



BOLETIN TECNICO N° 42

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE AGRONOMIA

UN CASO DE DESERTIFICACION
EN EL NORTE DE CHILE
EL ECOSISTEMA Y SU FITOCENOSIS

JUAN GASTÓ C.

DAVID CONTRERAS T.

BOLETIN TECNICO N° 42, ENERO, 1979

SANTIAGO-CHILE

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE AGRONOMIA

BOLETIN TECNICO

REPRESENTANTE LEGAL: *José Garrido R.*
DIRECTOR: *Raúl Henríquez Q.*
SUBDIRECTOR: *Hugo Faiguenbaum M.*
COMITE EDITOR: *L. Antonio Lizana M. (Presidente)*
Eduardo Alonso S.
Luciano Campos S.
Carol Müller T.
INGLES TECNICO: *Ana María Espinoza M.*
Alicia González S.

Para referencia bibliográfica, favor citar: Bol. Téc., Fac. Agron., Univ. Chile.

CONSULTORES TECNICOS: *Sergio Bonilla E.*
Sergio Lailhacar K.
Mario Peralta P.

Se ofrece canje con publicaciones científicas similares

Dirigir correspondencia a:
Comité Editor,
Facultad de Agronomía, Universidad de Chile,
Casilla 1004, Santiago - Chile

For bibliographical reference, please cite as follows: Bol. Téc., Fac. Agron., Univ. Chile.

Exchange with similar publication is offered

Mail address:
Comité Editor
Facultad de Agronomía, Universidad de Chile
Casilla 1004, Santiago - Chile

Publicación con auspicio de:
"CORPORACION PARA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS AGROPECUARIAS"
(CODECIA GRO)

financiada por UNESCO:
PROGRAMA EL HOMBRE Y LA BIOSFERA (MAB) Y LA OEA

PROLOGO

Con motivo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre desertificación realizada en Nairobi, Kenia, en agosto-septiembre de 1977, al Gobierno de Chile le cupo la responsabilidad de presentar un estudio de caso sobre desertificación. Este estudio se realizó con el apoyo de UNESCO, quien se responsabilizó de la coordinación general, y del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) que actuó como agente de enlace y coordinación a nivel nacional.

El sector elegido para el estudio del caso chileno se encuentra ubicado en la IV Región entre 31° LS y 32° LS, conformando un rectángulo de 72,5 km de longitud por 20 km de ancho, orientado SW a NE tomando como base la costa del océano Pacífico.

En la elección de este sitio existieron varias razones que justificaron la decisión debido a que queda ubicado entre el desierto de Atacama y el Llano Central regado; en diversos estudios se ha constatado que los ecosistemas naturales de este sector vienen experimentando un sostenido deterioro; además, el régimen de tenencia de la tierra y estructura social de estilo comunitario, único en el país, está incidiendo en las actividades agropecuarias y mineras. Los planes de desarrollo propuestos en el pasado se caracterizaron por rendir beneficios a corto plazo y no consultaron un esquema general con un enfoque ecosistémico, por lo cual sus resultados fueron efímeros y desalentadores. Finalmente, la situación antropológica-social constituye un factor fundamental en cualquier intento que se haga para abordar los problemas de la región involucrada en el estudio de caso.

El clima de la región es de tendencia mediterránea árida con precipitaciones invernales y períodos secos que se prolongan sobre los ocho meses. Corresponde al cinturón de altas presiones subtropicales y corrientes oceánicas, como es la corriente fría de Humboldt. La precipitación anual promedio es inferior a 150 mm, caracterizándose, además, por su gran variabilidad anual y estacional.

La topografía del terreno es accidentada, con quebradas, cerros y montañas que le dan al paisaje un aspecto de serranías. En la constitución del estrato geológico han participado varios períodos geológicos, comenzando con la evolución de los materiales rocosos en el Paleozoico a partir del Devónico, efecto que está reflejado en las terrazas marinas. Los materiales mejor representados son los granitos del Jurásico y Cretácico y las rocas volcánicas y sedimentarias del Cretácico Inferior. Se encuentran, además, rocas sedimentarias marinas con intercalaciones de rocas volcánicas del Cretácico Inferior.

Los suelos, en su mayoría, son derivados de materiales graníticos, volcánicos y sedimentarios, observándose procesos erosivos en toda la región, siendo especialmente agudos en la periferia de los asentamientos humanos. En cuanto a textura, dominan las livianas y, prácticamente, carecen de materia orgánica, estructura superficial, fertilidad natural, capacidad productiva y cobertura del elemento integrador del ecosistema, como es la vegetación.

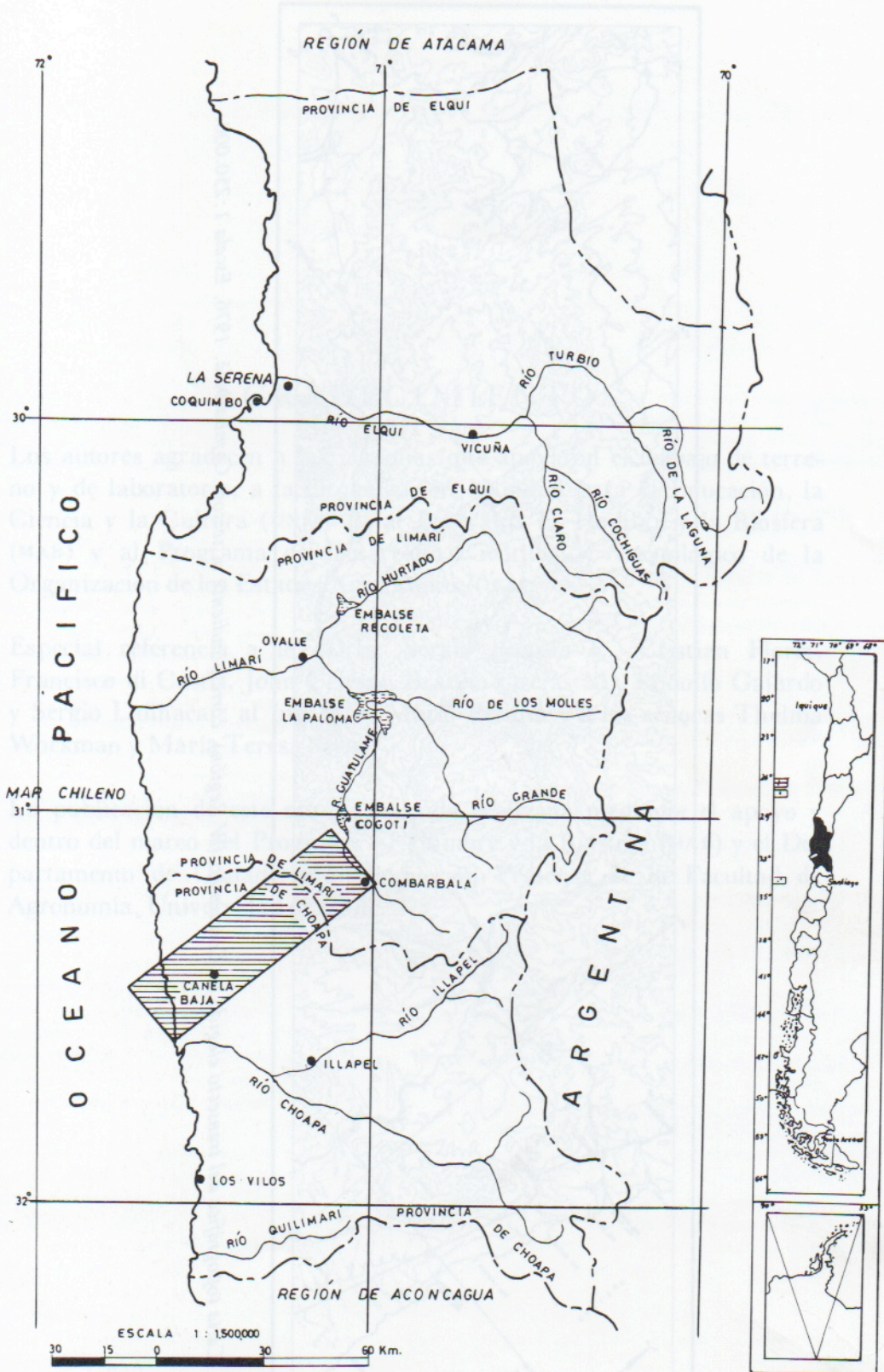
Respecto a los aspectos antropológicos, los asentamientos humanos han sufrido fluctuaciones coincidentes con los períodos de sequía que han afectado a la IV Región; pero, en general, observan un crecimiento vegetativo menor que el promedio del país, debido principalmente a la emigración sostenida de población activa, causando distorsión en la composición en cuanto a edad y sexo de los residentes y, por lo tanto, en las funciones dentro del núcleo familiar.

Una superficie considerada de los suelos de secano de la IV Región ha estado sometida a un sistema muy peculiar de tenencia de la tierra con estilo estructural comunitario, conocido como "comunidades", que no es independiente del grado de deterioro de los ecosistemas naturales donde aquéllas se encuentran enclavadas.

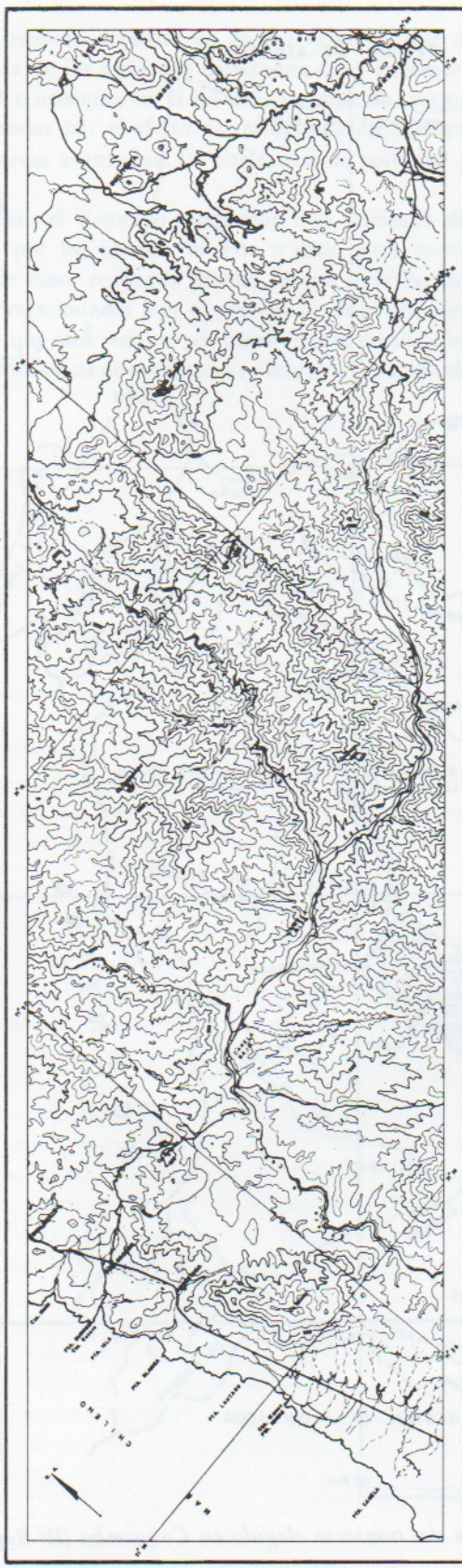
La vegetación a menudo presenta un escenario deplorable de deterioro y destrucción, al extremo que de muchas de las unidades detectadas en el presente estudio no existen relictos de su estado climácico. El ecosistema en sí ha sido incapaz de restituirse a través de las progresiones ecosistémicas, originadas por el efecto de retrogradación antrópico sostenido que lo han conducido a etapas degradativas avanzadas, las cuales son de potencial productivo bajo y de menor canalización antrópica.

Siendo la vegetación el elemento integrador más relevante del ecosistema, se ha aprovechado el estudio realizado por los autores de este trabajo para entregar la información recogida con motivo del estudio de caso, realizado por un equipo interdisciplinario, en el cual se incluía, además, otros aspectos relacionados con el proceso de desertificación. Este es un primer paso de un estudio generalizado que será seguido por otros de más detalle e intensidad que vendrán a respaldar las soluciones a los problemas de ecosistemas naturales del árido chileno.

REGIÓN DE COQUIMBO
(IV REGIÓN)



Mapa de ubicación del transecto elegido en Coquimbo (IV Región) 1976.



Carta topográfica del transecto elegido en Coquimbo (IV Región), correspondiente al sector *Combarbalá*. 1976. Escala 1:250.000.

UN CASO DE DESERTIFICACION EN EL NORTE DE CHILE EL ECOSISTEMA Y SU FITOGENESIS

COPIA FOTOGRAFADA

SUMMARY

In August, 1977 the United Nations convened the World Conference on Desertification with the object of analyzing the complex phenomenon which is affecting various parts of the world.

RESUMEN

Los Países Unidos convocaron en agosto de 1977 a la Conferencia Mundial sobre Desertificación para analizar este complejo fenómeno que está afectando a diversas partes del mundo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las personas que apoyaron el trabajo de terreno y de laboratorio, a la Organización Mundial para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); al Programa El Hombre y la Biosfera (MAB) y al Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Especial referencia a los Dres. Sergio Bonilla E., Cristian Floret, Francisco di Castri, John Celesia, Braulio Orejas M., Rodolfo Gajardo y Sergio Lailhacar; al Ing. Agr. Mario Peralta y a las señoras Thelma Workman y María Teresa Serra.

La publicación de este estudio ha sido realizada mediante el apoyo y dentro del marco del Programa El Hombre y la Biosfera (MAB) y el Departamento de Ganadería y Producción Pratense de la Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

Recepción de manuscrito: 14 de junio de 1977.
Ing. Agr. M. D. prof. Lailhacar, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile, Casilla 109, Santiago. Actualmente en Exp. de Agronomía, Univ. Católica de Chile, Santiago.
Ing. Agr. M. D. prof. Peralta, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile.

