

7

**BIODIVERSIDAD Y DINAMICA
DE PASTIZALES EN LA SIERRA
DE LA VENTANA PROVINCIA
DE BUENOS AIRES
ARGENTINA**

JORGE L. FRANCI

MARCELO D. BARRERA

LISEA

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
MUSEO-FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES,
UNLP,
LA PLATA, ARGENTINA**

AREA DE ESTUDIO

El Sistema de Ventania o Sierras Australes (Fig. 7.1) más conocida popularmente como Sierra de la Ventana, tiene dirección NW-SE y se halla incluso en la Pampa del SW de la Provincia de Buenos Aires. En su parte central se encuentra la Sierra de la Ventana propiamente dicha (altura máxima Cerro Tres Picos 1243 m snm) y más al E y S, separadas del cordón occidental por el valle de la Ventana, se encuentran las Sierras de Las Tunas (650 m snm) y Pillahuincó (550 m snm).

Geología

El área estudiada está constituida por rocas paleozoicas fuertemente plegadas (Harrington 1947). A ellas se suman conglomerados rojos terciarios muy cementados y materiales cuaternarios que incluyen rodados pleistocenos, sedimentos arcillosos, loessoides y limos con intercalaciones de tosca (Suero 1972).

Ambientes geodafológicos y suelos

Cappannini *et al.* (1971) reconocen en la región cuatro ambientes geodafológicos: serrano, intraserrano, periserrano y de llanura. El área donde se desarrollaron nuestros estudios se encuentra en el ambiente serrano y, en menor extensión, en el intraserrano y el periserrano.

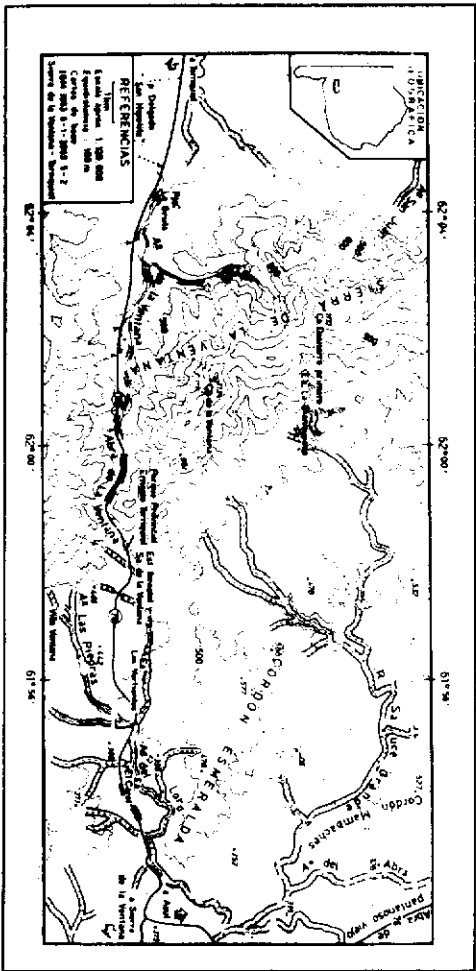


Figura 7.1: Mapa de la zona de estudio y sus adyacencias.

En el ambiente serrano, los materiales edáficos cuaternarios depositados sobre pendientes y cumbreras, cubren parte de la roca consolidada. Este manto de espesor variable desde unos centímetros hasta no más de dos metros (Cappannini *et al.* 1971) está constituido (Vargas Gil y Scoppa 1973) por sedimentos Postlujanenses E3 y Postplatenses E1 (Tricart 1968) y puede descansar directamente sobre la roca antigua, mezclarse con mayor o menor proporción de detritos de otras rocas o bien encontrarse sobre una capa de tosca que se intercala entre el loess y la litología subyacente.

Los perfiles de suelo descritos en la zona serrana (Cappannini *et al.* 1971; Vargas Gil y Scoppa 1973; Frangi *et al.* 1980a-b) son insuficientes. Los suelos serranos reconocidos son *Argiudol* típico sobre depósitos profundos—con perfil truncado en la base si los espesores son menores—, *Argiudol* y *Hapludol* líticos y *Haplumbrets* líticos (Perez *com. pers.*).

Roquedales

En el ambiente serrano los afloramientos rocosos aparecen: (1) como pequeñas unidades discretas dispersas entre suelos serranos o, (2) como áreas de extensión considerable en cumbreras y faldeos, donde los pliegues llegan a constituir farallones de difícil acceso formados por grandes bloques con grietas espaciadas y planchones poco agrietados de menor pendiente (Frangi y Bottino 1995).

Clima

Las sierras bonaerenses son poco efectivas como condensadores de humedad atmosférica por su mediana altitud pero tienen un efecto evidente sobre el régimen térmico (Burgos 1968). Ventania provoca un efecto de enfriamiento regional más marcado durante el invierno cuando la isotermia de 6 °C (julio) encierra la zona de referencia. Presenta el mayor número de horas de frío efectivas, un período libre de heladas inferior a los 160 días, el menor índice CK de heladas invernales (-10 C, P=5%) y el mayor riesgo de heladas tardías de la Provincia (Burgos 1968). Ello muestra que, en relación al resto de la Provincia, los inviernos serranos son más crudos y el riesgo de heladas se proyecta hacia la primavera avanzada.

Dentro de la región serrana los registros de temperatura (Kozarik y Gallo 1968) indican que al W el período con heladas es más largo y las temperaturas más bajas. Los registros climáticos en la sierra alta propiamente dicha (Kristensen 1992) demuestran un gradiente térmico de 6,9 °C/1000 m y la existencia de mesoclimas serranos, corroborando las observaciones circunstanciales de ocurrencia de nevadas invernales en los cerros, congelamiento de suelos y pequeñas vertientes y la mayor permanencia de la nieve en las cumbreras de los cerros altos.

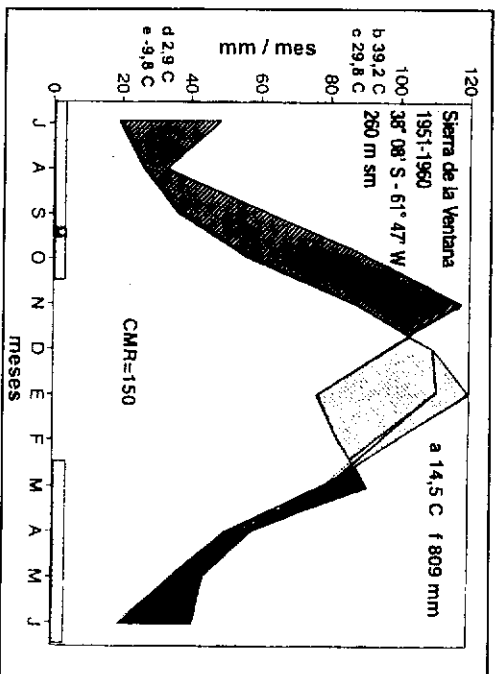


Figura 7.2. Balance hídrico según Thornthwaite de la localidad de Sierra de la Ventana. Diseño convencional. (a) temperatura media anual, (b) temp máxima absoluta, (c) temp. máxima media del mes más cálido, (d) temp. mínima media del mes más frío, (e) temp. mínima absoluta, (f) precipitación media anual, (g) periodo con heladas. CMR= capacidad máxima de retención de agua en el suelo (mm).

Las precipitaciones en la región serrana austral responden a la circulación general de la atmósfera. Al E alcanzan 719 mm, descendiendo hacia el S a 666 mm; en tanto al W de las sierras las mismas son de 627 mm en Saavedra y 580 mm al S (SMN, 1962; Cattáneo, en Cappanini *et al.* 1971). En la zona intraserrana, en la localidad de Sierra de la Ventana llegan a 821 mm (SMN 1981). Si bien existe a nivel regional una disminución NE-SW, hay diferencias locales apreciables en la zona intraserrana que resulta más lluviosa. Las escasas observaciones de precipitaciones en las sierras indican que son algo superiores con la altitud (Laboratorio de Ecología Vegetal- Laboratorio de Hidráulica, UNLP, *no publicado*). A esto debe agregarse una fuerte variación interanual de las precipitaciones de $\pm 50\%$.

Los balances hídricos según Thornthwaite (Burgos y Vidal 1951) muestran que hacia el E de las sierras (Fig. 7.2) las lluvias excedieron a las necesidades de agua (evapotranspiración potencial). El periodo con déficit hídrico es más marcado y prolongado al W serrano (Fig. 7.3) (noviembre-abril) que al E (enero-febrero); ello es debido al aumento de la evapotranspiración potencial y a menores lluvias. Al E de la sierra la diferencia de precipitaciones respecto del W serrano se produce

principalmente durante el periodo con mayores requerimientos de agua con lo cual el déficit es mínimo.

