ladera SW con *Sorghastrum pellitum* (SW_S), Ladera SW con *Festuca pampeana* (SW_F), "El Carol" (Ca) y "La Gruta" (Gr).
Figure 2. Principal Component Analysis of seasonal and annual mesoclimatic data. Analysis: (a) Annual, (b) summer solstice, (c) autumn equinox, (d) winter solstice, (e) spring equinox. Sites: summit (C), NE slope (NE), SW slope with *Sorghastrumpellitum* (SW_S), SW slope with *Festuca pampeana* (SW_F). "El Carol" (Ca) and "La Gruta" (Gr).

Tabla 2. Caracteres utilizados para a diferenciación e mesoclimas mediante y su contribución a os dos primeros ejes componentes. Análisis anual. Porcentaje traza (autovalor) del primer y segundo componentes: 40 y 32% respectivamente.
Table 2. Characters used in Principal Component analysis and their contribution to the first two components. Trace percentage (eigenvalue) of first and second component: 40 and 32% respectively.

	Componentes			Componentes	
Carácter	Primero	Segundo		Primero	Segundo
Aire			Ampl. térm. dia. máx.	0.849	-0.088
ILmedia anual	0.819	-0.485	Ampl. térm. dia. mín.	0.834	-0.537
ILvaria. anual tot. dia.	0.678	0.606	Capacidad evap. máx.	-0.282	-0.342
IL máx. anual	-0.772	-0.309	Capacidad evap. mín.	0.573	-0.696
IL máx más baja	-0.44	-0.913	Capacidad evap. med.	0.113	-0.376
DS medio anual	0.975	0.136	*Suelo*		
Amplitud del DS anual	-0.230	0.821	Temp. máx. anual sup.	-0.282	0.921
DS máx. anual	0.976	0.071	Temp. mín. anual sup.	-0.639	-0.481
DS mín. anual	0.048	0.897	Ampl. térm. anual sup.	0.126	0.904
Temp. máx. anual	0.943	0.173	Temp. media -10cm	0.820	-0.127
Temp. mín. anual	-0.031	-0.072	Ampl. térm. -10cm	0.081	0.817
Ampl. térmica anual	0.885	0.259			