CONTENIDO

Introducción	10
Unidades de paisaje	18
Dunas litorales	18
Terrazas litorales	21
Vertiente occidental de los cerros litorales	32
Vertiente oriental de los cerros litorales	42
Lomajes graníticos occidentales	47
Serranías de Canela de Mincha	49
Llanos occidentales	53
Llano interior	60
Piedmont del llano interior	66
Valles y quebradas	69
Serranía interior	81
Manejo y utilización del recurso	92
Bibliografía	98

UN CASO DE DESERTIFICACION EN EL NORTE DE CHILE EL ECOSISTEMA Y SU FITOCENOSIS

Juan Gastó C.¹ y David Contreras T.²

Depto. de Ganadería y Producción Pratense

SUMMARY

In August, 1977 the United Nations convened the World Conference on Desertification with the object of analyzing the complex phenomenon which is affecting various natural ecosystems in the world.

Chile presented a case study with the support and coordination of UNESCO within the framework of its Programme on Man and the Biosphere (MAB) and the Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) which, at a national level, played the role of coordinator.

This study presents the data obtained regarding the present state of some Chile's Norte Chico natural ecosystems, defining ten units or sites: coastall dunes, western springs of the litoral hills, eastern springs of the littoral hills, marine terraces, western granitic slopes, mountain ridges of CANELA and MINCHA, western plains, valleys and passes, eastern plains and inland mountain ridges. In addition, the degree of ecosystemic deterioration is established and alternatives are proposed to enable its improvement considering for each unit the characteristics of the state and climax, as well as regressive and progressive transformations.

Generally speaking, it can be asserted that the process of intensive utilization and mismanagement of natural resources, specially during the past two hundred years, has resulted in degraded and lower successional states of climax in most of the areas under study; in addition, there are relicts with a lower degree of anthropic interference which enable establishing the sequence of state changes and facilitates tracing the complete successional process.

Based on the singenetic theory of the ecosystem transformation algorithms have been designed to revert the trend of the process and to generate successional progresions conducive to more stable and productive disclimaxes of greater anthropic benefit. If this equilibrium are achieved, it would be possible to optimize the utilization of the limited precipitation and to minimize the negative effects of the annual variations.

As a prerequisite to the transformation of these natural ecosystems, there should be a conceptual frame to enable designing the fundamentals of change. Therefore, it was necessary to define the state of the ecosystem which was to be changed and to choose among the possible states those of greater anthropic interest.

Recepción de originales: 10 de junio de 1977.

¹Ing. Agr., Ph. D., prof. Ecología, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile. Casilla 1004, Santiago. Actualmente en Fac. de Agronomía, Univ. Católica de Chile, Santiago.

²Ing. Agr., M.S. prof. Forrajeras, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile.

RESUMEN

Las Naciones Unidas convocaron en agosto de 1977 a la Conferencia Mundial sobre Desertificación para analizar este complejo fenómeno que está afectando a diversos ecosistemas naturales del globo.

A Chile le cupo presentar un estudio de caso realizado con el apoyo y coordinación de UNESCO a través del Programa El Hombre y la Biosfera (MAB) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) que actuó como agente de enlace a nivel nacional.

En este estudio se presentan los resultados obtenidos en el transecto elegido referente al estado actual de los ecosistemas naturales, determinándose diez unidades de paisajes: dunas litorales, vertientes occidental de los cerros litorales, vertientes oriental de los cerros litorales, terrazas marinas, lomajes graníticos occidentales, serranías de Canela y Mincha, llanos occidentales, valles y quebradas, llano interior y serranía interior. Se establece, además, el grado de deterioro ecostémico y se proponen alternativas que permiten conducir a su mejoramiento planteándose para cada unidad los atributos del estado y los climax, transformaciones regresivas y progresivas.

Se puede generalizar, afirmándose que el proceso intensivo de utilización y mal manejo de los recursos naturales, especialmente en los últimos doscientos años, ha conducido a estados sucesionales inferiores al climax en la mayoría de los sectores estudiados; además, existen relictos con menor grado de intervención antrópica que permiten establecer la secuencia de cambio de estado y plantear el proceso sucesional completo.

Basado en la teoría singenética del ecosistema, se han planteado algoritmos de transformación para invertir la tendencia del proceso y generar progresiones sucesionales conducentes a alcanzar disclímaxes más estables, productivos y de mayor canalización antrópica. Alcanzando esos estados de equilibrio y metaequilibrio, se lograría optimizar la eficiencia de utilización de la escasa precipitación y minimizar el efecto negativo de las variaciones anuales.

Como requisito previo a la transformación de estos ecosistemas naturales se debe tener un marco conceptual que permita plantear los fundamentos del cambio. Por lo tanto, se hizo necesario definir el estado del ecosistema que se pretende transformar y elegir entre los posibles estados aquellos de mayor interés antrópico.

Desde el punto de vista histórico, no es aventurado afirmar que, probablemente, más civilizaciones y culturas han desaparecido por el castigo infligido por los hombres a su propia tierra que por los invasores extranjeros en guerras de exterminio.

R. ELIZALDE MACCLURE, 1970

INTRODUCCION

La influencia modificadora del hombre sobre los ecosistemas naturales se genera desde el momento mismo en que éste o su acción arriban a un ecosistema. El hombre primitivo u hombre-animal logró establecer relaciones relativamente estables con su medio. Su rango de acción y su desarrollo tecnológico no le permitían cosechar integralmente la biocenosis, sinusia o población, debido al excesivo incremento del costo ecológico de cosecha. Estaba capacitado solamente, para retirar una parte de la biomasa y productividad del ecosistema y, posiblemente, alterar el equilibrio de la población afectada dentro de márgenes muy restringidos. Independientemente de la acción modificadora del hombre, que sólo ha tenido incidencia marcada durante los últimos siglos, se tiene las modificaciones florísticas y ecosistémicas ocurridas debido a la acción de las glaciaciones durante el último millón de años (Sparre, 1956).

La simplificación de los biomas terrestres y sus transformaciones en sistemas agrícolas contribuye a la destrucción y a la aislación entre los sistemas terrestres y acuáticos, entre las biomas altas y bajas y entre el río y el estuario. La tendencia evolutiva predominante durante los últimos milenios, hacia la construcción de ecosistemas complejos, integrales y estables, ha sido invertida con la agricultura (Woodwell, 1970). El cambio más obvio es la composición botánica y faunística, tanto en los aspectos cualitativos como cuantitativos (Curtis, 1956).

El desarrollo tecnológico del hombre, unido a una presión poblacional cada día mayor, lo obligó a transformar intensamente, y en forma directa o indirecta, los recursos naturales a su alrededor, incluyendo los elementos más pequeños, como ocurre con la fauna edáfica (Covarrubias, Rubio y di Castri, 1964). El objetivo primordial de la transformación de los ecosistemas de este sector ha sido tradicionalmente el beneficio

directo e inmediato del hombre, cual es, su cosecha y utilización (Figura 1). Las consideraciones del efecto a largo plazo no han sido, generalmente, de gran importancia porque, hasta muy recientemente, se consideraba que los recursos naturales eran inagotables. El explotador primitivo no se preocupa de la posibilidad de hacer una segunda cosecha, o de la cosecha continuada del ecosistema (Curtis, 1956).

El proceso de transformación consta de cuatro etapas básicas, dos de las cuales son de eliminación parcial o total de algunos atributos del ecosistema original, seguido de otras dos etapas de construcción del nuevo ecosistema (Candia *et al.*, 1976). En algunos casos, los beneficios antropogénicos han derivado de la destrucción del ecosistema original, como ocurre en la cosecha de los bosques naturales y de la fauna; en otros, en cambio, los beneficios se originan de la construcción y funcionamiento del nuevo modelo arquitectónico de ecosistema (Gastó, 1976).

La acción modificadora del hombre contemporáneo sobre las comunidades naturales de árboles y praderas pueden ser separadas en dos categorías de procesos (Curtis, 1956). La primera, ocurre en áreas periféricas, donde se establecen comunidades humanas que avanzan desde los principales centros poblacionales. Las razones de la existencia de poblaciones periféricas, puede deberse a comunidades antropogénicas en expansión, que no han tenido suficiente tiempo para colonizar toda el área. La otra causa del periferismo de la población puede ser la severidad del medio, de montaña, desierto u otro que impida una mayor concentración humana, como sucede en los villorrios de Canela de la IV Región de Chile, tales como Soruco, Canela Alta, Canela Baja y Angostura. La segunda categoría del proceso origina la utilización inten-



Figura 1.
Aspecto de un valle de la
región de la Serranía In-
terior con los rasgos gene-
rales de transformación
por el cultivo, ganadería y
extracción de leña, en el
sector de Junquillar.



Figura 2.
Población periférica de
Angostura. (2º plano).

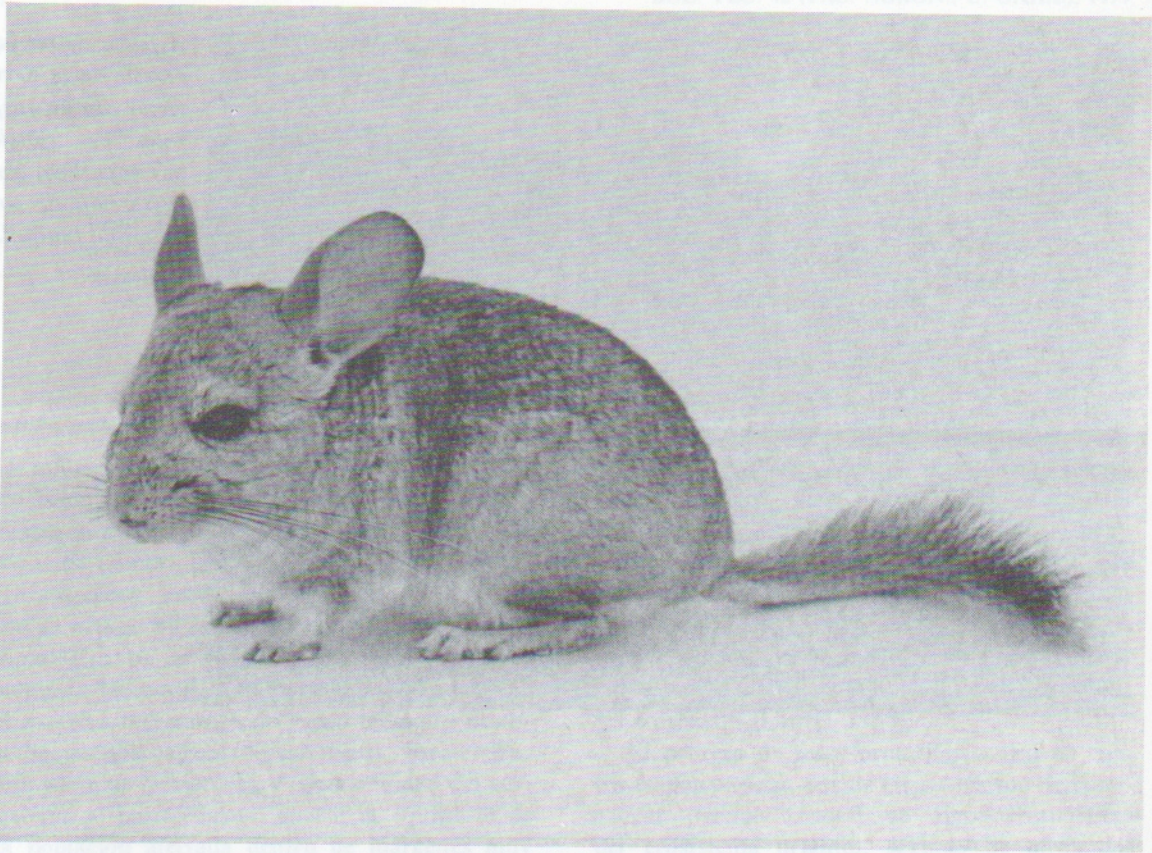


Figura 3.

Chinchilla laniger, especie pelífera nativa de la región, apreciada por su pelaje de alto valor.

siva de la tierra en actividades silvi-agropecuarias y de urbanismo, en regiones altamente pobladas, donde se concluye frecuentemente en la sobreutilización del recurso natural con el consecuente daño de éste, tal como ocurre en la mayor parte del sector estudiado (Figura 2).

Frecuentemente, el objetivo del hombre en áreas periféricas no ha sido transformar el ecosistema, sino retirar el producto cosechable. La transformación del ecosistema, en este caso, es sólo un resultado accidental de la cosecha selectiva de algunos elementos del sistema. Debe distinguirse esta transformación casual del ecosistema que, a menudo, conduce a resultados desastrosos, de las transformaciones intencionadas (Gastó y Contreras, 1972; Wright, 1963).

En la transformación intencionada, el objetivo ha sido generalmente mejorar la productividad del ecosistema o su canalización hacia el hombre. No siempre el resultado de su transformación ha sido concordante con los objetivos; a menudo, la productividad de los recursos de canalización

antropogénica, y la estabilidad del nuevo ecosistema han resultado inferiores al modelo original.

En las áreas periféricas a los centros poblados principales, el aumento de la intensidad de utilización en espacio o en tiempo, hace que las acciones originales de efecto insignificante sobre la biocenosis y ecosistemas, se transformen gradualmente, en una operación inversa, que tiendan a favorecer a algunas especies y eliminar a otras (Curtis, 1956).

Comúnmente, los primeros productos cosechados de la naturaleza, en regiones periféricas, son miembros del reino animal, debido a su alto valor específico (Figura 3). Este efecto del hombre no fue inicialmente en exceso detrimento, pues corresponde, a menudo, a variaciones poblacionales inferiores a las fluctuaciones naturales (Curtis, 1956). De mayor importancia, según ese autor, es la cosecha selectiva de las especies vegetales más valiosas para construcciones habitacionales, de mobiliario, cercas, minería, leña, carbón y otras (Figura 4). El efecto sobre la



Figura 4.
Cosecha intensiva y persistente de *Acacia caven* en el Llano Interior como fuente de combustible, madera, cercas y ramoneo, (a) plantas cortadas. (b) ramas, troncos y raíces cosechados para leña y carbón.