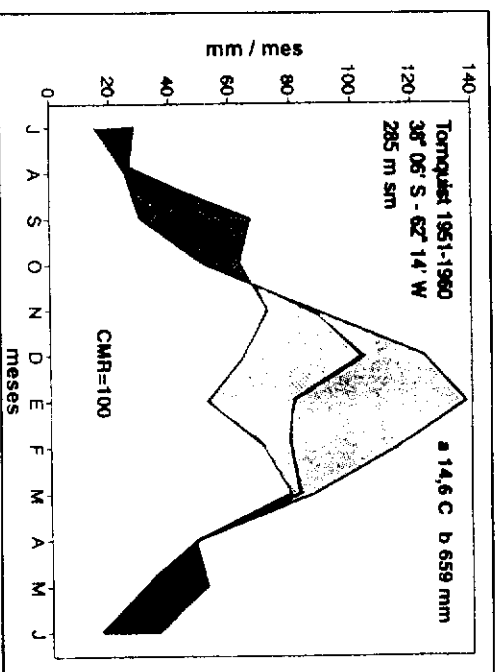


Figura 7.3. Balance hídrico de Thornthwaite de la localidad de Torquiquist. Diseño convencional. (a) temperatura media anual, (b) precipitación media anual. CMR= capacidad máxima de retención de agua en el suelo (mm).

OBJETIVOS

La descripción ambiental permite advertir que el paisaje regional presenta una gran diversidad de biotopos vinculada a la heterogeneidad del relieve, a un gradiente altitudinal que incluye las alturas mayores de la Provincia, a distintos tipos de sustratos, y a gradientes de precipitaciones (que decrecen de N a S y de E a W). Una revisión rápida permite ver que se han citado unos 400 taxones vegetales nativos que incluyen endemismos, linajes y vinculaciones florísticas diferentes (Alboff 1895; Spegazzini 1896; de la Sota 1967; Cabrera 1963-68, Frangi *et al.* 1980 a-b).

La protección de la naturaleza es el objeto del Parque Provincial Ernesto Tornquist que ocupa parte de las sierras altas. La vegetación serrana de los terrenos privados está dedicada primordialmente al uso pastoril, en tanto los sectores de valle y planicies se dedican a la agricultura y pasturas artificiales. Por otra parte el Ao. Sauce Grande, uno de los principales cursos que drenan las Sierras hacia el Atlántico, es

embalsado en Paso de Piedras y provee agua a Bahía Blanca, una población de ca. de 300.000 habitantes.

Nuestras investigaciones en estas sierras tienen como meta obtener un panorama integrado de sus ecosistemas tanto en sus aspectos estructurales como funcionales, su organización en el paisaje regional y las consecuencias del uso de la tierra sobre los mismos.

Esos estudios se pueden agrupar, de acuerdo a su contenido, en:

1. Los que reconocen las comunidades naturales y explican sus vinculaciones con la topografía, el tipo de sustrato y las condiciones climáticas locales, y especulan sobre acontecimientos históricos que pudieron afectarlas.
 2. Los que tratan las comunidades transformadas resultantes del uso pastoril y del fuego, y los referidos a la comunidades de plantas espontáneas que acompañan a los cultivos resultantes de la conversión agrícola.
 3. Los referentes a la estructura de la biomasa y a la productividad neta.
 4. Los dedicados al balance hídrico y de nutrientes a nivel de la cuenca alta,
 5. Los estudios limnológicos en el embalse Paso de Piedras.
- En esta síntesis dedicada a los ecosistemas de pastizal, trataremos sucintamente los resultados de los 4 primeros grupos de estudio.

ESTUDIOS SOBRE LA VEGETACION NATURAL SERRANA Y EL MEDIO FISICO

Las comunidades vegetales de las sierras altas (Sierra de la Ventana)

(FRANGI Y BOTTINO 1995)

En las Sierras Altas, se reconocieron 31 grupos florísticos y 24 comunidades en los ambientes geodafológicos serrano, intraserrano y

periserrano. Se describieron florística y fisonómicamente las comunidades de plantas vasculares de los afloramientos rocosos y suelos.

La fisonomía regional dominante es el pastizal (con diferentes especies de *Stipa*, *Piptochaetium*, *Festuca* y *Briza*), en algunos lugares con arbustos y pequeños árboles dispersos. Empero también se encuentran comunidades arbustivas (principalmente de *Eupatorium bunifolium* y *Discaria longispina*) sobre suelos someros o pedregosos, y manchones escasos y pequeños de la xerófila *Geoffroea decorticans* en suelos arenoso-finos.

En el ambiente serrano se reconocieron 6 complejos de vegetación casmofítica de los afloramientos rocosos. Además, 10 tipos de comunidades sobre los suelos de montaña: 7 pastizales y 3 matorrales. Siete tipos de comunidades ocupan los suelos del ambiente periserrano e intraserrano: 5 pastizales, 1 bosque xerófilo y 1 matorral enano. Un pastizal higrófilo es común a los distintos ambientes geodafológicos estudiados. La miscelánea de grupos de plantas acuáticas ocupa superficies pequeñas.

Es evidente una marcada diferencia florística entre el ambiente serrano donde son frecuentes *Briza subaristata*, *Oxalis articulata*, *Danthonia cirrata*, *Piptochaetium montevidensis*, varias "flechillas" (*Stipa* y *Piptochaetium*) y dicotiledóneas; y los ambientes periserranos e intraserranos donde dominan *Stipa caudata* y *S. ambigua*. Además, la variedad de ambientes en las montañas (consecuencia de las diferencias de altitud, exposición, pendiente, tipos de sustratos y climas locales relacionados) es determinante de la mayor diversidad beta observada en ella comparada con la vegetación del piedemonte, las planicies y los valles. Algunas comunidades dominadas por arbustos están aparentemente relacionadas con áreas excesivamente pastoreadas, y otras con suelos erosionados principalmente en forma natural. El impacto del ganado decrece con la altitud y la invasión de arbustos es menor en suelos profundos no pedregosos, por ello las comunidades arbustivas son más frecuentes en las partes inferiores de los faldeos y en las divisorias de agua secundarias bajas. Algunas comunidades serranas, principalmente pastizales, tienen mayor riqueza de especies; lo que sugiere que ciertas pendientes montañas tienen condiciones menos estresantes y mayor heterogeneidad de microhabitats que las planicies basales.

La composición florística de los diferentes tipos de comunidad muestra distintas afinidades botánicas y fitogeográficas. Especulamos que el relieve energético serrano, la ubicación cercana a fronteras fitogeográficas, la historia climática en tiempos históricos y geológicos más o menos recientes, y las condiciones de insularidad de las sierras en la planicie pampeana, han contribuido a sostener su elevada diversidad alfa y beta, funcionando también como un refugio para especies de otras regiones y condiciones, y como un laboratorio evolutivo donde surgieron algunos taxa endémicos.

Las sierras australes de Buenos Aires y la biodiversidad

(GALAR Y FRANGI 1993)

Hacia 1970, la flora de la Provincia tenía una riqueza de plantas superiores espontáneas del orden de los 2200 taxones. Sin embargo casi un 21 % de ese total estaba constituido por plantas introducidas. En Sierra de la Ventana, sobre 497 taxones de plantas vasculares sólo el 16% eran especies adventicias, demostrando la gran riqueza de especies y un índice de exóticas por debajo de la media provincial aún incluyendo las áreas muy modificadas de los valles. Por otra parte Ventana alberga un 24% del total de especies nativas de la provincia, incluyendo en ellas endemismos y especies de abolengo y vinculaciones florísticas distintas (S de Brasil, Patagonia extraandina, Bosques sub-antárticos, Monte-Espinal, Andes, Provincia pampeana).

Como se señaló en el trabajo anterior, las comunidades vegetales reconocidas en las sierras altas fueron 24; 12 son pastizales, 5 arbustales y 6 comunidades de roquedales, sin considerar la miscelánea de comunidades acuáticas. En las sierras bajas la riqueza de comunidades es menor, con 18 entidades reconocidas: 13 pastizales, 1 arbustal y 4 casmofitas. Además de estas diferencias en la diversidad de comunidades entre las sierras altas (Ventana) y bajas (Pillahuincó-Las Tunas) se verificó en éstas últimas una menor riqueza específica.