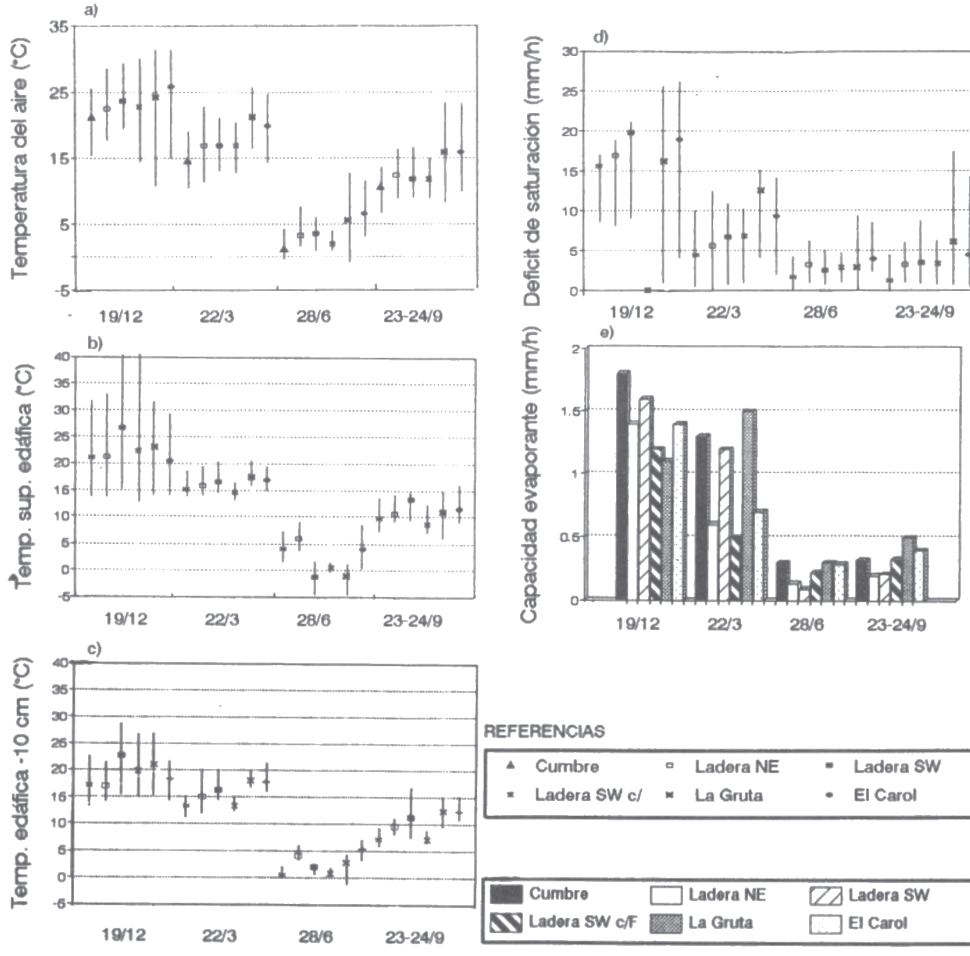

Figura 3. Promedios y valores máximos y mínimos diarios de (a) temperatura del aire, (b) temperatura edáfica de superficie, (c) temperatura edáfica a 10 cm de profundidad, (d) déficit de saturación, y (e) capacidad evaporante del aire promedio diaria correspondientes a días de diferentes estaciones del año.
Figure 3. Daily average and maximun and minimun records of (a) air temperature, (b) surface soil temperature, (c) 10 cm-depht soil temperatures, (d) saturation deficit and (e) daily average evaporative capacity of the air, corresponding at days of different seasons.

sierra; bajas, si se tiene en cuenta que en ellos el aire es más cálido. En el sitio 1 el enfriamiento nocturno del aire fue más pronunciado que en el sitio 6, el DS mínimo inferior y el suelo más cálido. Las temperaturas edáficas a -10 cm fueron más semejantes.

-*Otoño:* Prevaleció el efecto altitudinal, expresado por el primer eje del ACP (Figura 2). La cumbre y el faldeo SW abrupto fueron los más frescos; a mayor altitud, las condiciones fueron más extremas: temperaturas inferiores, mayor oscilación térmica eri el aire y suelo, mayor iluminación y aire más desecante. Los sitios 2 y 5, en faldeos con menor pendiente, fueron térmicamente similares: templados, con valores intermedios a los de mayor y menor altitud. También el DS y la iluminación total recibida fueron semejantes, aunque al NE se registraron picos lumínicos y amplitudes térmicas del aire y suelo más elevados. En el SW las tasas evaporantes y las temperaturas de la superficie edáfica fueron mayores. Los sitios 1 y 6 fueron más cálidos, bien iluminados y secos, con tendencias más extremas en las planicies periserranas. En el valle intraserrano las amplitudes térmicas diarias

Tabla 3: Caracteres utilizados para la diferenciación de mesoclimas mediante ACP. (+) Variables con contribución mayor a 0.7*;* (-) menor a -0.7 y ( ) entre 0.7 y -0.7*;* (x) sin datos. El porcentaje traza expresado por el primer, segundo y tercer componente respectivamente fue: 49*,* 27 y 12 (verano); 34*,* 30 y 13 (otoño); 49*,* 27 y 18 (invierno); 70*,* 17 y 8*,* y 54*,* 30 y 12 (primavera).

Table 3: Characters used in Principal Components Analysis to differentiate mesoclimates. (+) Variables that contribute more than 0.7*,* (-) less than -0.7 and ( ) between 0.7 and -0.7; (x) no data. Trace percentage for the first, second and third components were respectively: 49*,* 27*,* and 12 (summer); 34, 30, and 13 (fall); 49*,* 27*,* and 18 (winter); 70, 17, and 8*,* and 54*,* 30 and 12 (spring).

CARACTERES	COMPONENTES														
	19dic82			22mar82			28jun83			23set82			24set82		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Aire 1.5 m															
IL total	+			+			+			+				+	
máxima					+		+				+			+	
Temp máxima	+			+			+			+			+		
mínima	-			+				+					+		
amplitud	-				+			-		+			+		
DS total				+			+			+			+		
máxima	+			+			+			+			+		
mínima	-			+				-							-
Capac evaporante	-								+	+			+		
Viento media	-			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
máxima	-			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Temp suelo															
1 cm máxima		+		+			+			+			+		
mínima			+	+				+		-					+
amplitud		+				+	+			+			+		
10 cm máxima		+		+			+			+			+	+	
mínima		+		+			+			+			+		
amplitud		+			+		+			+				+	

fueron mayores, pero las temperaturas máximas de la superficie del suelo y la capacidad evaporante del aire fueron menores.