Figura 5.
Ecosistema de piedmont
del Llano Interior, en las
cercanías de Quilitapia,
deteriorado por la acción
combinada de sobrepasto-
reo, cultivo y cosecha de
leña.



fitocenosis, en estos casos, es aún mayor cuando la especie se desarrolla en poblaciones puras.

La transformación de ecosistemas naturales ha sido intensiva en los ecotopos de baja capacidad productiva, pero con alta capacidad de almacenamiento de biomasa y fertilidad. La destrucción de la biocenosis natural permite utilizar la biomasa y fertilidad acumulada durante períodos prolongados, construyendo modelos de ecosistemas, como ocurre con los cultivos, que pueden consumir o impedir la conservación de los recursos naturales, especialmente del componente abiótico del ecosistema. Finalmente, luego de un corto período de utilización el modelo silviagropecuario diseñado para la mayor parte de los ecosistemas de la región estudiada, termina por autodestruirse (Figura 5), al igual que en otras regiones mediterráneas del Viejo Mundo (Cornelius, 1962).

En un trabajo de esta naturaleza, no es posible limitarse a la simple descripción de los ecosistemas en su estado actual y proponer soluciones para su mejoramiento. Cualquier solución que se proponga debe estar sólidamente respaldada por principios y leyes ecológicas de aplicación universal. La teoría singenética establece una secuencia ordenada de cambios en los componentes bióticos y abióticos que conducen a la

destrucción o a alguna etapa intermedia, en el caso que la dirección de los cambios sea la retrogradación. En caso contrario, cuando la acción sobre el medio invierte la dirección del proceso, la transformación del ecosistema implica estados sucesivos de progresión, que tienden a aproximarse al clímax o a etapas intermedias que pueden ser de alta productividad, canalización antropogénica y estabilidad.

La reconstitución de la secuencia sucesional permite llegar a establecer, basándose en evidencias ecológicas fragmentarias, hipótesis singenéticas donde se plantee la dirección, etapas, procesos, tiempo, causa y otros atributos de estos cambios. La calidad y frecuencia de las evidencias que se ha dispuesto para este trabajo son, en algunos casos, reducidas, por lo cual las posibilidades de certeza no son excesivamente altas. En otros ecosistemas de la región estudiada existe suficiente evidencia para establecer hipótesis que presentan una mayor probabilidad de certeza. En general, el proceso de destrucción intensiva de los recursos naturales de esta región ha sido sectorizado y relativamente breve, ya que no sobrepasa los doscientos años. En la mayoría de los casos, los sectores deteriorados se encuentran en forma contigua a relictos con menor grado de intervención antropogénica, lo cual permite

establecer una secuencia de cambios y describir el proceso singenético completo (Olivares y Gastó, 1971; González, 1975).

Los ecosistemas potenciales u originales de cada una de las unidades de paisaje se presentan, por lo tanto, en forma hipotética. El objetivo de esta presentación es comparar el estado original del ecosistema con el estado actual y establecer el grado de deterioro o desertificación en que se encuentra. Es posible, además, haciendo uso de la teoría singenética del ecosistema, elaborar algoritmos de transformación, que permitan a la larga invertir el proceso destructivo y generar progresiones sucesionales que conduzcan a climaxes más estables, productivos y de mayor canalización antropogénica, donde la eficiencia de utilización de los limitados recursos precipitacionales se optimicen y donde las influencias negativas de las variaciones anuales de las precipitaciones se minimicen, generándose unidades ecológicas que, desde un punto de vista antropogénico, sean del máximo interés y beneficio sostenido para las generaciones actuales y futuras.

En ciencia silviagropecuaria, como requisito previo a la transformación del ecosistema en sí, se debe tener un marco conceptual que permita plantear los fundamentos del cambio. Dentro de este marco conceptual debe definirse con la mayor precisión al ecosistema origen que se pretende transformar. Una vez definido el ecosistema

origen a través de un examen, se requiere determinar su estado y elegir dentro de todas las posibles de óptimo, aquel estado que sea de mayor conveniencia antropogénica (Armijo, Nava y Gastó, 1976).

El algoritmo de transformación es una representación analógica del proceso real que permite penetrar dentro del dominio de la previsión de eventos, lo cual es uno de los objetivos fundamentales de la ciencia. Mediante lo anterior, es posible simular una amplia gama de posibilidades de transformación de ecosistemas y elegir aquella más próxima al óptimo.

En la práctica, es necesario ejecutar el algoritmo analógico de manera tal que se provoque el cambio de estado del ecosistema origen, dirigido hacia su estado meta u óptimo. Esta operación involucra la aplicación de energía y materia, siguiéndose alguna estrategia definida previamente en el algoritmo. El concepto operacional de transformación involucra la aplicación de ciertos trabajos regidos por una estrategia definida, de tal manera que provoque el cambio de estado programado.

El análisis de los signos considerados en la presente investigación permite dividir el sector en estudio (Rodríguez, 1959-1960) de acuerdo a sus características ecotópicas (Hills, 1961) en las zonas que aparecen en las figuras 6 y 7.

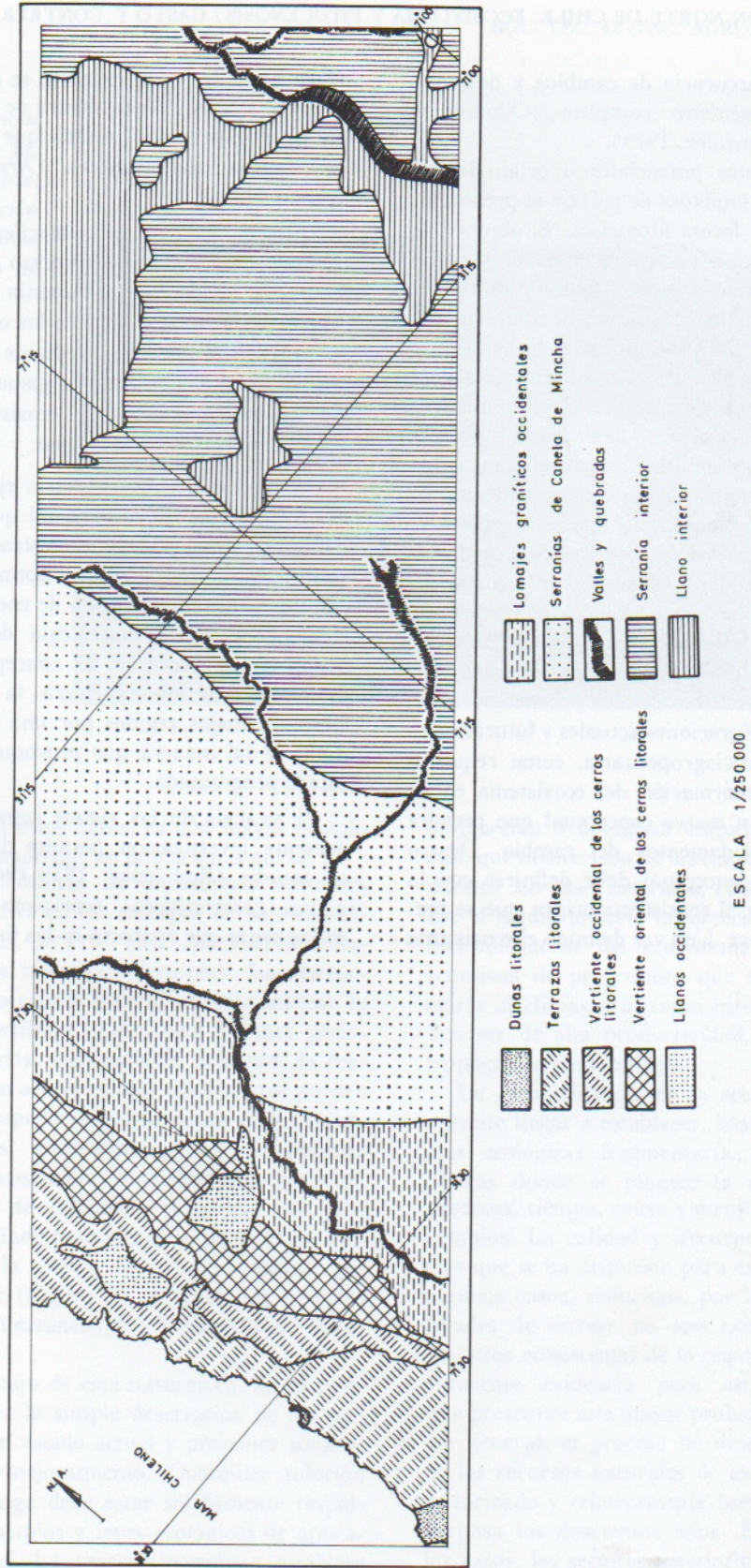


Figura 6.
 Carta de unidades ecológicas y de paisaje. Sector de Combarbalá, 1976.

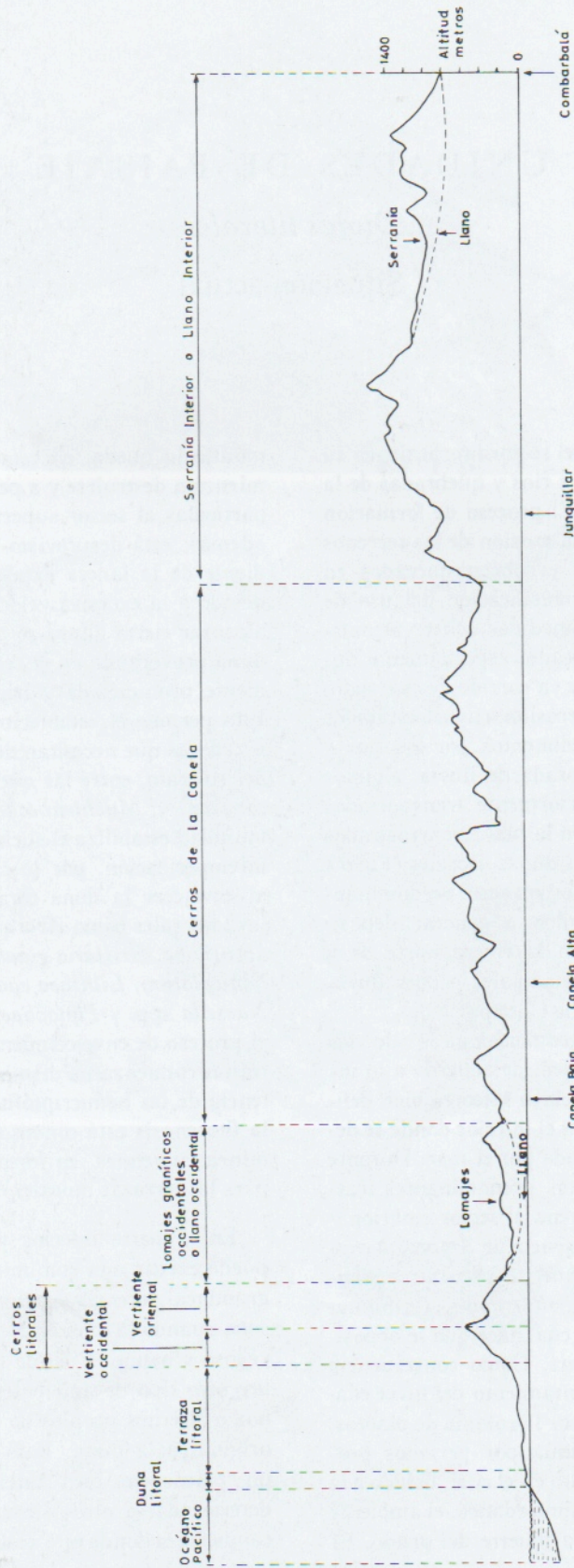


Figura 7.
Perfil generalizado de las unidades de paisaje. Sector de Combarbalá, 1976.

UNIDADES DE PAISAJE

Dunas litorales

Situación actual

Los depósitos de arena del sector litoral tienen su origen en el acarreo de los ríos y quebradas de la región de las serranías. El proceso de formación de la duna se inicia con la erosión de los terrenos cultivados, desmontados y sobrepastoreados en el sector interior. La intensificación del uso de la tierra, sin tomar las medidas conservacionistas adecuadas, ha provocado, especialmente durante el siglo XIX y lo que va corrido de este siglo, un proceso acelerado de erosión, cuyos resultados son el acarreo de los sedimentos por los ríos y esteros durante la temporada de lluvia, algunos de los cuales son posteriormente transportados por el mar, depositados en la playa, y arrastrados por el viento formando las dunas litorales (Figura 8). La acción de los vientos suroeste predominantes (Börgel, 1963), tienden a generar depósitos de mayor tamaño en la ribera norte de la desembocadura de los principales cauces fluviales, especialmente el del río Choapa.