Las Sierras Australes constituyen un núcleo de biodiversidad tanto a nivel específico como comunitario. Las sierras altas contienen una mayor variedad de organismos y comunidades debido a un relieve más marcado que genera ambientes diferentes de aquellos de la faja

inferior altitudinal serrana a la que corresponden las sierras bajas. Cierros endemismos, especies de abolengo microlérmico con vinculaciones con los Andes, con los bosques subantárticos o con la Patagonia extrandina, están limitados o son más abundantes en las sierras altas. Se propone un piso de vegetación montano para la provincia de Buenos Aires, exclusivo de las sierras altas, ubicado por encima de los 650-700 m snm aproximadamente, y se destaca la importancia del Parque Tornquist para la conservación de la naturaleza en la zona.

Los climas locales y la biodiversidad en los pastizales serranos australes

(KRISTENSEN Y FRANGI 1995)

Este trabajo estuvo dirigido a reconocer la heterogeneidad climática generada por la topografía, en pastizales de la región serrana austral y establecer su correspondencia con las variaciones en la vegetación, en el origen y distribución geográfica de los taxones, y en las adaptaciones de las plantas.

Un análisis de componentes principales de datos climáticos tomados en sitios representativos de distintas comunidades permitió destacar que la altitud presentó la mayor importancia en la explicación de las diferencias climáticas; la exposición y la pendiente el segundo lugar. Existieron diferencias estacionales en las relaciones de semejanza climática entre sitios.

En las planicies basales de suelos profundos, bien iluminadas, con evaporación elevada y marcada anisotermia diaria y anual, predominan comunidades pauciespecíficas y especies con morfología macolla, con diferencias florísticas entre los sitios al W (más fríos en invierno) y al E de la divisoria principal.

En los faldeos abruptos al SW a más de 750 m snm, con una variación estacional extrema—fríos, isotermos y umbrios en invierno y bien iluminados, cálidos y anisotermos en verano—domina *F. pampeana* de morfología en macolla junto a helechos andino-patagónicos.

Las laderas con pendientes suaves y moderadas al NE y SW resultaron bien insoladas, con variaciones estacionales en el patrón lumínico y térmico, déficit de saturación del aire (DS) anual moderado y

amplitudes térmicas diarias estivales marcadas. Predominan allí los pastizales con *S. pellitum*; con algunas especies de ciclo C4. Sus suelos son poco o moderadamente profundos y pedregosos. Las laderas NE y SW presentan diferencias climáticas, lo que sugiere que las especies que aparecen en ambas tienen amplios rangos de tolerancia.

Las cumbres son frías, con poca variación térmica anual y diaria, bien iluminadas—excepto en invierno—, húmedas, con DS bajo y alta capacidad evaporante determinada por vientos muy intensos. Su posición específica está limitada a algunas especies de los faldeos insolados, endemismos microtéricos y especies con adaptaciones específicas a suelos periódicamente inundados, altas capacidades evaporantes y a la acción mecánica de los fuertes vientos.

En síntesis, la topografía serrana determina climas locales ligados a suelos con pastizales, suficientemente distintivos del clima regional como para permitir la existencia de especies con requerimientos muy diferentes de aquellas de la pampa. Se han caracterizado 5 de ellos vinculados a distintos tipos fisonómicos - florísticos de pastizales.

Los climas locales y la biodiversidad en ambientes de roquedales

(KRISTENSEN Y FRANGI inédito)

Este trabajo tuvo como objetivo el análisis comparativo de las condiciones climáticas locales en los sustratos de roquedal serrano asociados con las diferentes casmofitas de plantas superiores presentes en ellos.

El trabajo fue desarrollado en 5 estaciones de las sierras altas (Co. Ventana y Destierro I), correspondientes a afloramientos rocosos sobre una transecta que corta de E a W el gradiente altitudinal entre 500-1100 m snm.

El roquedal basal expuesto al N a 500 m snm presenta características exclusivas. Es altamente insolado, cálido, con amplitudes térmicas pronunciadas y temperaturas máximas varios grados más altas que en cualquier otro—especialmente en el suelo—, déficit de saturación y capacidad evaporante del aire muy elevados. Posee especies características como *Notholaena buchtienii* var. *ventanensis*, *Anemia to-*

mentosa, y otras con adaptaciones convergentes a las condiciones del sitio; varias de ellas tienen vinculaciones con Brasil austral.

Los de la cumbre a 1100 m snm son habitats bien iluminados, fríos, con el aire frecuentemente saturado en invierno y vientos muy intensos que determinan capacidades evaporantes elevadas. Los ocupan escasas especies vasculares, en general pequeñas: helechos como *Polypodium argentinum*, *Elaphoglossum gayanum*, plantas en cojín, resinosas, con gruesas cutículas, y endemismos (*Festuca ventanica*).

El roquedal sobre el faldeo NE a 800 m snm presenta condiciones climáticas y florísticas intermedias entre los roquedales de umbría y el basal expuesto al N; se relaciona climáticamente con el sitio de cumbre en la época cálida y con el basal al N en el período fresco. Están fuertemente insolados, son templado cálidos (sin condiciones extremas respecto a otros sitios) y alojan especies de amplia tolerancia.

Los roquedales expuestos al cuadrante S a 800 y a 500 m snm presentan diferencias térmicas pero se relacionan estrechamente entre sí. Sus climas son umbríos, frescos, húmedos y con bajas tasas evaporantes. Florísticamente comparten especies como *Poa iridifolia*, *Eryngium stenophyllum*, *P. argentinum* y *E. gayanum*, al roquedal de mayor altitud se restringen *Lycopodium saururus*, *L. magellanicum*, *Blechnum chilense* y otros.

Se concluyó que la topografía serrana y los afloramientos de roca generan biotopos de roquedal con claras diferencias climáticas locales. Existe correspondencia entre estas características climáticas, la flora y las adaptaciones de las plantas que los ocupan. La naturaleza intrínsecamente discreta y heterogénea de cada unidad de roquedal determina la convergencia espacial de especies con adaptaciones particularmente comunes—aquellas que pueden asociarse al clima—, y otras vinculadas al tipo de micrositio-sustrato que ocupan. Esta combinación de factores mantiene una variada composición biótica, con elementos que en Buenos Aires, sólo viven en Ventana.

ESTUDIOS SOBRE LA ACTIVIDAD HUMANA EN LOS ECOSISTEMAS NATURALES DE LA REGION SERRANA Y SUS CONSECUENCIAS

Las comunidades naturales bajo uso pecuario

(RICCI 1992)

Se reconocieron y describieron las comunidades vegetales naturales vinculadas a la actividad pecuaria y su grado de modificación en relación a dicho uso. El estudio se desarrolló en el Partido de Tornquist, área de muestreo extensivo, en la cual se realizó el inventario de vegetación.

En comunidades naturales se distinguieron dos unidades principales: (A) pastizal con "flechillas", (B) pastizal en macolla. En ambas unidades las especies nativas representan más del 50% del total, destacándose en la primera las diferencias en riqueza, frecuencia y cobertura del componente nativo en todas las subunidades y en la segunda la mayor cobertura de especies exóticas en aquellas subunidades con mayor riqueza específica.

El mayor valor forrajero en las distintas subunidades de los pastizales estuvo aportado en algunos casos por especies nativas y en otros por exóticas espontáneas.

En las comunidades naturales destinadas al uso pecuario, el análisis de ordenamiento empleado permitió atribuir las diferencias florístico-estructurales, a variaciones ambientales naturales y de uso. Las diferencias involucran cambios en la composición y riqueza de especies y en los valores de importancia de los distintos componentes según su origen (plantas exóticas y nativas).

Tanto en el pastizal de "flechillas" como en el pastizal en macolla, la delimitación de algunas subunidades se relacionó con cambios en la topografía, profundidad de los suelos, la pedregosidad y la humedad. Las especies que determinan el mayor valor forrajero de los pastizales transformados —muchas de ellas exóticas— sugiere la necesidad de reevaluar el papel de algunas especies exóticas.

Las comunidades resultantes del uso agrícola

(RICCI 1992)

El estudio se desarrolló en el Partido de Tornquist, donde se realizó el inventario de las comunidades vegetales del área, vinculadas a los distintos cultivos. El mismo fue complementado con una encuesta a los productores sobre labores culturales realizadas. La técnica de clasificación utilizada segregó tres unidades: pasturas, trigos y sorgo-girasol. Entre las especies más destacadas se pueden mencionar en pasturas a *Vicia sativa*, *Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea* y *Secale cereale*; en trigos a *L. multiflorum*, *Polygonum aviculare* y *Avena fatua* y en sorgo-girasol a *Setaria viridis*, *Digitaria sanguinalis*, *Portulacca oleracea* y *Euphorbia serpens*.