-*Invierno:* El primer eje (Figura 2) distinguió a los sitios según su exposición; separó claramente ambos sitios a 800 m sm. Mostró cierta semejanza de los sudoccidentales con la cumbre. Ubicó a la planicie periserrana en una posición intermedia entre los sitios insolados y los umbríos y fríos. Individualizó al sitio 3, con suelos iso-oligotermos, fríos, sin mínimas extremas e insolación inferior a 10.000 lux. En el sitio 2, más insolado, el calentamiento edáfico fue mayor. Este, y la cumbre, fueron fríos, con poca amplitud térmica y bajos DS. El viento y las tasas evaporantes del aire aumentaron con la altitud. Con temperaturas y DS diarios bajos y una abundante nubosidad invernal, cobró importancia el viento como fuerza conductora de la evaporación. La ladera NE, bien insolada y con suelo más cálido, se asemejó a la zona basal. En los suelos basales se registraron las mayores amplitudes térmicas. El sitio periserrano denotó mayor "continentalidad", con temperaturas mínimas del aire frecuentemente inferiores al intraserrano.

-*Primavera:* Predominó el efecto de la altitud en la ordenación sobre el primer eje (Figura 2). El sitio basal 1 se diferenció claramente con las mayores temperaturas máximas del aire, edáficas a -10 cm y amplitud diaria en el aire y suelo. Este sitio, con aire muy desecante y altos DS, se localiza

en la zona occidental más frecuentemente despejada. En el sitio 6, intraserrano, las temperaturas mínimas del aire, la capacidad evaporante y el DS diario fueron menos extremos; allí a menudo se asientan nubes bajas por la noche y parte del día. Sobre la sierra todas las variables mencionadas tomaron valores bajos. La cumbre, fuertemente iluminada, tuvo el DS más bajo. El sitio 3 presentó rasgos térmicos y de evaporación en el aire semejantes a la cumbre: fueron frescos, con poca variación térmica diaria y baja capacidad evaporante. El 23 de setiembre el sitio 3 con *F. pampeana* presentó temperaturas mínimas edáficas muy bajas. El 24 de setiembre, el sitio 2 mostró su semejanza al 5 por las condiciones térmicas, y se diferenció por la mayor iluminación (eje II). En la Ladera NE se registraron las temperaturas mínimas edáficas más altas.

Discusión

El análisis univariado permite constatar que: (1) el DS máximo, el DS medio anual, las temperaturas máximas anuales, la amplitud térmica anual y diaria máxima y mínima, descienden con la altitud; (2) la temperatura máxima anual (estival) es más alta -a altitudes semejantes- sobre el faldeo SW. (3) la amplitud térmica mínima anual (invernal) es más alta -a altitudes semejantes- sobre el faldeo NE; (4) las temperaturas edáficas a -10 cm son las que mejor reflejan el balance energético edáfico anual de cada sitio; (5) los sitios en función del aumento de las temperaturas a dicha profundidad se ordenan en esta secuencia: cumbre, SW con pendientes fuertes, NE, SW con pendientes suaves ≈ basales; (6) la intensidad de luz media anual recibida en cada sitio sigue igual secuencia que las temperaturas edáficas; (7) las velocidades medias e instantáneas del viento son mayores en las cumbres y las ráfagas pueden superar los 150 km/h; (8) Como consecuencia del efecto del viento, y a pesar de las diferencias térmicas y de DS entre ellos, la capacidad evaporante del aire llega a ser tan alta en las cumbres como en las partes basales.

El análisis multivariado demuestra que la ubicación altitudinal es de mayor importancia en la explicación de las diferencias mesoclimáticas observadas. De ello deriva que las cumbres sean los sitios más frescos y los sitios basales los más cálidos. No obstante, las diferencias estacionales observadas en las relaciones de semejanza mesoclimática entre sitios están vinculadas a la diferente declinación solar y duración del fotoperíodo en los solsticios y equinoccios, y al efecto de la orografía en la recepción de la radiación solar. Debido a ésto la importancia relativa de la exposición y la altitud en el comportamiento de las variables observadas varía con las estaciones. En los solsticios aumenta el efecto de la exposición y pendiente en la expresión de dichas variables; en tanto en los equinoccios la ubicación altitudinal de los sitios adquiere mayor preponderancia.