Las características geomorfológicas de las dunas litorales corresponden, de acuerdo a lo indicado en la Figura 9, a cinco sectores bien definidos. El sector de playa es el inferior donde se deposita la arena transportada por el mar. Durante la estación seca los vientos predominantes trasladan las partículas de arena al sector embrionario donde, debido a la presencia de *Ambrosia chamissonis*, *Carpobrotus chilensis*, *Cristaria glaucophylla* y *Sphaeralcea obtusiloba*, disminuye la velocidad del viento, lo cual hace que se depositen las partículas de arena. Como consecuencia de ello se provoca el levantamiento del nivel edáfico en el sector ocupado por la colonia de plantas. Este levantamiento continúa por períodos prolongados hasta un momento en el cual, debido a la elevación y cambio en el clima edáfico, el ambiente se aridifica, provocando la muerte del grupo. El

montículo queda, en esta forma, inestable y comienza a destruirse y a permitir el traslado de las partículas al sector superior de la duna, el cual, además, está desprovisto de vegetación. La pendiente de la ladera expuesta al viento es suave, debido a la excesiva velocidad del barlovento. Al alcanzar cierta altura se produce la cumbre de la duna provocando en el sector protegido una pendiente pronunciada y baja velocidad del viento. Ello permite el establecimiento de especies colonizadoras que necesitan de una mayor estabilidad del sustrato, entre las que predominan *Baccharis concava* y *Muehlenbeckia hastulata*. Esta comunidad estabiliza el suelo y acelera el proceso de intemperización, por lo cual pasado un tiempo, al envejecer la duna otras especies empiezan a invadir, tales como *Azara celastrina*, *Sphaeralcea obtusiloba*, *Cristaria glaucophylla*, *Chenopodium paniculatum*, *Lithraea caustica*, *Colletia spinosa*, *Nassella* spp. y *Piptochaetium* spp. Al continuar el proceso de envejecimiento de la duna, las fanerófitas comienzan a disminuir debido a la competencia de las hemicriptófitas; en la etapa climax, la fitocenosis está constituida solamente por gramíneas perennes, en forma similar a lo descrito para las terrazas litorales en su etapa climácica.

En la parte inferior y posterior de la duna puede existir una comunidad dominada por una gramínea perenne y rizomatoza, *Distichlis spicata*, cuando la duna se ha depositado sobre suelo vegoso y salino. Cuando la duna se deposita sobre otro tipo de ambientes, se forman los ecotonos o alternos propios de la transición del medio original a la duna. Bajo la duna puede existir un paleosuelo bien desarrollado, una terraza deteriorada, u otros sustratos, de acuerdo a las condiciones donde ésta se depositó.



Figura 8.

Proceso sucesional natural y antropogénico de la duna litoral. La fotografía superior presenta la primera etapa sucesional natural donde la duna se estabiliza por la colonización de poblaciones de *Carpobrotus chilensis*, *Ambrosia chamissonis*, *Sphaeralcea obtusiloba* y *Cristaria glaucophylla*. Las fotos intermedia e inferior presentan etapas más avanzadas debido a la plantación artificial de *Ammophylla arenaria*.

En su alimento, los
que corresponden
manente y aislada
durante la época de
de la cañcha, en el
pasado. El sistema
de. Combinado con
de a una retrogra-
necesariamente, de
al cabo de un tiempo
en el cual los cercos
borando hasta que

esta rotación eran
de cuanto a caracte-
rísticas (Albrecht, 1956)
el cambio del lugar
de han permanecido
dejado, mayor de
de la introducción a
curso natural no in-
tervenciones realizado en
de no existen sectores
por lo cual, las tie-
ras en su localidad en
en el pasado.

de descanso entre
ción de la estructura
pasa los veinte a
abandonados luego
de son invadidos al
largo, por cercos
(no cercos) que
de la vegetación
esta está dominada

Clímax

Por tratarse de una comunidad en etapas sucesionales progresivas, provocadas por un proceso de erosión por cultivo y sobrepastoreo, es de iniciación reciente, no existiendo originalmente un estado de clímax.

Para acelerar el proceso de evolución de la duna es posible establecer artificialmente *Ammophylla arenaria*. Se logra, en esta forma, reducir el

movimiento de las partículas mejorando las condiciones para el establecimiento y desarrollo de especies de mayor biomasa, propias de las etapas sucesionales posteriores. Estas poblaciones son los agentes causales del proceso acelerado de génesis del suelo, creando simultáneamente condiciones de hábitat favorables para el desarrollo de las biocenosis propias de las etapas sucesionales avanzadas.

Terrazas litorales

Situación actual

La fitocenosis dominante en los sectores de terrazas litorales de Huentelauquén corresponde, en las áreas más deterioradas, a comunidades monoestratificadas dominadas por terófitas de escaso desarrollo, entre las que predominan especies del género *Plantago*. Comúnmente, se presenta con alta frecuencia, poblaciones de una especie hemcriptófito, *Dichondra repens*. Estas comunidades se encuentran en ambientes deteriorados por araduras periódicas que permite mantener erradicadas a las especies leñosas. La periodicidad del laboreo del suelo para el cultivo incrementa el riesgo de erosión con lo cual se genera el proceso de retrogradación del ecotopo con la consiguiente disminución de las especies animales más exigentes. Durante los años favorables, desde el punto de vista precipitacional, estos sectores son cultivados con cereales y luego abandonados, período en el cual son utilizados por el ganado menor, especialmente caprinos.

La productividad de granos es baja, alcanzando a producir hasta diez o veinte veces la cantidad de semilla sembrada. Lo más frecuente, sin embargo, son productividades que fluctúan entre 1:5 y 1:0, siendo la dosis de siembras entre 40 y 80 kg/ha. En los años excepcionales, se ha reportado coeficientes de multiplicación de 1:40, e incluso mayores. La frecuencia de años en que se obtiene rendimientos que superan el triple de la semilla sembrada es pequeña, por lo cual son consideradas como tierras marginales para el cereal (Workman y Hooper, 1968).

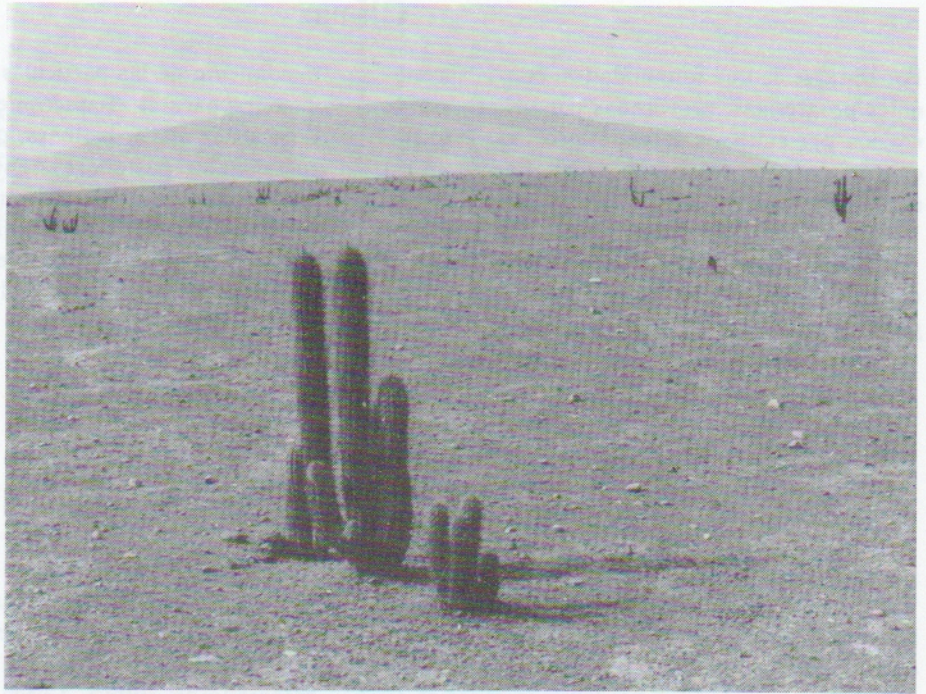
Dado el alto costo de la construcción de cercos y el sistema pastoral libre, donde el ganado deam-

bula diariamente en busca de su alimento, los sectores destinados a los cultivos corresponden a áreas cercadas en forma permanente y aisladas de la mantención del ganado durante la época de desarrollo del cultivo. Luego de la cosecha, estos sectores son utilizados por el ganado. El sistema de rotación de cultivo y rezago, combinado con la utilización pastoral conduce a una retrogradación del ecosistema y, consecuentemente, de la productividad del cereal. Al cabo de un tiempo el sector se abandona, período en el cual los cercos se van gradualmente deteriorando hasta que terminan por desaparecer.

Los suelos utilizados en esta rotación eran originalmente los mejores, en cuanto a características físicas y de fertilidad (Albrecht, 1956). La pérdida del suelo significa el cambio del lugar del cultivo a otros sectores que han permanecido abandonados por un largo período, mayor de veinte años, o bien, son de reciente introducción a la agricultura, a partir del recurso natural no intervenido previamente. El muestreo realizado en este sector permite concluir que no existen sectores no intervenidos previamente, por lo cual, las tierras cultivadas se encuentran en su totalidad en sectores que fueron cultivados en el pasado.

Con frecuencia, el período de descanso entre cultivos, luego de la degradación de la estructura y fertilidad del suelo, sobrepasa los veinte a cuarenta años. Los sectores abandonados luego de su destrucción por el cultivo son invadidos al transcurrir un período prolongado, por cactáceas columnares (*Trichocereus chilensis*) que constituyen la estrata dominante de la vegetación. La comunidad más característica está dominada

Figura 10.
*Aspecto general del ecosistema de Terraza Litoral utilizado para pastoreo, cultivo de cereales y luego abandonado. La fotografía superior muestra la vegetación dominante de *Trichocereus chilensis*; y la inferior el pavimento de erosión de este ecosistema.*



por la cactácea en la estrata superior de nanofanerófitas, constituyendo un horizonte discontinuo de densidad muy baja, generalmente no sobrepasando los diez a cincuenta ejemplares por hectárea (Figura 10).

Las estratas de nanofanerófitas contienen poblaciones ralas de *Cassia coquimbensis*, *C. acuta*, *Bahia ambrosioides*, *Chorizante* sp., *Nolana* sp. y otras. Entre las caméfitas sobresale *Margyricarpus setosus*. Entre las hemicriptófitas se encuentran ejemplares aislados de los géneros *Nassella Piptochaetium*, *Dichondra*, *Trifolium* y otras.

Todas las especies mencionadas tienen en común una alta resistencia al sobrepastoreo, ya sea por su palatabilidad escasa o nula o por mecanismos de protección, especialmente espinas. La estrata de terófitas es una de las más importantes por su densidad y ajuste a los años con precipitaciones más favorables. Las especies que le constituyen, sin embargo, expresan un deterioro manifiesto del ecosistema, una condición pratense pésima y, consecuentemente, una baja producción,

incluso en años favorables. Dado el alto grado de deterioro de la pradera, la tendencia de la condición es estable (Figura 11).

Algunos sectores de terrazas recubiertas por dunas antiguas se encuentran en la actualidad cubiertos por una fitocenosis monoestratificada y monoespecífica de *Atriplex semibaccata*. Esta especie fue introducida a fines del siglo pasado desde Australia y se encuentra en forma natural en este sector. Las comunidades puras, a que se ha hecho referencia en este párrafo, corresponden, sin embargo, a sectores sembrados artificialmente, cercados y manejados como pastoreo rotativo (Figura 12). Su vigor es alto y su productividad es mayor que la de los otros ecosistemas descritos para este sector, donde el suelo se encuentra deteriorado. Las praderas de *Atriplex semibaccata* se encuentran establecidas en terrazas o en dunas antiguas, donde la profundidad del suelo es mayor, la capacidad de retención de humedad y de infiltración es favorable y las condiciones para el establecimiento y desarrollo de fitocenosis mejoradas son más favorables (Lailhacar, 1962 y 1966; Kartzov y Lailhacar, 1965).

Origen climácico

El clímax correspondiente a la terraza litoral es el de la fitocenosis monoestratificada de gramíneas perennes, dominada por especies de los géneros *Hordeum*, *Nassella Piptochaetium* y otros, que en la actualidad, sólo se encuentran en forma relictual. El uso original del pastizal correspondía al pastoreo directo de camélidos silvestres, especialmente guanacos, que la utilizaban en forma estacional como internada. Esta modalidad de uso permitió mantener intensidades de utilización liviana o moderada y conservar, en esta forma, una biomasa relativamente alta de las hemicriptófitas aludidas, que por ser de baja palatabilidad son capaces de conservar el ecotopo sin deteriorarse. La biomasa, unido al sistema radical fibroso, a la diversidad de tejidos y a la baja palatabilidad permitía mantener el ecosistema altamente productivo y estabilizado.

En las quebradas y en los sectores alterados por los mamíferos pequeños excavadores y otros grupos de animales y agentes destructivos, existían algunas especies de otras formas vitales

subordinadas a las hemicriptófitas. La utilización de la fitocenosis por camélidos domésticos, en las cercanías de las aguadas, inició el proceso de degradación, donde continuaron dominando las hemicriptófitas. La baja densidad ganadera de la zona, en ese entonces, hace pensar que no hubo una degradación generalizada del pastizal clímax, pues la masa ganadera era muy pequeña. Esta afirmación se basa en el hecho que la población humana en la provincia de Coquimbo, a la llegada de los colonizadores hispanos era sólo de 15.000 personas, reduciéndose a 5.000, unos años después del descubrimiento de la región. Se sabe, además, que cada familia disponía solamente de 2 a 3 camélidos domésticos en los alrededores del sector cercado junto a la casa (Encina, 1940-1952 y Correa, 1938); no había grandes rebaños de ganado. Los camélidos silvestres, especialmente guanaco, existían en el país en densidades pequeñas, de alrededor de un millón de cabezas, lo cual, unido a su carácter deambulante, hacían que del problema de sobre-