La información de las encuestas resultó útil para interpretar relaciones generales respecto a la dominancia de especies "indeseables", las labores culturales y el rendimiento del cultivo. En pasturas, las especies "indeseables" no se destacan por su cobertura (en particular en aquellas sin tratamiento de herbicidas). En trigo se observó una relación entre mayor rendimiento del cultivo vinculado a mayor número de labores y menor cobertura de "malezas". En sorgo-girasol el éxito de las labores culturales de control de malezas dependió del tipo de labor y oportunidad temporal de aplicación.

En los suelos con elevado contenido de arena aparecen especies como *P. oleracea* y *E. serpens*; el efecto combinado de suelos arenosos y menores precipitaciones se vinculó con la aparición de *A. fatua*. A diferencia de las comunidades naturales de la región, en las comunidades de los cultivos domina la forma de vida terófito. Asimismo, como se esperaba, en los triguales y pasturas las especies asociadas son de ciclo invierno - primavera!, y en las comunidades de cultivos de verano dominan las especies de ciclo primavera - estival.

La dominancia de algunas especies estuvo asociada a la forma y realización de labores así como a determinadas preferencias ecológicas (suelos, precipitación).

Análisis del paisaje bajo uso agropecuario

(Ricci 1992)

En este trabajo se intentó sintetizar las relaciones espaciales entre las características del medio físico, la vegetación y las actividades agropecuarias en el área. El estudio se realizó en un sector de la cuenca del arroyo San Diego (Torquist, Buenos Aires), denominada área representativa.

Se corroboró el arreglo espacial de la vegetación vinculado a la naturaleza del sustrato y la topografía. El límite superior de los suelos no pedregosos coincide aproximadamente con la curva de nivel de 400 m snm, alternando con lomadas correspondientes a afloramientos de la Formación Lolén y suelos pedregosos. En la cuenca media dominan los suelos con pedregosidad y profundidad variable, penetrando los sedimentos cuaternarios por el fondo de los valles.

Distintas comunidades naturales se ubican en la cuenca baja y media, ocupando suelos de diferente profundidad, pendiente y rocosidad. En zonas con serranía, la rocosidad, pedregosidad y pendiente, constituyen los factores que delimitan las áreas de cultivo y pastoreo. Mientras que en los suelos profundos no pedregosos los pastizales en macolla son reemplazados por los cultivos, los suelos más pedregosos e inclinados ocupados por diversos pastizales y arbustales son de uso pastoril (Fig. 7.4).

A más de 400 m snm domina la serranía (cuenca media y alta) donde predominan las formaciones Lolén y Providencia. Se encuentran comunidades con arbustos y flechillares hasta aproximadamente 550 m snm y pastizales con *Sorghastrum pellitum* hasta aproximadamente 850 m snm. Las pendientes variables, los suelos pedregosos y la roca en superficie determinan el destino ganadero de los sitios y el uso de las pasturas naturales.

El uso de la tierra para la producción regional agrícola-ganadera pone en evidencia que el paisaje es desagregado según su vocación para diferentes usos. Esto puede emplearse para la caracterización de un modelo de zonificación (*sensu* Sánchez, 1989) con vista al uso eficiente y sustentable de sus paisajes productivos.

Relieve	Zonificación del paisaje productivo	Características de las propiedades y sistemas reales de producción	
		propiedades mayores	propiedades menores
S I E R R A A A L T A	ganadería sobre pasturas naturales	pastoreo en otoño-primavera	
S I E R R A A A B A A C A	ganadería sobre pasturas naturales 1. flechillares 2. tussock	pastoreo en primavera-otoño pasturas naturales pasturas implantadas	pasturas naturales (todo el año) pasturas implantadas
V A L L E S O P L A N I C I E	agricultura 1. forrajeras anuales 2. forrajeras perennes 3. cultivos de grano - invernales - estivales	agricultura	agricultura

Figura 7.4. Relaciones espaciales entre características del medio físico, la vegetación y las actividades agropecuarias en el área de estudio

Los sistemas reales de producción utilizan diferentes unidades del paisaje productivo dependiendo del tamaño de las propiedades. Esto tiene consecuencias en la intensidad de uso y en la transformación de diferentes sectores dentro de cada unidad de paisaje según las dimensiones del predio y su destino de uso.

Efectos del fuego sobre la estructura de pastizales naturales

(KRISTENSEN 1993)

Se siguió el proceso de recuperación de la estructura aérea de pastizales naturales después del fuego en un "flechillar" (pastizal bajo de *Piptochaetium hackelii*, *P. napostaense* y *Briza subaristata*) y en un pastizal de "paja vizcachera" (pastizal medio de *Stipa caudata*).

El "flechillar" posee una alta riqueza de especies, y el de "paja vizcachera" tiene una especie en macolla dominante y una riqueza específica baja. Se analizaron comparativamente los resultados que surgen de someter ambos a un mismo tratamiento (fuego), en términos de riqueza específica, cantidad y estructura de la biomasa, estrategias de ocupación del espacio de las diferentes especies, y variaciones microclimáticas que se producen después de una quema experimental.

La liberación del espacio y la presencia de suelo desnudo en el pastizal de *S. caudata* como consecuencia del fuego va acompañada de un pronto rebrote de la especie dominante desde la base de las macollas, y la recuperación paulatina de su estructura. El espacio intermata es ocupado por especies exóticas (malezas de cultivos) de crecimiento rápido en las que predominan las dicotiledóneas; probablemente a partir de semillas que encuentran su oportunidad de germinar y colonizar con posterioridad al disturbio. Las exóticas tienen poca importancia en el testigo.

En el "flechillar" el fuego quemó sólo la porción más superficial de la hojarasca y parte de la vegetación. Permanecieron verdes *Discaria*, *Eryngium*, *Paspalum quadrifarium* y algunos cardos. En esta comunidad las especies nativas rebrotan rápidamente a partir de las estructuras subterráneas. La recuperación espacial la hacen las propias especies de la comunidad madura, sólo se modifica la importancia relativa de las mismas. En primer lugar rebrotan aquellas que presentan órganos de reserva (ej. geófitas y subarbutos).

A dos años de ocurrido el incendio se observó la recuperación de los pastizales tanto en su estructura como su composición. Las estrategias de recuperación de cada pastizal difieren notoriamente: mientras el flechillar parece tener mayor estabilidad de resistencia, el pajonal en macolla aparenta tener una estabilidad de resiliencia.

Efectos del pastoreo sobre la estructura de pastizales naturales quemados en una reserva natural

(KRISTENSEN 1993)

Se determinó la influencia del pastoreo sobre la estructura de la biomasa en pastizales naturales, durante su recuperación después de un incendio. Se comparó la respuesta de dos comunidades vegetales con diferente estructura y riqueza florística.

Este estudio se desarrolló en la zona basal en un pastizal bajo de *Piptochaetium hackelii*, *P. napostaense* y *Briza subaristata* ("flechillar") y un pastizal medio de *Stipa caudata* ("paja vizcachera") quemados experimentalmente. El pastoreo es efectuado por la población equina presente en el Parque Provincial "Ernesto Tornquist". A dos años del incendio, al producirse los picos de biomasa y floración (otoño y primavera) se analizaron 4 situaciones en cada pastizal: (1) pastoreado, (2) quemado, (3) quemado y pastoreado, y (4) testigo (sin fuego ni pastoreo).

En el "flechillar" la riqueza se mantuvo similar en cada una de las situaciones. Aquel que sólo fue pastoreado presentó menor porte que el testigo. El incendiado y pastoreado no recuperó su estructura característica, manteniéndose "ralo" con una biomasa inferior a la del testigo y al quemado.

En el pastizal de *Stipa caudata* estos disturbios modifican la composición previa de la comunidad. Aparecen especies invasoras, principalmente exóticas, que son malezas en los cultivos de la región (cardos, abrepuños, solanáceas tóxicas, varias compuestas, amarantáceas y plantagináceas). En el pastizal pastoreado la riqueza de especies se duplica respecto del testigo. El fuego afecta las láminas foliares de *S. caudata* pero no los tejidos meristemáticos protegidos en la base de las matas, de las que resulta su abundante rebrote. Los individuos adultos de *S. Caudata*, con bajo grado de palatabilidad, son altamente apetecidos al rebrotar, por lo que se dificulta la recuperación de la comunidad después del incendio cuando se agrega pastoreo; el enmalamiento es aún mayor y la menor cubierta del suelo lo hace más susceptible a la erosión.