En verano, la longitud del día, las temperaturas más elevadas y un calentamiento vespertino más prolongado, determinaron que los faldeos al W y SW, sean más cálidos que al E y NE. El recorrido aparente del sol en verano favorece la insolación de los faldeos occidentales empinados, por lo que estos, junto con los sitios basales llanos -todos ellos con pastizales "tussock"- son los más cálidos de la región. Las temperaturas edáficas bajas en relación a las del aire parecen ser consecuencia del efecto morigerador de la vegetación densa sobre el suelo y los estratos inferiores del aire, que impiden tanto el sobrecalentamiento como el enfriamiento rápido del suelo, y determinan amplitudes diarias superficiales más bajas. De los sitios mencionados, el periserrano (sitio 1) se distingue por un mayor enfriamiento nocturno. Los basales se diferencian de los "tussock" serranos por una mayor capacidad evaporante en el aire. Los faldeos sudoccidentales (sitios 2 y 3) están sometidos a condiciones más cálidas y desecantes que los nororientales (sitio 5); esto se intensifica por su exposición a los vientos del sector SW. En las cumbres la acción del viento y los DS estivales, más elevados, determinan condiciones que estimulan altas pérdidas por evapotranspiración.

En invierno se verifica una notable diferenciación del sitio con *F. pampeana* debido a que se mantiene en condiciones de umbría la mayor parte del día. Esto se refleja en una marcada oligoisotermia edáfica. La orientación al NE es la más favorecida en la recepción radiación solar; en consecuencia su balance térmico determina temperaturas más elevadas que los otros faldeos. Por otra parte, altitud y exposición parecen compensarse y explicar respectivamente las bajas temperaturas invernales similares de la cumbre y las laderas medias al SW.

En los equinoccios los gradientes altitudinales se ven influidos por un "efecto de arrastre" de las condiciones del solsticio precedente lo que se manifiesta en la disposición de los sitios sobre los ejes del ACP (ver sitios 3 y 4).

Los gradientes térmicos altitudinales observados, promedian 6.9°*C*/100 m, un valor similar a la mayor parte del mundo (5 °5- 6°*C*/1000 m; Ewel y Whitmore 1973). Aceptando los límites térmicos y de precipitaciones utilizados por Holdridge (1978), las localidades basales (Sierra de la Ventana y Tornquist) corresponden a la zona de vida bosque seco templado cálido. Las razones por las cuales en el mismo rango de condiciones climáticas pueden existir formaciones vegetales diferentes ya han sido señaladas (Holdridge 1947, 1978). Sin embargo, cabe recordar que esta clasificación es bioclimática y no de la vegetación; esto resulta de interés aquí para considerar los cambios climáticos que ocurren en las sierras con la elevación. Aplicando los gradientes térmicos observados, el límite inferior (12°C) del piso montano de la región templado cálida se encuentra a los 750 m sm. En la provincia de Buenos Aires, debido a sus alturas máximas, este piso altitudinal es el único posible y es exclusivo de las Sierras Australes. Este límite es no sólo térmico sino probablemente también hídrico ya que la eficiencia de las precipitaciones aumenta con el descenso térmico pasando de un régimen subhúmedo a húmedo. En este piso montano se ubican, de los sitios estudiados, los serranos propiamente dichos y se verifican condiciones climáticas locales exclusivas. A su vez allí son más importantes las comunidades exclusivas de pastizal de las sierras: los prados de altura y los pastizales de *Festuca pampeana.*