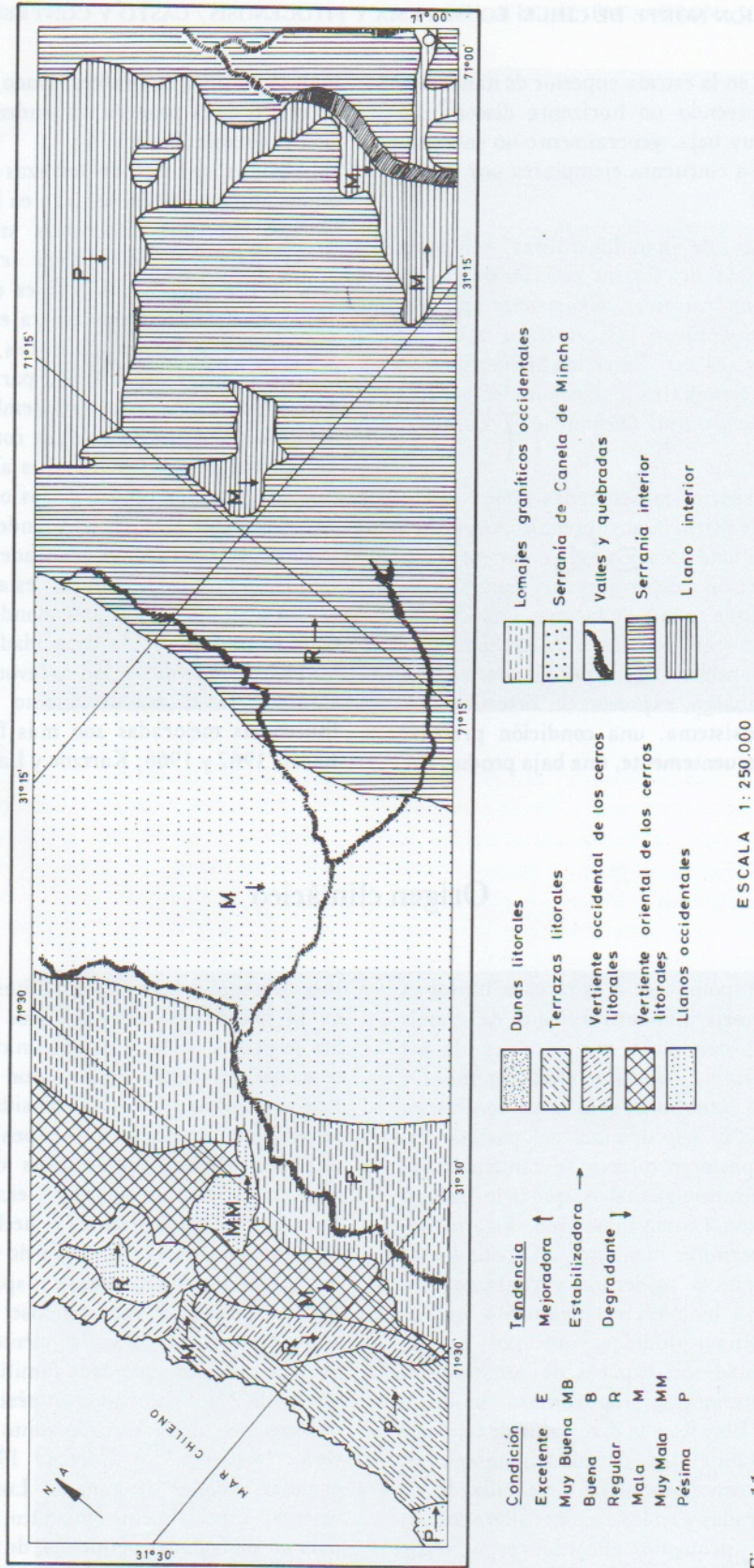


Figura 11.
 Carta de condición y tendencia de las praderas. Sector Combarbalá, 1976.



Figura 12.
Terraza litoral resembrada
con *Atriplex semibaccata*,
utilizada en forma rotativa.

utilización del pastizal clímax, fuera probablemente no existente. El hombre primitivo no tenía, según Guthrie (1971) una mejor actitud conservacionista hacia el medio que le rodeaba, pero su acción destructiva fue menor debido a la

menor densidad poblacional y al desconocimiento de la tracción animal, la tecnología del hierro, y los cultivos de secano, lo cual le habría permitido destruir los ecosistemas, al igual que ocurre en la actualidad.

Transformación retrogresiva

El sector de Huentelauquén fue colonizado por el hombre desde tiempos prehispánicos, por lo cual se supone que hubo utilización de los recursos naturales de plantas y animales; asentamientos humanos ocurrieron en la costa y valles regados, especialmente el del Choapa. Los habitantes prehispánicos de la zona no hacían cultivos de secano ni conocían la tracción animal, por lo cual, se supone que no hubo procesos de degradación de los ecosistemas de secano por medio de la aradura (Helbaeck, 1959). La flora con valor económico y para la alimentación humana era abundante (Jiles, 1963 y Ortiz, 1969).

El proceso de degradación del ecosistema de la terraza litoral, en estado climácico, debió iniciarse con posterioridad al siglo XVI. La introducción del ganado bovino, ovino y caprino a la

zona introdujo un nuevo mecanismo de cosecha de la biomasa acumulada. El crecimiento de la población ganadera no fue inicialmente exagerado, debido a la deficiencia de aguajes y a las dificultades de transporte.

La ganadería no fue, sin embargo, el agente principal de la destrucción, sino que la introducción de los cultivos de secanos y el empleo de la tracción animal en las labores de preparación del suelo, siembra y cultivación. El suelo de la pradera climácica, constituía el mejor hábitat para el desarrollo de los cultivos, donde se conjugaba una buena textura, estructura y fertilidad, unido a una pendiente suave que permitía una buena infiltración; la competencia por las malezas debió también haber sido baja.

La población humana durante los siglos XVI

a XVIII se mantuvo baja, por lo cual es posible suponer que los cultivos se limitaron en un alto grado a los terrenos de riego de los valles transversales de las serranías y de la costa.

El aumento demográfico del país, desde comienzos del siglo XIX hace pensar que la presión destructiva se inició en ese entonces, alcanzando una intensidad mayor a fines del mismo siglo especialmente la extracción del material leñoso para ser usado como combustible. La población, encastada en un sector prácticamente sin vías de comunicación y con variaciones agudas en las precipitaciones, debió verse obligada a extender el cultivo de la tierra a los lugares de secano más convenientes, como eran las terrazas litorales, que además de presentar una alta fertilidad ofrecían buenas características físicas y accesibilidad a la población.

El descubrimiento de salitre, plata, oro y cobre en el Norte Grande, la construcción de ferrocarriles y otros eventos, provocó desde fines del siglo pasado y a comienzos del presente un incremento de la corriente migratoria, especialmente de las generaciones de jóvenes en edad de comenzar a trabajar. La apertura de la carretera panamericana en el sector litoral, a comienzos de la década de 1950, introdujo técnicas de explotación de la tierra y demanda de cultivos, con lo cual el proceso de *desertificación* se aceleró considerablemente (Börgel, 1965).

Los medios de transporte más eficientes permitieron llevar agua de bebida a sectores donde no existía, con lo cual se construyeron habitaciones en lugares anteriormente no poblados en forma permanente. La degradación de los pastizales obligó a reemplazar paulatinamente los bovinos por ovinos y finalmente por caprinos, con lo cual la destrucción del ecosistema alcanzó un grado mayor.

La erosión laminar y de cárcava redujo inicialmente la fertilidad del suelo y el contenido de materia orgánica de los horizontes superiores, con lo cual disminuyó el crecimiento de la vegetación. Ello vino acompañado de un menor crecimiento de la fitocenosis, menor protección del suelo y mayor intensidad de utilización. Estas circunstancias son las que iniciaron el proceso de degradación del ecosistema de terrazas litorales.

Las etapas características de esta degradación son:

Ecosistema climax de hemicriptófitas, ocupando completamente la capacidad susten-

tadora del ecotopo. La biomasa herbácea es alta y predominan las gramíneas de los géneros *Nassella*, *Piptochaetium* y *Hordeum* (Figura 13).

Reducción de la biomasa de hemicriptófitas, dejando sectores intercalados desocupados, debido al menor tamaño de los ejemplares y al incremento de la tasa de mortalidad de las poblaciones vegetales características del climax.

Invasión de especies leñosas en los espacios intercalados y desocupados. Establecimiento y crecimiento limitado debido al exceso de competencia de las hemicriptófitas.

Las especies más destacadas de la fitocenosis en la etapa siguiente de retrogradación son, para la estrata de microfanerófitas, *Azara celastrina*, *Maytenus boaria* y *Lithraea caustica*. Entre las nanofanerófitas destacan *Baccharis concava*, *Sphaeralcea obtusiloba*, *Chenopodium paniculatum* y *Colletia spinosa*, encontrándose además, *Muehlenbeckia hastulata*, *Baccharis linearis*, *Cestrum parqui*, *Ephedra andina*, *Schinus polygamus*, *Adesmia microphylla*, *Lobelia polyphylla*, *Fuchsia lycioides*, *Lepechinia salvia*, *Eupatorium salviae*, *Senecio bahioides* y otras. Entre las caméfitas destacan *Margyricarpus setosus*, *Cardionema ramosissima*, *Atriplex semibaccata*, *Geranium corecore*, *Cotula* sp. y otras, muchas de las cuales son intensamente utilizadas por el ganado. Entre las terófitas se encuentra *Trisetobromus hirtus*, *Erodium cicutarium* y, especialmente, representantes del género *Adesmia* y *Plantago*. Entre las hemicriptófitas debe destacarse *Nassella pungens*, *Bromus unioloides* y otras especies de los géneros *Hordeum* y *Piptochaetium*.

La dominancia de la vegetación en los sectores excluidos del pastoreo y no cultivados se diferencia de los sectores solamente pastoreados en que las especies más palatables alcanzan mayor desarrollo, especialmente las gramíneas perennes, *Margyricarpus* sp., *Sphaeralcea obtusiloba*, *Baccharis linearis* y *Chenopodium paniculatum* (Figura 14).

El pastoreo continuado reduce el vigor de las especies más palatables con lo que se incrementa el vigor de las restantes. La continuación de este proceso llega a causar la pérdida de vigor y tamaño de las especies de mayor interés prático e incluso a provocarles el exterminio (Humphrey, 1958).



Figura 13.
Secuencia sucesional del
ecosistema de Terraza Li-
toral. (a) Gramíneas re-
lictuales del género Nas-
sella características del
clímax, (b) Etapa de Azara-
celastrina, Baccharis con-
cava y Bahia ambriosoi-
des, (c) Sector protegido
donde predominan las na-
nofanerófitas palatables
como Sphaeralcea obtusi-
loba, Baccharis linearis,
Verbenácea y gramíneas
perennes, (d) Contraste
del sector anterior con un
sector contiguo sobrepas-
toreado luego de la aradura
realizada con cinco años de
anterioridad.





de las generaciones de jóvenes en edad de comenzar a trabajar. La apertura de la carretera panamericana en el sector local, a comienzos de la década de 1950, introdujo técnicas de explotación de la tierra y demanda de cultivos, con lo cual el proceso de desertificación se aceleró considerablemente (Bergel, 1963).

Los medios de transporte más eficientes permitieron llevar agua en camión con lo cual se crearon en lugares antes áridos permanente o casi permanente riego, tales como a riego por ovinos, donde la desertificación es menor.

La erosión laminar, dentro la fertilidad de la tierra, originada de la pérdida de la capa superficial de la tierra, y donde las condiciones de degradación del suelo, tales como la pérdida de nutrientes, etc., son más severas.

El sistema climático, donde las condiciones

locales, *Callitriche parqui*, *Cyperus andina*, *Schinus molle*, *Adesmia microphylla*, *Lobelia polyphylla*, *Fuchsia leucoides*, *Leprosia andina*, *Eupatorium andinum*, *Senecio bahiense* y otras. Entre las más comunes destacan *Meryta parqui*, *Carduus*, *Conium maculatum*, *Atriplex canescens*, *Cercaria canescens*, *C. sp.* y otras, muchas de las cuales son altamente utilizadas por el ganado. Entre las más





Figura 14.
Secuencia de retrogradación de un sector de Terra-za Litoral sobrepastoreado, dominado por Bahia embrosioides, Puya chilensis y Baccharis concava con una estrata de hemi-criptófitas de escaso vigor y densidad. (a) Vista general, (b) Desmonte selectivo con herramienta manual, (c) Amontonamiento, (d) Quema, (e) Barbecho, (f) Cultivo de cebada en un año seco, (g) Vegetación y abandono del suelo erosionado con cárcavas, predominando Bahia ambrosioides, (h) Sobrepastoreo del sector abandonado de cultivo e, (i) Etapa final de retrogradación con Trichocereus chilensis, etapa máxima de desertificación con el ecotopo estabilizado.

Figura 11. (a) Vista general de la zona de estudio, (b) Vista general de la zona de estudio, (c) Vista general de la zona de estudio, (d) Vista general de la zona de estudio, (e) Vista general de la zona de estudio, (f) Vista general de la zona de estudio, (g) Vista general de la zona de estudio, (h) Vista general de la zona de estudio, (i) Vista general de la zona de estudio, (j) Vista general de la zona de estudio, (k) Vista general de la zona de estudio, (l) Vista general de la zona de estudio, (m) Vista general de la zona de estudio, (n) Vista general de la zona de estudio, (o) Vista general de la zona de estudio, (p) Vista general de la zona de estudio, (q) Vista general de la zona de estudio, (r) Vista general de la zona de estudio, (s) Vista general de la zona de estudio, (t) Vista general de la zona de estudio, (u) Vista general de la zona de estudio, (v) Vista general de la zona de estudio, (w) Vista general de la zona de estudio, (x) Vista general de la zona de estudio, (y) Vista general de la zona de estudio, (z) Vista general de la zona de estudio.



La cosecha de madera y leña del matorral dominado por *Azara celastrina* conduce a una eliminación de las microfanerófitas, especialmente de la especie dominante y de *Lithraea caustica* que constituían la estrata dominante conduciendo a un matorral achaparrado desprovisto de especies arbóreas, resultando una fitocenosis dominada por *Baccharis concava*, *Puya chilensis* y *Bahia ambrosioides* (Figura 14).

La continua cosecha para leña de estas especies conduce a un matorral ralo con mayor dominancia de las anuales. Debido a la baja fertilidad del suelo y a la presencia de ciclos biogeoquímicos abiertos, la productividad y estabilidad de las anuales decrece, quedando dominada por las especies más pobres. *Puya chilensis* comienza a invadir desde los lugares más altos. La continuidad del sobrepastoreo y cosecha de leña conduce a una comunidad degradada de anuales con algunas caméfitas impalatables o de muy baja palatabilidad, dominando los estratos superiores.