A dos años del incendio los pastizales quemados han recobrado su estructura original, en tanto que no ha ocurrido lo mismo en aquellos que han sido mantenidos bajo pastoreo después del incendio.

El sobrepastoreo crónico, sobre terrenos con o sin quema, intensifica los cambios en la vegetación y comprometen la recuperación de la estructura del pastizal y su función protectora. En este caso particular tratándose de una Reserva Natural—como también en las cuencas altas serranas—, se debería controlar las poblaciones de grandes herbívoros exóticos silvestres que incrementan la presión sobre la vegetación.

Un modelo interpretativo de la arbustificación de los pastizales naturales de la Sierra de la Ventana

(BARRERA 1991)

Este trabajo trató de reconocer y explicar los factores ecológicos que inciden sobre la distribución y abundancia de dos leñosas arbustivas: *Eupatorium bunifolium* Hooker et Arnott y *Discaria americana* Gillies et Hooker, sobre las comunidades de pastizal de la Sierra de la Ventana. Los principales factores ecológicos considerados fueron: la pedregosidad de los suelos, la intensidad de pastoreo y la ocurrencia de fuegos.

Los muestreos fueron realizados en seis sitios con diferentes combinaciones de los factores. La densidad de las especies arbustivas se estimó a través de parcelas circulares de 10-30 m²; la cobertura de cada individuo se calculó asumiendo una superficie de proyección circular a través de dos diámetros perpendiculares y la biomasa a través del método de análisis dimensional. Mediante un análisis de correlación canónica se estableció la relación entre las variables ambientales y vegetacionales. Después de un incendio ocurrido en un sitio con dominancia de *E. bunifolium*, se realizó un muestreo con el objeto de comparar la estructura de la población antes y después del fuego.

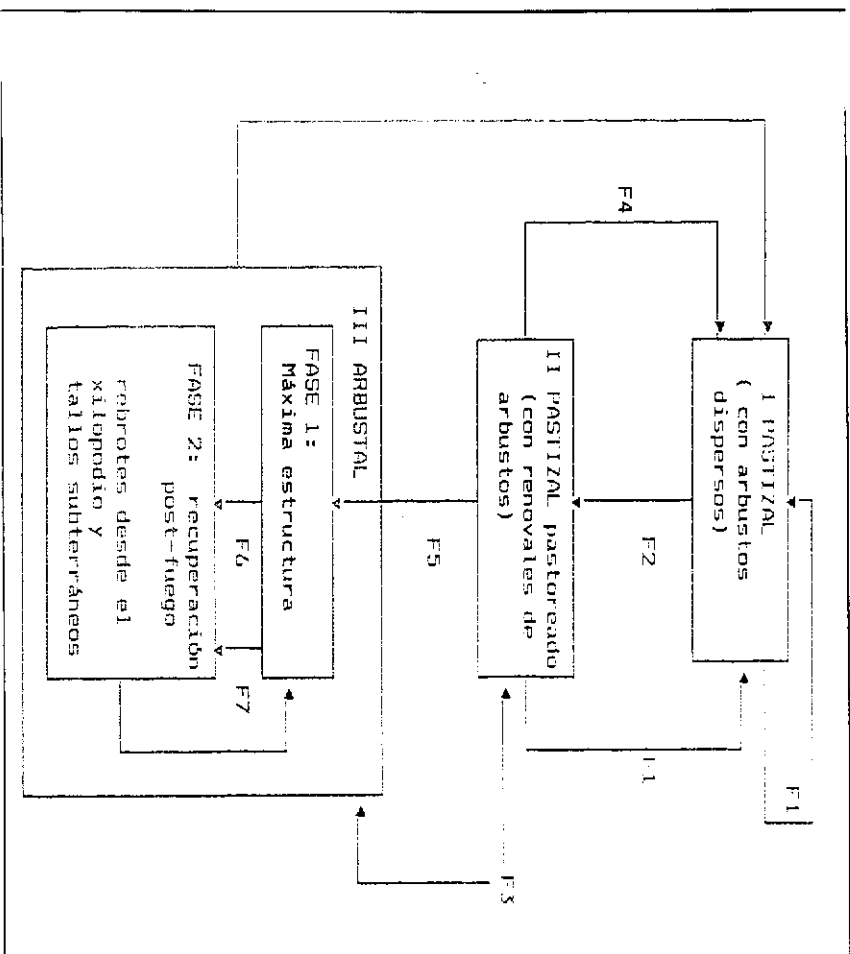


Figura 7.5. Modelo interpretativo del proceso y mantenimiento de la arbustificación sobre sitios no pedregosos en la Sierra de la Ventana.

Para *E. bunifolium* la densidad se incrementa en situaciones con alta pedregosidad y fuerte pastoreo, pero con bajos valores de biomasa promedio. Para *D. americana* las mayores densidades fueron en sitios con baja pedregosidad y fuerte pastoreo, mientras que estaba ausente en los suelos con alta pedregosidad.

La pedregosidad es el principal factor que determina la presencia o ausencia de las dos especies arbustivas en la Sierra de la Ventana. Para *E. bunifolium* la intensidad de pastoreo favorece el aumento en términos de densidad sobre suelos pedregosos, y de biomasa y cobertura sobre los de escasa pedregosidad. Para *D. americana* las mayores densidades se observaron sobre suelos poco pedregosos y

fuertemente pastoreados y estuvo ausente sobre suelos con alta pedregosidad.

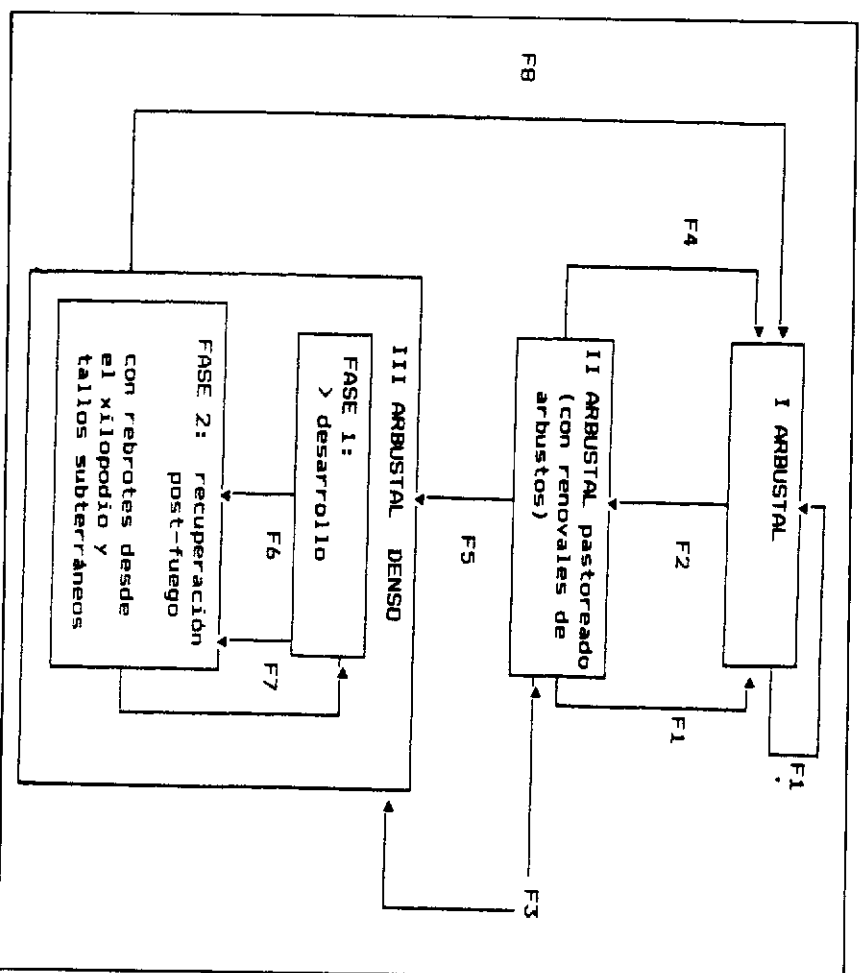


Figura 7. 6. Modelo interpretativo del proceso y mantenimiento de la arbustificación en la Sierra de la Ventana sobre suelos pedregosos.

Se proponen dos modelos que interpretan la arbustificación de los pastizales serranos, sobre suelos con (Fig 7.5) y sin pedregosidad (Fig 7. 6), además se plantea un análisis predictivo de la evolución de estas comunidades en el caso que algunos de los factores de disturbio (pastoreo y/o fuego) dejaran de actuar.