De los resultados de este trabajo surge la siguiente caracterización de los mesoclimas observados:
(1) Planicies periserranas occidentales. Bien iluminadas, con condiciones favorables para una elevada evapotranspiración. Marcada amplitud térmica diaria y anual. Temperaturas más extremas en el aire que en el suelo; en profundidad, más altas que en los sitios serranos. Se encuentran en el extremo con menores precipitaciones del gradiente local estudiado, sus condiciones la aproximan a un régimen ústico, cielos frecuentemente despejados, inviernos marcadamente rigurosos. Es el de clima local "más continental" de los sitios observados.
(2) Faldeos SW con pendientes suaves y moderadas, y crestas de divisorias secundarias al W de la divisoria principal. Bien iluminadas y con fuerte variación térmica anual. Aire y suelo cálidos en verano, con las temperaturas del aire máximas más altas de la sierra y DS elevados. Inviernos con amplitudes térmicas diarias del aire y suelo bajas, similares a la cumbre; fríos aunque más templados que aquella. Los vientos secos del W y SW aumentan la capacidad evaporante del aire.
(3) Faldeos SW con pendientes abruptas a más de 750 m sm. Son sitios con la mayor variabilidad anual lumínica y térmica. Fríos, isotermas y umbríos en invierno; bien iluminados, cálidos y anisotermos en verano, con gran capacidad evaporante del aire. Suelo característicamente húmedo todo el año. Las condiciones locales del clima simulan condiciones de mayor latitud.
(4) Cumbres. Frías, con las menores amplitudes térmicas anuales y diarias. Bien iluminadas, excepto en invierno cuando quedan cubiertas por nubosidad baja muy frecuente, y en general húmedas. DS bajos. Vientos muy fuertes que determinan una muy alta capacidad evaporante del aire. Suelos fríos que se congelan ocasionalmente en invierno.
(5) Faldeos NE con pendientes suaves y moderadas. Frescos, DS anual moderado (sólo superior a las cumbres), bien iluminados, amplitudes térmicas diarias marcadas en los meses cálidos. Rápido calentamiento matinal, altas temperaturas máximas del aire y en la superficie del suelo. Los suelos son en invierno los más cálidos de la sierra. En profundidad las temperaturas del suelo se asemejan a los de suelos intraserranos.
(6) Tierras basales intraserranas, planas y suavemente onduladas (valle de la localidad de Sierra de la Ventana). Comparte con el sitio basal 1 condiciones similares de iluminación, evaporación y térmicas en general, aunque en particular sus inviernos son más moderados y los veranos levemente menos cálidos que en las planicies occidentales. Asimismo, se ubican en la zona con mayores precipitaciones del gradíente local estudiado.

Agradecimientos.Trabajo realizado con subsidio de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Agracecemos a Susana Rosenfeld por su apoyo informático, a un revisor anónimo y a Martín Oesterheld por sus comentarios.

Bibliografía

Azócar, A. y M. Monasterio. 1980. Estudio de variabilidad meso y microclimática en el Páramo de Mucubají. Págs. 225-262. En: Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos. Ed. de la Univ. de los Andes, Mérida. 312 págs.

Burgos, J.J. 1969. El clima de la Provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo. En: Cabrera, A. L. (Eds.), Flora de la Provincia de Buenos Aires, Tomo I :33-99.

Burgos, J. J. y A. L. Vidal. 1951. *Los* climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. Meteoros 1:3-32.

Cabrera, A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. Bol. Soc. Arg. de Botánica, 14:1-42.

Cappanini, D. A., C. O. Scoppa y J. R. Vargas Gil. 1971. Suelos de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. Págs. 203-334. En: Reunión sobre la Geología de las Sierras Australes Bonaereses, CIC, La Plata.

Ewel J. J. y J. L. Whitmore. 1973. The Ecological Life Zones of Puerto Rico and the U. S. Virgin Islands. Forest Service Research Paper ITF-18. Puerto Rico. 72 págs.

Geiger, R. 1971. The climate near the ground. Harvard University Press (3º ed.), USA. 611 págs.

Griffiths, J. F. 1968. Applied climatology. An introduction. Oxford University Presss. 118 págs.

Holdridge, L. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105 (2727):367-368.

Holdridge, L. 1978. Ecología basada en Zonas de Vida. Inst. Iteram. de Cs. Agr., San José, Costa Rica. 216 págs.

Kreeb, K. 1977. Methoden der Pflanzenokologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - New York. 235 págs.

Kristensen, M. J. 1992. Características Microclimáticas de las Sierras de Ventana y su relación con la Vegetación. Tesis Doctoral. Fac. de Cs Nat. y Museo, Univ. Nac. de La Plata. 380 págs.

Orloci, L. y N. C. Kenkel. 1985. Introduction to data analysis with examples from population and community ecology. International Co-operative Publishing House, USA. 240 págs.

S. M. N. 1981. Estadística Climatológica. 1961 - 1970. Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina.

S. M. N. 1986. Estadística Climatológica. 1971 - 1980. Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina.

Unwin, D. M. 1980. Microclimate measurement for ecologists. Academic Press, London. 97 págs.

William G. D. V. y J. Brochu. 1969. Vapour pressure deficit vs. relative humidity for expressing atmospheric moisture content. Naturaliste Canadien, 96 :621-636.

Recibido: 8/11/93
Aceptado: 5/1/95