Otra ruta de degradación es a través de la

aradura que puede iniciarse en cualquiera etapa sucesional de deterioramiento. Dada la alta periodicidad de las labores de cultivo, la erodibilidad del suelo original y las características deficientes como protectoras del suelo de las comunidades pioneras postculturales, el medio edáfico concluye por deteriorarse, decapitándose los horizontes superiores del suelo.

En esta etapa, luego de abandonado el suelo se produce la invasión de una cactácea columnar, *Trichocereus chilensis*, que viene acompañada por algunas caméfitas y nanofanerófitas bajas como *Cassia coquimbensis*, *C. acuta*, *Nolana* sp. y *Chuquiraga* sp. Las anuales son de poca importancia en esta etapa, quedando un alto porcentaje del suelo cubierto por pavimento de erosión, que le protege de una posterior degradación.

En los suelos arados, abandonados en etapas intermedias de degradación, y posteriormente sobrepastoreados, aparecen comunidades de caméfitas dominadas por *Atriplex coquimbana*, el cual es de interés debido a su valor pratenense (Figura 15).

Vertiente occidental de los cerros litorales

Situación actual

La fitocenosis actual de la vertiente occidental de los cerros litorales corresponde a una gradiente espacial que va desde el piedmont hasta la cumbre, alcanzando en los casos extremos hasta 800 m.s.n.m. (Figura 16).

El sector de piedmont se caracteriza por tener suelos de mayor profundidad y de mejores características físicas que los ubicados en la ladera media y ladera alta. La comunidad característica corresponde al matorral bajo, dominado por *Bahia ambrosioides*, la cual le da al paisaje el matiz negruzco que le caracteriza. Como elemento subordinado de esta estrata se encuentra *Baccharis concava* en los ambientes más favorables y en exposición sur y oeste. En los sectores de exposición norte, la comunidad incrementa gradualmente la composición con *Puya chilensis* hasta alcanzar un equilibrio entre ésta y *Bahia ambrosioides*. Además, en la estrata de nanofaneró-

fitas se presentan poblaciones de *Adesmia microphylla*, *Fuchsia lycioides*, *Cassia coquimbensis* y *Muehlenbeckia hastulata*.

La estrata de terófitas está subordinada a la de nanofanerófitas descritas, dominando especies tales como: *Erodium cicutarium*, *Plantago tumida*, *P. rancaguae*, *Adesmia angustifolia*, *A. tenella*, *Medicago polymorpha*, *Oxalis* sp. Las microfanerófitas están representadas por ejemplares ocasionales de *Schinus latifolius* y *Lithraea caustica*.

En este sector de la ladera, existen comunidades en áreas restringidas de *Cassia coquimbensis* y *Baccharis concava*, que constituyen una estrata discontinua de nanofanerófitas, con una estrata de terófitas predominantes, dominada por *Erodium cicutarium*. En la estrata de hemi-criptófitas, se presentan ejemplares aislados de

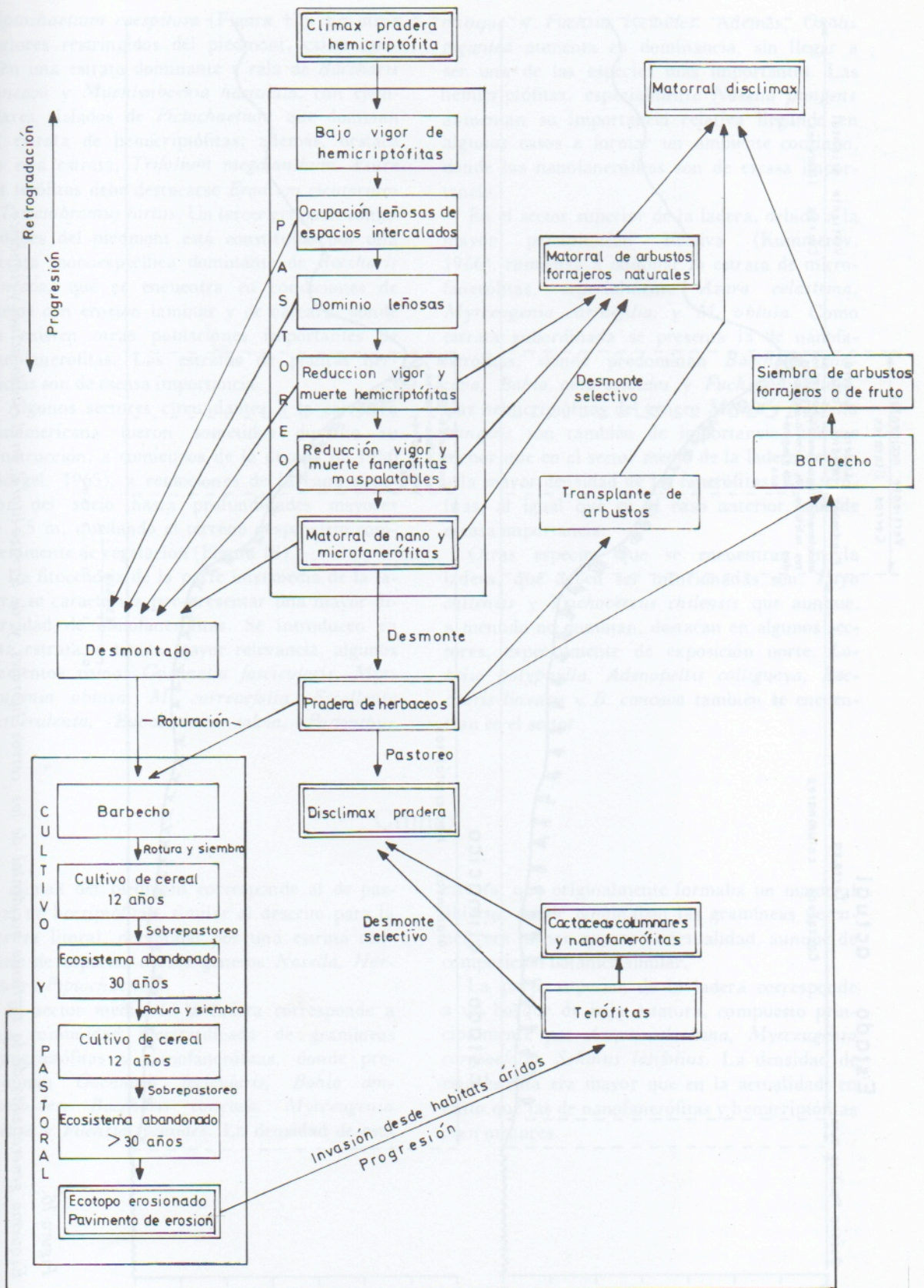


Figura 15. Algoritmo sucesional de la terraza litoral.

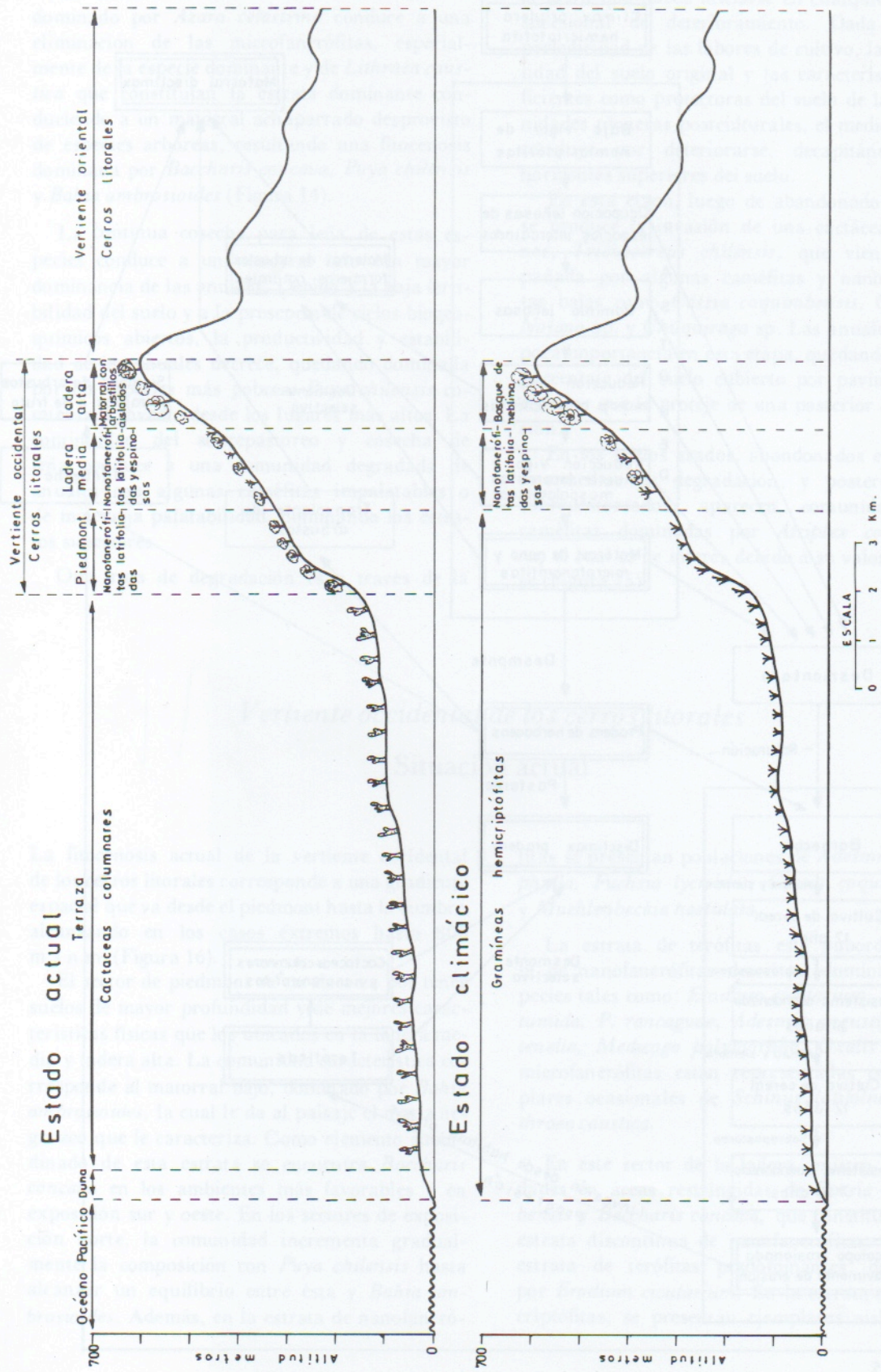


Figura 16.
Esquema generalizado de la vertiente occidental de los cerros litorales y de terraza litoral, en el estado actual y climático.

Piptochaetium caespitosa (Figura 17). En otros sectores restringidos del piedmont, existe también una estrata dominante y rala de *Baccharis concava* y *Muehlenbeckia hastulata*, con ejemplares aislados de *Piptochaetium* que dominan la estrata de hemicriptófitas; además, destaca en esta estrata, *Trifolium megalanthum*. Entre las terófitas debe destacarse *Erodium cicutarium* y *Trisetobromus hirtus*. Un tercer grupo de comunidades del piedmont está constituido por una estrata monoespecífica dominante de *Baccharis concava*, que se encuentra en condiciones de suelos con erosión laminar y de cárcava, donde no existen otras poblaciones importantes de nanofanerófitas. Las estratas de plantas herbáceas son de escasa importancia.

Algunos sectores circundantes a la carretera panamericana fueron sometidos durante su construcción, a comienzos de la década de 1950 (Börgel, 1965), a remociones de la capa superior del suelo hasta profundidades mayores de 1,5 m, quedando el terreno desprovisto completamente de vegetación (Figura 18).

La fitocenosis de la parte intermedia de la ladera se caracteriza por presentar una mayor diversidad de nanofanerófitas. Se introducen en esta estrata, o tienen mayor relevancia, algunos elementos como: *Gochnatis fascicularis*, *Myrceugenia obtusa*, *M. correaefolia*, *Escallonia purpurulenta*, *Eupatorium salvia*, *Podanthus*

mitique y *Fuchsia lycioides*. Además, *Oxalis gigantea* aumenta en dominancia, sin llegar a ser una de las especies más importantes. Las hemicriptófitas, especialmente *Nasella pungens* aumentan su importancia relativa llegando en algunos casos a formar un ambiente continuo, donde las nanofanerófitas son de escasa importancia.

En el sector superior de la ladera, debido a la mayor precipitación efectiva (Kummerov, 1966), comienza a dominar la estrata de microfanerófitas, especialmente *Azara celastrina*, *Myrceugenia correaefolia*, y *M. obtusa*. Como estrata subordinada se presenta la de nanofanerófitas, donde predominan *Baccharis concava*, *Bahia ambrosioides* y *Fuchsia lycioides*. Las hemicriptófitas del género *Melica* y *Nasella pungens* son también de importancia, aunque menor que en el sector medio de la ladera debido a la mayor densidad de las fanerófitas. Las terófitas, al igual que en el caso anterior, son de escasa importancia.

Otras especies que se encuentran en la ladera, que deben ser mencionadas son: *Puya chilensis* y *Trichocereus chilensis* que aunque, a menudo no dominan, destacan en algunos sectores, especialmente de exposición norte. *Lobelia polyphylla*, *Adenopeltis colliguaya*, *Baccharis linearis* y *B. concava* también se encuentran en el sector.

Clímax

El clímax del piedmont corresponde al de pastizal de hemicriptófitas, similar al descrito para la terraza litoral, dominado por una estrata continua de especies de los géneros *Nasella*, *Hordeum* y *Piptochaetium*.

El sector medio de la ladera corresponde a una comunidad biestratificada de gramíneas hemicriptófitas y nanofanerófitas, donde predominan *Gochnatis fascicularis*, *Bahia ambrosioides*, *Baccharis concava*, *Myrceugenia obtusa* y *Fuchsia lycioides*. La densidad de esta

estrata, que originalmente formaba un matorral abierto, donde dominaban las gramíneas perennes, era menor que en la actualidad, aunque de composición botánica similar.