ESTUDIOS SOBRE LA ESTRUCTURA Y LA PRODUCTIVIDAD NETA DE LOS PASTIZALES

En los trabajos iniciales de nuestro grupo, se obtuvieron valores de biomasa y productividad primaria neta de "flechillares" y pastizales en macolla. La biomasa de los "flechillares" clausurados estudiados por Frangi *et al.* (1980a) fue de 850 g/m², y su productividad aérea neta alcanzó los 650 g/m².año. La biomasa inicial pre-quema de un pastizal en macolla de *S. caudata* fue de 1633 g/m², y la misma se recuperó en un 41% al final del primer año, estimándose que alcanzaría los niveles de pre-quema a los dos años aproximadamente.

Estructura de la biomasa de pastizales en relación con el relieve en Sierra de la Ventana

(BARRERA Y FRANGI 1994)

En este trabajo se analizó en seis pastizales la distribución de los compartimientos vegetales aéreo y subterráneo, y la hojarasca en el invierno y la primavera (biomasa pico). Se discuten las relaciones de la estructura de la biomasa con el gradiente altitudinal, la exposición, la pendiente y otras características físicas del ambiente.

En condiciones de solana el peso seco aéreo disminuyó exponencialmente desde 400 m snm a 1.100 m snm: 1.625,3 a 345,5 g/m² en invierno y 2.798,8 g/m² a 174,6 g/m² en primavera (Fig 7. 7a). La biomasa subterránea se incrementó linealmente con la altitud: 247,3 a 852,6 g/m² en invierno y 311,6 a 1.349,3 g/m² en primavera el mismo gradiente (Fig 7. 7b).

Las comunidades de tipo en macolla (a. *Stipa caudata*, *Paspalum quadrifarium*, y *Festuca pampeana*), tuvieron menor porcentaje de biomasa subterránea con relación a la total que los pastizales bajos serranos de mayor altitud (d. *Briza subaristata*, *B. brizoides* y *Aira caryophylla*, c. *Sorghastrum pellitum* - *Stipa filiculmis*, y b. *Piptochaetium hackelii* + *P. napostaense* - *Briza subaristata*). Sin embargo los pastizales en macolla característicos de pendientes (f. *pampeana*),

tuvieron mayor porcentaje de raíces respecto de la biomasa total, y mayor cociente raíces/verde que aquellos de altitudes más bajas (*S. caudata* y *P. Quadrifarium*).

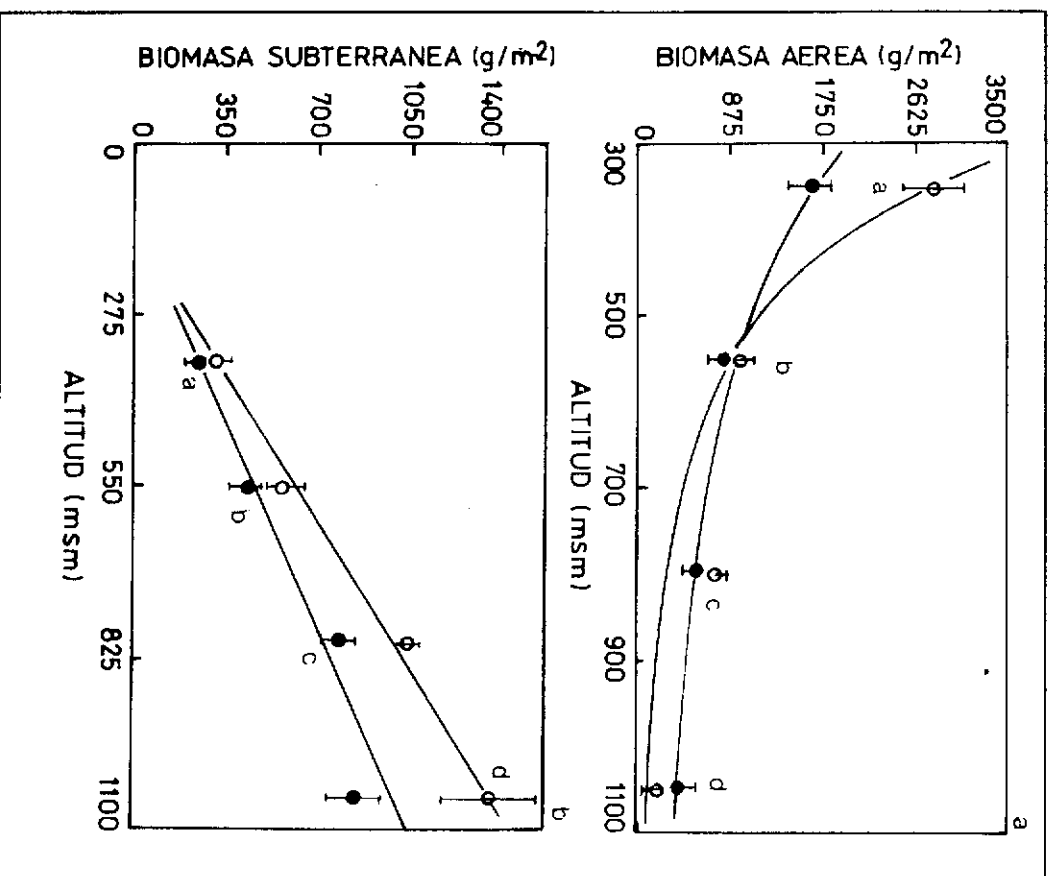


Figura 7.7. Biomasa aérea (a) y subterránea (b) a diferentes altitudes para julio (o) y diciembre (e) (media \pm error estándar) de las comunidades a, b, c, y d (ver denominación en el texto).

Los pastizales en los sitios menos soleados (*F. pampeana*), de fuertes pendientes y exposición sur, presentaron mayor biomasa total y menor cociente raíces/biomasa total que aquellos en sitios de solana a similar altitud.

Los pastizales de Sierra de la Ventana, disponen una diferente proporción en estructuras subterráneas de acuerdo a las distintas combinaciones de altitud, pendiente, exposición y tipos de suelos, las que influyen en la disponibilidad de agua y en el balance hídrico de las plantas. En condiciones más desfavorables los cocientes raíces/biomasa total son mayores. Los pastizales presentan estas tendencias de estructuración de la biomasa independientemente del tipo biológico dominante (en macolla o no). No obstante dentro de esas tendencias las proporciones características de biomasa subterránea/total o biomasa subterránea/verde de cada pastizal están vinculadas a la naturaleza del tipo biológico dominante.

La mayor proporción de biomasa radical encontrada a mayor altitud, constituye un elemento de cohesión para el suelo que aumenta su resistencia frente a los fenómenos erosivos y manifiesta el valor protector de la vegetación. Esa masa subterránea ha de ser significativa por su contribución a la materia orgánica del suelo. El uso forrajero de los pastizales serranos debería considerar esta contribución esencial a la estabilidad de los suelos por parte de los pastizales cortos.

Biomasa y productividad de pastizales de la Sierra de la Ventana a lo largo del gradiente altitudinal

(CAROLINA PÉREZ Tesis en ejecución)

Este trabajo tiene como fin estimar la biomasa y la productividad primaria neta, aérea y subterránea de pastizales de la cuenca alta del Arroyo Sauce Grande y establecer si existen diferencias de comportamiento de esas variables a lo largo de un gradiente complejo: la altitud.

El estudio se realizó en tres pastizales ubicados sobre una transecta altitudinal en la vertiente oriental del cerro El Destierro I. Los sitios clausurados de muestreo se sitúan a 1025, 850 y 550 m snm. Los dos primeros corresponden a la comunidad de *Sorghastrum pellitum* y *Stipa*

filiculmis y el tercero a un pastizal de *Piptochaetium hackelii* + *P. napostaense* y *Briza subaristata* (flechillar).

Las biomásas totales de los pastizales ubicados a 550 y 850 m snm son similares e inferiores a la del pastizal situado a 1025 m snm, sin embargo la relación aéreo:subterráneo se incrementa con la altitud. La productividad primaria neta total es similar en los tres sitios, pero la asignación de fotosimilados hacia las raíces es mayor en el sitio cercano a la cumbre que en los pastizales de menor altitud.

En los pastizales serranos se verifica que con la altitud existe una diferente partición de la biomasa y diferente asignación de fotosintetatos entre las estructuras aéreas y subterráneas. Desde el punto de vista de su uso, los pastizales de menor altitud poseen una mayor disponibilidad de forraje. La gran proporción de biomasa y productividad subterráneas, son relevantes para el suministro de materia orgánica al suelo, y la cohesión del mismo. Junto con la biomasa aérea contribuyen a reducir los riesgos de erosión en las zonas con pendientes.

Biomasa y productividad subterránea de un flechillar (450 m snm) y de un pastizal de *sorghastrum pellitum* (850 m snm) pastoreados

(WYSIECKI Y PÉREZ 1994)

La finalidad de este trabajo es estimar la biomasa y la productividad de raíces de dos pastizales naturales, pastoreados en forma semipermanente, ubicados a diferente altura en la vertiente oriental del Cerro Napostá: un flechillar (450 m snm) y un pastizal de *Sorghastrum pellitum* (850 m snm).

Se realizaron seis muestreos desde octubre de 1987 a octubre de 1988. La biomasa radical se estimó extrayendo, en cada fecha, seis cilindros de suelo a dos profundidades, 0-10 cm y 10-20 cm. Las raíces cosechadas se separaron en vivas y muertas de acuerdo a su aspecto, color y elasticidad. Las vivas se separaron en finas y gruesas tomando como límite entre ambas clases el diámetro de 1 mm. La productividad se calculó por diferencias de biomasa aplicando la fórmula de Frangi et al. (1980b).

En el flechillar, la biomasa total media anual de raíces fue 508 ± 107 g/m², concentrándose el 74 % de la misma en los primeros 10 cm de profundidad. El pico de biomasa de las raíces vivas (897 ± 202 g/m²) se detectó en la primavera. La productividad fue 364 g/m² y el crecimiento se concentró en la primavera.

En el pastizal de *Sorghastrum pellitum*, la biomasa total media anual fue 950 ± 192 g/m², concentrándose el 73 % de la misma en los 10 primeros cm de profundidad. La máxima biomasa de raíces vivas (1194 ± 147 g/m²) se registró en la primavera. La productividad fue 1252 g/m² año y el periodo de crecimiento fue otoño-inverno-primavera.

A partir de los valores de biomasa aérea de ambos pastizales estimados en un estudio simultáneo (Ricci, *com. pers.*), se determinó el cociente subterráneo/aéreo, siendo 1,8 para el flechillar y 3,3 para el pastizal de *S. pellitum*.

Existen diferencias significativas en la biomasa y la productividad subterránea de ambos pastizales. En ambos pastizales la mayor parte de la biomasa subterránea se concentró en los primeros 10 cm de profundidad (74 %), siendo en su mayoría raíces vivas finas (48 %). El periodo de producción subterránea y la masa producida aumenta con la altitud. La relación subterráneo/aéreo aumenta con la altitud, evidenciándose las distintas estrategias de los pastizales en la alocaación de la biomasa, lo que contribuye a mantener la estabilidad de los suelos serranos.

Balances de agua y nutrientes en una cuenca alta sin acción antrópica

(DASCANIO Tesis en ejecución y DASCANIO Y BLANCHI 1993)

En este trabajo se evaluaron los balances (entradas y salidas) de agua y de nutrientes en una cuenca serrana de 158 ha, protegida y cubierta por pastizales naturales con leve presión de pastoreo por herbívoros silvestres.

La concentración media de las distintas especies químicas en el agua de lluvia mostró una relación Na > Ca > K > N > P similar en las cuatro estaciones de muestreo. La tasa diaria de deposición seca presentó similar proporción relativa de los distintos elementos en todas las estaciones de muestreo uniformemente distribuidas espacial y altitudi-

nalmente en la cuenca. La precipitación manifestó la misma proporcionalidad. La deposición total de nutrientes no mostró diferencias significativas en las distintas estaciones de muestreo. Excepcionalmente se encontró mayor presencia de Na en las estaciones ubicadas a mayor altura. Del balance hidrológico anual promedio resulta que la descarga representa un 35% de la precipitación. El 65% se pierde por ET. Los nutrientes dieron un ingreso neto de Na y K, se observó un balance entre ingresos y egresos de P, y pérdidas de Ca y N. Para este último debe destacarse que no se ha tenido en cuenta la fijación microbiana del N atmosférico. No se acumuló material sedimentario en el vertedero durante el período estudiado.

Del análisis anteriormente dicho se desprende que:

- La variación interanual de las lluvias registradas en las zonas bajas se verificó también en la cuenca alta.
- Los balances de agua de las cuencas altas mostraron la variación anual no sólo de las lluvias sino de la ET real. Esta última arrojó en general valores inferiores a los derivados de modelos de amplia aplicación.
- Las cuencas con pastizal natural no disturbado son conservadoras de nutrientes críticos y, dentro del rango de crecientes observadas, en el control de la erosión.
- Las medidas de protección de las cuencas altas deben revalorizar el papel de los pastizales naturales en la conservación de los suelos serranos y la cantidad y calidad del agua.

PANORAMA ECOLOGICO DE LA SIERRA DE LA VENTANA

El paisaje regional de Sierra de la Ventana está integrado por: sierras altas y bajas, valles intraserranos, planicies y suaves pendientes periserranas. Cada una con características propias en cuanto a tipo de sustratos, vegetación, mesoclimas, aptitud de uso, y uso actual. Esas unidades de paisaje (UP) están enlazadas por un sistema de drenaje del cual, al E de la Sa. de Ventana, el Ao. Sauce Grande es el colector más

destacado. Sus aguas y las del Ao. El Divisorio han sido embalsadas en el Dique Paso de Piedras.

Resulta de interés dar una visión panorámica y sintética de dicha región, con énfasis en las relaciones entre características ecológicas de cada UP, el uso actual de las mismas, y los problemas ambientales que surgen de su uso y potencialmente de sus interrelaciones.

Se verifican propiedades ecológicas diferentes en cada una de las UP (Fig 7.8). La diversidad biológica, la heterogeneidad de sustratos y la variedad mesoclimática son mayores en las sierras altas. La profundidad de los suelos y los caudales de agua de los arroyos aumenta y, la rocosidad, pedregosidad y las pendientes disminuyen hacia las UP basales. El uso refleja las propiedades y limitaciones del terreno. Las sierras altas han sido dedicadas principalmente al uso pastoril, la conservación de la naturaleza, el turismo y la recreación. Las sierras bajas permanecen en su mayor parte como pasturas naturales. Las planicies, los valles y sectores pedemontanos se dedican a la agricultura de granos y forrajes, la ganadería sobre pasturas naturales e implantadas, y en menor medida a forestaciones ornamentales y de protección de zonas rurales y núcleos urbanos. El embalse, ubicado aguas abajo del sistema sierra-valle funciona como sumidero potencial de la cuenca. En suma, la transformación y conversión, y el grado de artificialización, aumentan desde los terrenos más altos a los bajos. Los principales problemas ambientales derivan de: (1) quemas sin prescripción, (2) sobrepastoreo y arbusificación, especialmente en las sierras, (3) erosión y aumento de nutrientes disueltos en los ríos, (4) forestaciones en pendientes fuertes, (5) fauna exótica (caballos, ciervos, palomas), aún en áreas de protección y conservación de la naturaleza, (6) invasión de especies leñosas exóticas naturalizadas (*Prunus*, *Pinus*, *Ulex*, *Spartium*), (7) la calidad de las aguas de consumo del embalse.