La parte superior de la ladera corresponde a un bosque de baja estatura, compuesto principalmente por *Azara celastrina*, *Myrceugenia correaefolia*, *Schinus latifolius*. La densidad de esta estrata era mayor que en la actualidad, en tanto que las de nanofanerófitas y hemicriptófitas eran menores.

Figura 17.

(a) Aspecto general de la fitocenosis característica del piedmont de la vertiente occidental de los cerros litorales donde predomina *Bahia ambrosioides*, (b) Sector de cultivo con más de cuarenta años de abandono y pastoreo, en el centro de la fotografía, dominado por *Cassia coquimbensis* y *Baccharis concava*, y (c) Sector de piedmont con igual período de abandono y pastoreo, dominado por *Baccharis concava* y *Muehlenbeckia hastulata*.

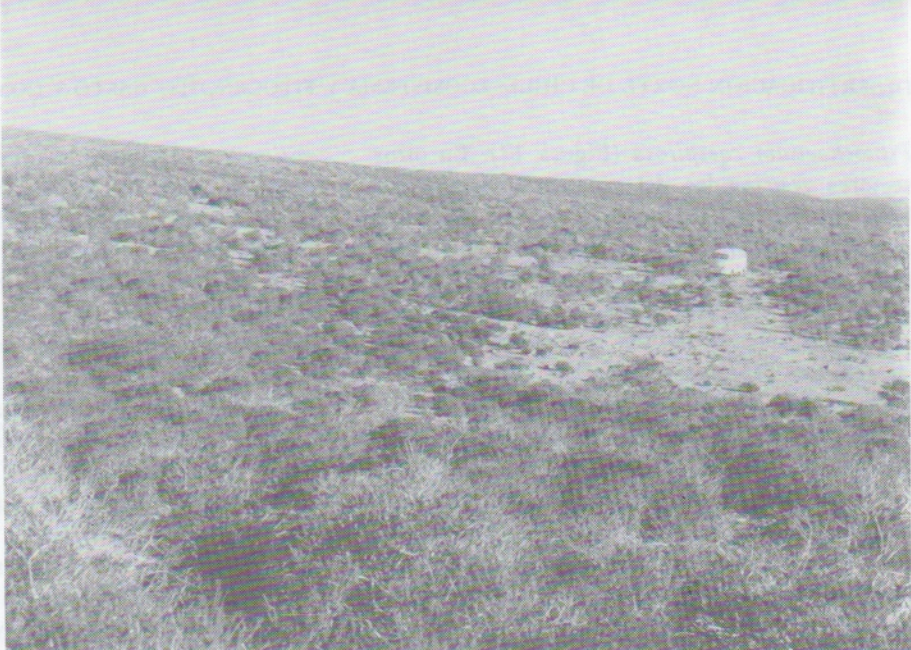




Figura 17.
Severidad de la desertificación del ecosistema por la extracción de material de construcción en la zona de la vertiente occidental de los cerros litorales. (a) Extensa desertificación por extracción de material de construcción. (b) Desarrollo de la vegetación por extracción de material de construcción.

Figura 18.

(a) Desertificación provocada por la extracción de material para la construcción de la carretera Panamericana a comienzos de la década de 1950 en el piedmont de la vertiente occidental de los cerros litorales y (b) Invasión de *Cassia coquimbensis*, *Bahia ambrosioides* y *Baccharis concava* a los veinticinco años del abandono.

Transformación retrogresiva

El piedmont ubicado en los lugares más próximos a las áreas donde existen asentamientos humanos densamente poblados, y donde tradicionalmente se ha practicado una agricultura intensiva de cultivos, se caracteriza porque, tanto el ecotopo como la fitocenosis han sufrido transformaciones de envergadura.

La sobreutilización del pastizal clímax, luego de la introducción del ganado doméstico en el siglo XVI, produjo un deterioramiento de la fitocenosis, lo cual estimuló el desarrollo de las poblaciones de nanofanerófitas invasoras en los lugares periféricos, especialmente del sector medio de los cerros litorales. La persistencia de este proceso se tradujo en una reducción pronunciada de la estrata de hemicriptófitas, permaneciendo finalmente, en forma relictual, ejemplares aislados de esta estrata, contigua a la base de las especies arbustivas, como consecuencia de su acción protectora del efecto del sobrepastoreo. Todo este proceso condujo finalmente a un matorral denso, donde el suelo estaba estabilizado y las condiciones de fertilidad eran favorables.

El incremento paulatino de la población humana, desde el siglo XVI al XVIII produjo como consecuencia un aumento de la demanda de productos agrícolas, lo cual obligó a cultivar los suelos de esta naturaleza, ya que sus características físicas y químicas eran favorables, proceso que fue más intensivo durante la segunda mitad del siglo pasado y comienzo del presente. La vulnerabilidad de estos suelos al cultivo provocó un proceso acelerado de degradación, proceso que tuvo su origen en el desmonte del matorral con herramientas manuales y, posteriormente, con la preparación del suelo con implementos de tracción animal (Figura 19).

La expresión de la destrucción del suelo en el rendimiento de los cultivos hizo que al cabo de un período breve de utilización fueran abandonados para ser utilizados como terrenos de pastoreo, una vez que los rendimientos del ganado bajaron en exceso y se hicieron más erráticos, especialmente en los años de sequía, y como consecuencia fueron abandonados por el hombre.

Esta situación obligó a los lugareños a desmontar y habilitar nuevas tierras para el cultivo,

con lo cual, luego de un período breve de utilización, fueron igualmente abandonadas cuando su productividad se redujo en demasía. El proceso continuado de habilitación y abandono del ecosistema fue provocando, en esta forma, una destrucción generalizada del paisaje, lo cual, en la actualidad, abarca la mayor superficie de los terrenos susceptibles de ser arados. De acuerdo a las costumbres de la zona, corresponde generalmente a los terrenos con pendientes que fluctúan alrededor de 20 a 25%.

La recuperación sucesional de los ecosistemas abandonados es más lenta que el proceso de degradación, lo cual ha inducido a un abandono generalizado de estos sectores, utilizados como tierra de cultivo. Este abandono se produjo probablemente, hace más de 50 ó 60 años, ya que las personas de mayor edad no recuerdan haber conchado ni observado labores de cultivo en ese sector de piedmont.

La intensificación de la ganadería en los lugares circundantes a las moradas, como asimismo, el reemplazo de bovinos y ovinos por caprinos, no permitió la gradual recuperación del ecosistema hasta alcanzar nuevamente el clímax llegando, finalmente, a cuatro comunidades bien características, dominadas por:

Cassia coquimbensis-Baccharis concava, que se encuentra en sectores abandonados desde hace más de 30 años y en suelos de escasa pendiente.

Cassia coquimbensis-Muehlenbeckia hastulata, que se encuentran en los sectores ubicados a mayor distancia de los corrales y por consiguiente, no muy intensamente utilizados. Corresponde también a sectores que originalmente fueron roturados.

Baccharis concava, comunidad pura que se encuentra en los faldeos abandonados, conocidos como "lluvias", donde se ha mantenido un pastoreo intensivo y,

Plantago tumida-Dichondra repens, característicos de los sectores intensamente utilizados.

En los sectores donde se extrajo material edáfico para construir la carretera, quedaron expuestos los horizontes del subsuelo, la colonización de la vegetación ha sido muy lenta. Se encuentra, sin embargo, algunos ejemplares aislados de *Paccharis concava*, *Bahia ambrosioides*



Figura 19.
Secuencia de la destrucción del ecosistema por la vertiente occidental de los cerros litorales, (a) Desmonte y cultivo por primera vez, en el sector medio de la ladera, (b) Detalle del cultivo de cebada por segundo año consecutivo, (c) Terreno de cultivo abandonado y sobrepastoreado por más de treinta años, (d) Piedmont sobreutilizado y cultivado en el pasado con cosecha intensiva de leña, destacándose ejemplar de *Schinus latifolius* intensamente degradado y (e, f y g) Etapas avanzadas de erosión y abandono del sector, mostrando la invasión de *Castrum parqui*.





y *Cassia coquimbensis*, lo cual es una prueba del carácter pionero que tienen estas especies (Figura 20).

En los sectores circundantes a las quebradas y, donde las características del piedmont son más favorables para la vegetación, se formaron fitocenosis dominadas por *Schinus latifolius* y *Lithraea caustica*, las cuales, debido a su accesibilidad, fueron cosechadas intensamente y des-

tinadas a diversos usos. Ello se demuestra por la presencia de ejemplares aislados de estas especies, formando poblaciones coetáneas donde faltan las cohortes juveniles.

La transformación de la ladera media y alta ha tenido su origen solamente en el pastoreo moderado y en la extracción ligera de leña y madera. Su grado de transformación es, por lo tanto, pequeño.

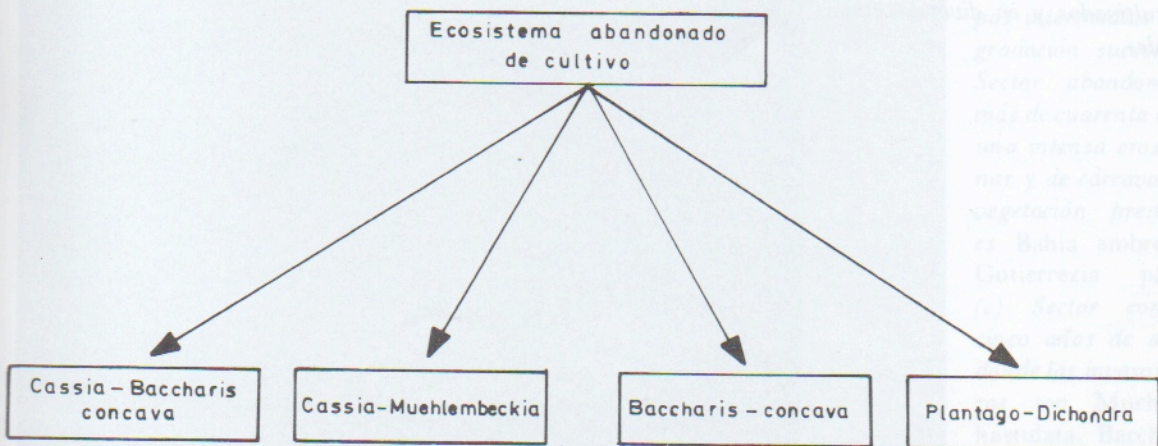


Figura 20.

Secuencia sucesional del piedmont de la vertiente occidental de los cerros litorales.

Vertiente oriental de los cerros litorales

Situación actual

El ecosistema, en el estado que se encuentra en la actualidad, corresponde a un mosaico de fitocenosis con atributos diferentes de acuerdo: a la intensidad de utilización por el hombre, a su posición fisiográfica y al tiempo transcurrido desde la intervención antropogénica. Los sectores con exposición oriental, que no presentan síntomas de haber sido cultivados anteriormente, corresponden a un matorral donde predominan dos estratas características. La estrata superior es rala y corresponde a microfanerófitas bajas, dominadas por *Azara celastrina* y *Fuchsia lycioides*. La densidad de esta última es elevada, los ejemplares son vigorosos y sobrepasan los dos metros de estatura. La estrata de nanofanerófitas está dominada por *Oxalis gigantea*, con poblaciones intercaladas de *Eupatorium salvia*, *Adesmia microphylla*, *Baccharis concava*, *Cassia coquimbensis*, *Podanthus mitique*, *Bahia ambrosioides* y *Carica chilensis*. Se encuentra también poblaciones ralas, pero conspicuas, de *Puya chilensis*, *Trichocereus chilensis* y *Lobelia polyphylla*.

La vegetación inalterada, ubicada en los cerros con mayor pendiente o de exposición norte, conserva las características generales ya descritas, pero se incrementa el porcentaje de *Puya chilensis* y de *Trichocereus chilensis* (Figura 21).

Los ecosistemas incorporados por primera vez al cultivo, luego del desmonte y aradura, presentan buenas características físicas y químicas del suelo y están desprovistos de la vegetación original, la cual ha sido reemplazada por el cultivo de cereales, especialmente trigo o cebada.

Esta situación no es, sin embargo, muy común por cuanto, la mayor parte de los sectores susceptibles de ser arados han sido intervenidos en el pasado; sólo se escapan algunos sectores que, debido a su excesiva pedregosidad, pendiente o ubicación, permanecen aún con la vegetación original.

Los sectores que han sido arados en repetidas ocasiones y expuestos al proceso erosivo, alcanzan un grado de destrucción que, en algunos

Figura 21.
Aspecto general de la vegetación inalterada de la vertiente oriental de los cerros litorales, en el primer plano de la fotografía. Al fondo se observan sectores arados, cultivados y en diversas etapas sucesionales.



casos, es elevado. Esta situación que se repite comúnmente, obliga al usuario a abandonar el sector e incorporar otros donde las características físicas y de fertilidad sean favorables para la producción de los cultivos anuales.

Los sectores abandonados en épocas recientes, es decir, entre diez y veinticinco años, disponen aún de una vegetación de baja densidad donde predomina *Muehlenbeckia hastulata*, *Baccharis concava* y *Heliotropium stenophyllum*, siendo la primera de estas especies, la más frecuente (Figura 22). La densidad de esta estrata es baja dando un aspecto de discontinuidad, encontrándose ocasionalmente ejemplares aislados de cohortes juveniles de *Bahia ambrosioides*. Las otras estratas son de escasa importancia; ocasionalmente se encuentran ejemplares aislados de gramíneas perennes. Entre las caméfitos y nanofanerófitas invasoras sobresalen *Atriplex semibaccata*, *A. repanda*, *Eupatorium salvia*, *Sphaeralcea obtusiloba*, *Chenopodium paniculatum* y otras. Además, durante el período invernal, en los años lluviosos, las teró-

fitas son más importantes, aunque no alcanzan gran desarrollo.