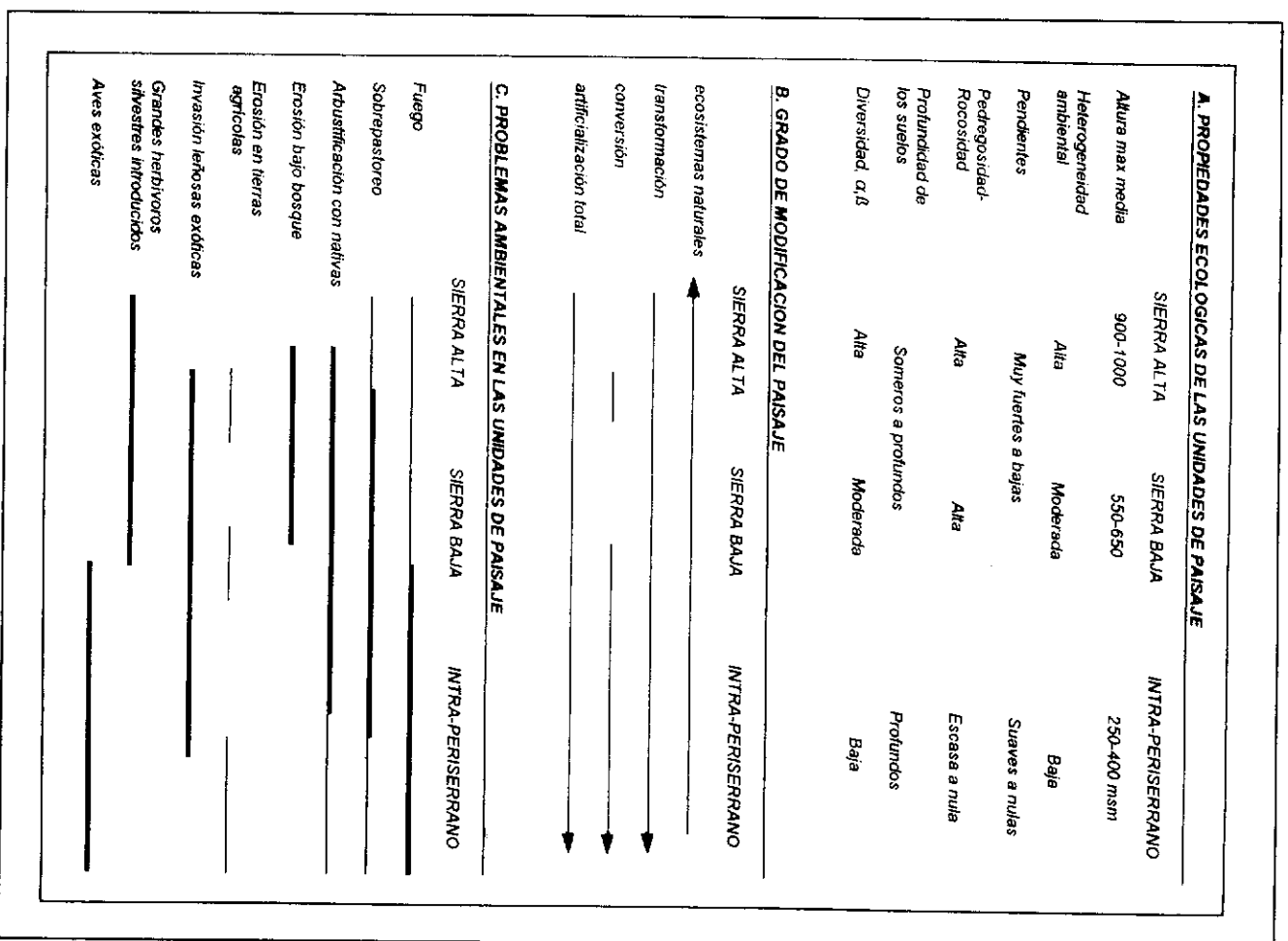


Figura 7. 8. Propiedades ecológicas, grado de modificación y problemas ambientales en las unidades de paisaje de Sierra de la Ventana.

La sectorización del uso coincide con la aptitud de la tierra. Las perturbaciones antrópicas tienen consecuencias de distinta trascendencia según el sistema y componente considerado. Los conflictos ambientales derivan de manejos inadecuados respecto del propio recurso o de recursos conexos, de las dimensiones y localización de predios, de erróneos conceptos sobre la capacidad protectora de sistemas nativos e implantados, inacciones en la gestión de tierras protegidas, falta de control en la introducción de especies, y desconocimiento de las respuestas biológicas de sistemas acuáticos artificiales y de los enlaces con ecosistemas vinculados.

Es de destacar la importancia de estas sierras en lo referente a la biodiversidad específica y comunitaria que contienen, y consecuentemente de la protección y conservación de sus ecosistemas en el mantenimiento de la calidad del agua y los suelos.

BIBLIOGRAFIA

- Alboff, N. 1895. Rapport préliminaire sur une Excursion Botanique dans la Sierra de la Ventana. *Rev. Museo de La Plata* 8: 181-185.
- Harrera, M.D. 1991. *Estudios ecológicos en las comunidades con arbustos de la Sierra de la Ventana*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. 135 págs.
- Harrera, M.D. y J.L. Frangi. 1994. Estructura de la biomasa de pastizales en Sierra de la Ventana (Buenos Aires, Argentina). *Rev. Museo de La Plata (NS)*, Botánica XIV (100): 243-263.
- Hurgos, J.A. y A. Vidal. 1951. Los Climas de la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite. *Meteoros*, Año 1 (1): 3-32.
- Labrera, A.L. 1968-1968 (ed). *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. INTA Col. CI 4, 6 vol.
- Trappanini, D., C.D. Scoppa y J.R. Vargas. 1971. Suelos de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. En: C.I.C. (ed.), *Reunión sobre la Geología de las Sierras Australes*: 203-234. Comisión de Investigaciones Científicas, La Plata.
- Usciano L.M. y G.J. Bianchi. 1993. Balances de agua y nutrientes en una cuenca alta sin acción antrópica. *Resúmenes de MEDIO AMBIENTE I Jornadas Nacionales y VI Regionales*. La Plata, noviembre 1993.
- de Wyslacki M.L. y C. Perez. 1994. Producción de raíces de los pastizales pastoreados de la Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral* 4: 95-99.

- Frangi, J.L., M.G. Ronco, N.E. Sánchez, R.L. Viccari y G.S. Rovetta. 1980a. Efecto del fuego sobre la composición florística y dinámica de la biomasa de un pastizal de Sierra de la Ventana (Buenos Aires, Argentina). *Darwiniana*: 22(4) 565-585.
- Frangi, J.L., N.E. Sánchez, M.G. Ronco, G.S. Rovetta y R.L. Viccari. 1980b. Dinámica de la biomasa y productividad primaria aérea neta de un pastizal de "flechillas" de Sierra de la Ventana (Buenos Aires, Argentina). *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 19(1-2): 203-228.
- Frangi, J.L. y O.J. Bottino. 1995. Comunidades Vegetales de la Sierra de la Ventana. *Rev. de la Facultad de Agronomía* 71 (1): 93-133.
- Galar M.M. y J.L. Frangi. 1993. Las Sierras Australes de Buenos Aires y la biodiversidad. *Resúmenes de MEDIO AMBIENTE I Jornadas Nacionales y VI Regionales*. La Plata, noviembre 1993.
- Harrington, H. 1947. Explicación de las hojas geológicas 33 m y 34 m; Sierra de Curamalal y de la Ventana, Provincia de Buenos Aires. *Dir. Minas y Geol., Boletín* 61. Buenos Aires.
- Kozarik, J.M. y F.J. Gallo. 1968. Clasificación cualitativa de la cuenca del arroyo Belisario. *Ingeniería Forestal* 1(2):4-20.
- Kristensen, M.J. 1992. *Características microclimáticas de la Sierra de la Ventana y su relación con la vegetación*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. 366 pp.
- Kristensen, M.J. 1993. Efectos del fuego sobre la estructura de pastizales naturales (Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires). *Resúmenes de MEDIO AMBIENTE I Jornadas Nacionales y VI Regionales*. La Plata, noviembre 1993.
- Kristensen M.J. y J.L. Frangi. 1995. Mesoclimas de pastizales de la Sierra de la Ventana. *Ecología Austral* 5: 55-64.
- Ricci, S.E. 1992. *Relaciones entre la vegetación y la actividad agropecuaria en el área de Sierra de la Ventana (Provincia de Buenos Aires, Argentina)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. 171 pp.
- Servicio Meteorológico Nacional (1962). Datos pluviométricos 1921-1950. *Secretaría Aeronáutica SMN Bs As Publ B1 N° 2*.
- Servicio Meteorológico Nacional (1981). Estadísticas climatológicas 1961-1970. *Secretaría Aeronáutica SMN Bs As Publ B1 N° 35* 1a edic.
- Sola de la, E.R. 1967. Composición, origen y vinculaciones de la flora pteridológica de las Sierras de Buenos Aires (Argentina). *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 11(2-3):105-128.

- Spegazzini, C. 1896. *Contribución al estudio de la Flora de la Sierra de la Ventana*. Min. Obr. Publ. Prov. Buenos Aires
- Suero, T. 1972. *Compiación geológica de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires*. LEMIT. Ser. II N° 216. La Plata.
- Tincart, J.L. 1968. *La geomorfología de la Pampa Deprimida como base para los estudios edafológicos y agronómicos*. INTA, Col. Ci. 12. Buenos Aires.
- Vargas Gil, J.R. y C.O. Scoppa. 1973. Suelos de las sierras de la Provincia de Buenos Aires. *Rev. Inv. Agrop., Ser. 3-Clima y Suelo*. 10(2):57-79.