Los sectores abandonados con anterioridad a los ya descritos y en las áreas más sobrepastoreadas, donde el período de descanso del cultivo ha sido superior a los cuarenta o cincuenta años, presentan una fitocenosis dominada por *Bahia ambrosioides* y *Gutierrezia paniculata*, predominando ampliamente y formando un matorral de densidad media; en forma ocasional se encuentran ejemplares aislados de *Baccharis concava*. Existe, además, ejemplares de *Adesmia microphylla*, *Trichocereus chilensis* y *Haplopappus foliosus*. Las especies anuales son escasas y algunas caméfitas invasoras, como *Atriplex semibaccata*, se encuentran también presentes. Debido a la alta palatabilidad y utilización continuada por el ganado de las mejores especies forrajeras, éstas no continúan prosperando, evitándose así un proceso acelerado de sucesión ecológica. Entre las especies forrajeras, además, cabe destacar *Atriplex coquimbana*, que también se encuentra muy sobreutilizado.



Figura 22.

(a) Vista panorámica de la vertiente occidental de los Cerros Litorales donde predominan fitocenosis intervenidas, en etapas intermedias de retrogradación sucesional, (b) Sector abandonado por más de cuarenta años luego una intensa erosión laminar y de cárcava donde la vegetación predominante es *Bahia ambrosioides* y *Gutierrezia paniculata*, (c) Sector con veinticinco años de abandono, donde las invasoras pioneras son *Muehlenbeckia hastulata*, *Baccharis concava* y *Heliotropium stenophyllum*.

Origen climático

La vegetación original descrita en el acápite anterior se aproxima en sus atributos principales, a la vegetación clímax. La intervención del hombre se ha limitado a la cosecha de leña y madera, lo cual no ha sido excesivamente intensa. La utilización por el ganado ha estado restringida por la alta densidad de especies poco palatables, lo cual dificulta su desplazamiento. Ello, unido a la pendiente pronunciada, condicionan un matorral con un alto costo ecológico de cosecha del forraje por parte del animal (Cañas y Gastó, 1975), lo cual hace que este ecosistema sea poco

atractivo para el ganadero, dado que los animales deben recorrer grandes extensiones y hacer un esfuerzo muy alto, con una inversión energética elevada, en relación a la cantidad de forraje cosechado por el animal. La escasez de aguadas hace aún más desfavorable su utilización ganadera. La vegetación clímax sólo difiere de la actual en la proporción que se encuentran algunas de las poblaciones, especialmente aquellas de mayor valor como combustible o las muy palatables.

Transformación retrogresiva

La transformación del ecosistema original en estado clímax sigue comúnmente dos rutas principales; una es la de los cultivos y la otra es la del desmonte selectivo de las especies de mayor valor para la producción de leña, simultáneamente con su utilización en pastoreo (Figura 23).

5 La transformación del matorral, en su primera etapa, se hace con herramientas manuales que permiten eliminar las especies leñosas, las que posteriormente son amontonadas y quemadas. Luego, con arados de tracción animal se rotura el suelo, a pesar de la pendiente excesiva, barbechándose para sembrar a continuación un cereal invernal. Esta utilización del recurso suelo, unido a la acción de la lluvia, en ecotopos con baja protección de la fitocenosis, genera un proceso de erosión laminar que con el transcurso del tiempo se va agravando hasta provocar erosión incipiente y de cárcavas (Figura 22). En estas circunstancias, la productividad del cereal se reduce, simultáneamente con la pérdida de fertilidad y de materia orgáni-

ca, desapareciendo finalmente por erosión, los horizontes superiores del suelo. Bajo tales circunstancias, el suelo se abandona y el campesino traslada el cultivo a otros sectores no utilizados con anterioridad o que han permanecido sin ser sembrados por muchas décadas, donde se repite la secuencia antes enunciada. En un lapso prolongado se forma la comunidad de pioneras, invasoras, donde predominan *Muehlenbeckia hastulata*, *Baccharis concava* y *Heliotropium stenophyllum*. La progresión sucesional de esta comunidad al cabo de cuarenta o cincuenta años desde el cultivo conduce a la fitocenosis de *Bahia-Gutierrezia*. La fitocenosis de estas etapas sucesionales son de bajo valor pastoral pero de alta estabilidad al pastoreo. Las etapas sucesionales que transcurren entre ésta y el clímax no se conocen. El proceso sucesional sería probablemente más rápido si se excluyera el sobrepastoreo de caprinos y ovinos, pero no existen exclusiones de esta naturaleza que permitan cuantificar las transformaciones singenéticas naturales.

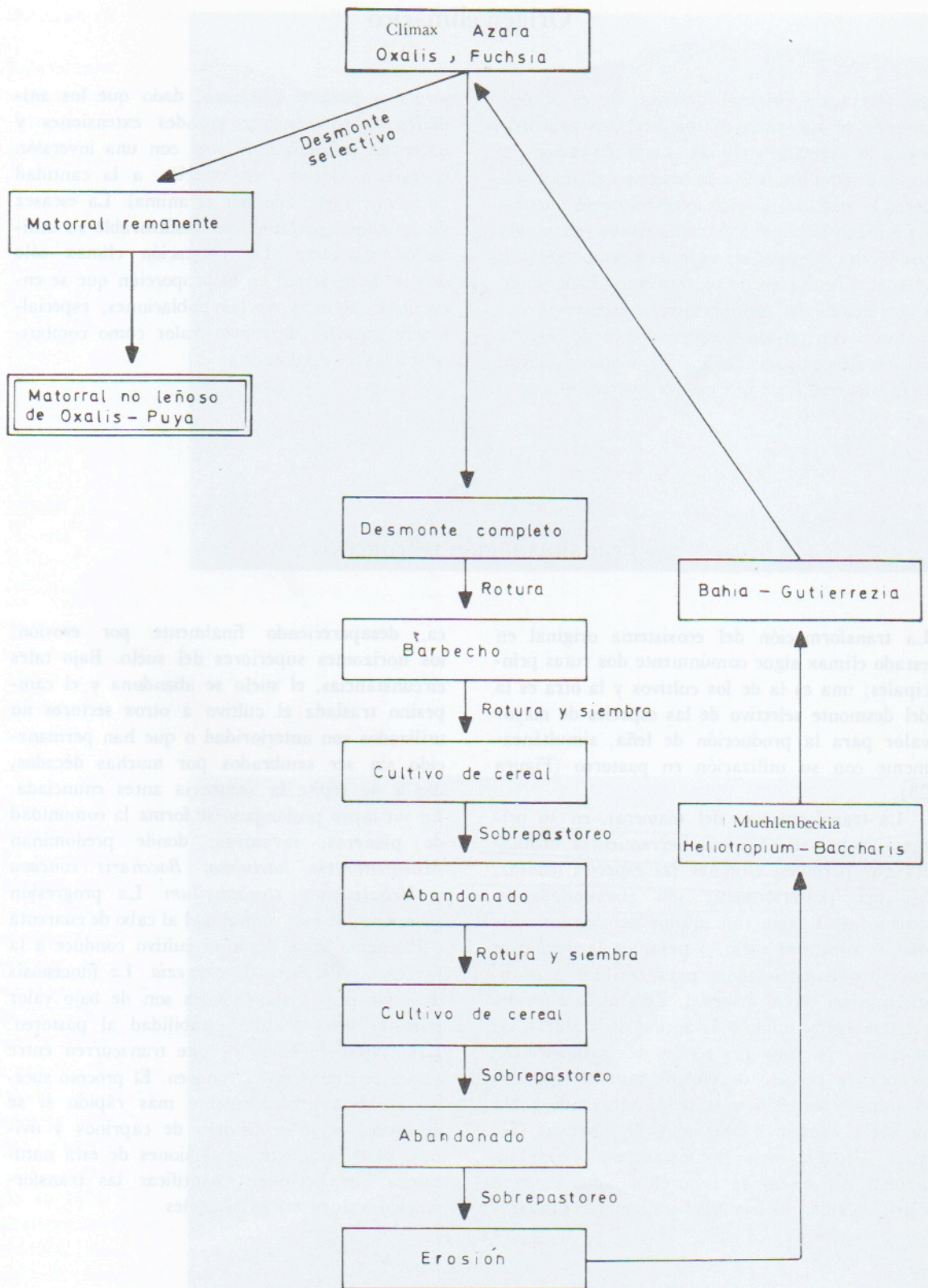


Figura 23.
Etapas de la retrogradación ecosistémica de la vertiente oriental de los cerros litorales.

Lomajes graníticos occidentales

Los elementos que definen esta unidad de paisaje son: su fisiografía de lomajes suaves que alcanzan altitudes de alrededor de 300 a 400 m.s.n.m., pudiendo en algunos casos ser algo mayor, y su material generador de naturaleza granítica. Sus características fisiográficas de pendientes suaves han hecho que estos ambientes sean de alta atraktividad para ser utilizados en cultivos. Su uso en el pasado, ha sido tan intenso, que no se encuentran sectores relictales que pudieran dar un indicio del clímax. La totalidad del sector ha sido roturado, cultivado intensivamente y abandonado después de su degradación.

La alta vulnerabilidad del suelo a la acción erosiva del medio cultivado redujo bruscamente la productividad hasta niveles en que obligó a sus pobladores a abandonar un alto porcentaje de las tierras por improductivas. La base de sustentación de la población lugareña se centra en los pequeños y angostos valles con aguadas que permiten practicar una agricultura de riego, aun cuando sea en superficies muy reducidas. Es en estos lugares donde se ubican las poblaciones periféricas, desde donde se inicia la destrucción del ecosistema en base a una ga-

nadería caprina que sobreutiliza la ya deteriorada fitocenosis, y a una agricultura de cultivos anuales, donde se labora la tierra por varios años consecutivos y sin ninguna precaución conservacionista.

Entre las especies más frecuentes de la fitocenosis se tiene: *Baccharis linearis*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Bahia ambrosioides*, *Gutierrezia paniculata*, *Haplopappus foliosus*, *Anthemis cotula*, *Cassia closiana*, *Senecio sinuatifolius*, *Adesmia microphylla*, *Flourensia thurifera* y *Fuchsia lycioides*, todas las cuales, excepto la última, son indicadoras de las etapas pioneras de las sucesiones secundarias.

La intensidad de intervención del hombre sobre los ecosistemas le da a la unidad de paisaje un aspecto de mosaico donde se alternan sectores arados, cultivados, abandonados en diversas épocas y etapas de retrogradación, con fragmentos escasos de etapas sucesionales más avanzadas. Finalmente, se ha llegado a un grado tal de destrucción, que los recursos cosechables como leña y pradera ya escasean en exceso en las cercanías de las moradas, por lo cual deben obtenerse a distancias apreciables de los lugares de consumo (Figura 24).

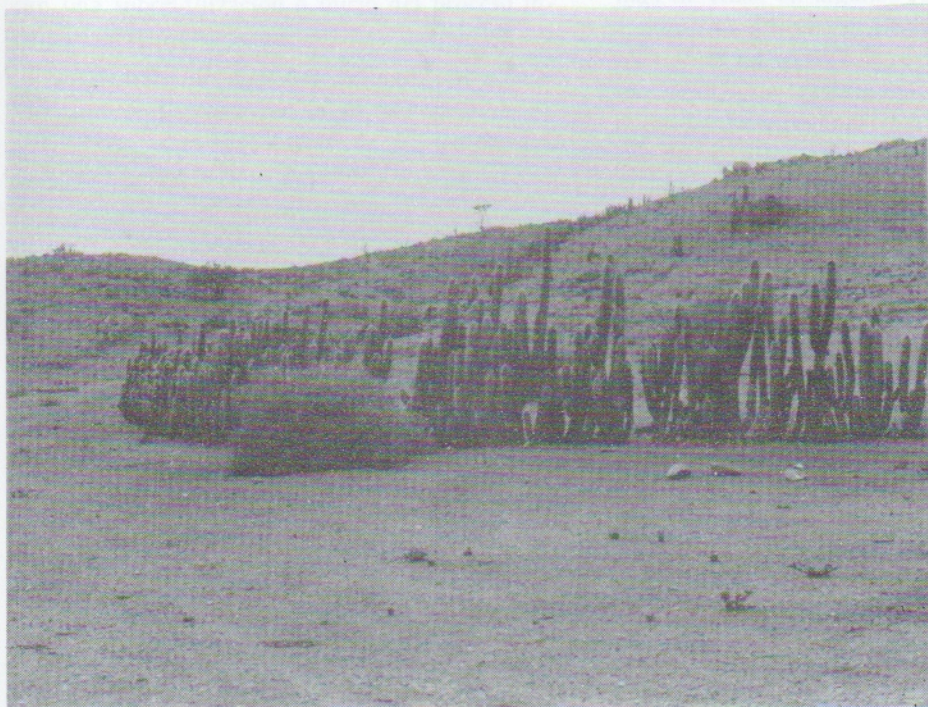


Figura 24.

(a) Vista general de los Lomajes Graníticos Occidentales, (b) y (c) Suelos de cultivo abandonados y sobrepastoreados.



Serranías de Canela de Mincha

Esta unidad de paisaje está definida por su fisiografía de cerros de pendiente elevada, generalmente sobre 20% y por su posición en el transecto correspondiente a los primeros contrafuertes de la Serranía Interior. Las características físicas de los suelos de las serranías de Canela de Mincha dan al ecosistema atributos especiales para su incorporación como tierras de cultivos. La mayor parte de esta unidad de paisaje se utiliza intensamente en la rotación cultivo-pastoral-silvícola. Algunos sectores, que por sus características físicas de pendientes o rocosidad excesiva no pueden ser roturados permanecen utilizados exclusivamente en forma silvo-pastoral, practicándose una sobreutilización con caprinos y una extracción de leña, superiores a la capacidad productiva del sistema.

La rotación cultivo-pastoral es bastante intensa, cultivándose la tierra durante diez a doce años consecutivos, especialmente con (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) o comino (*Cuminum cyminum*), y, en menor escala, anís y chícharo, seguido de veinte o más años de abandono. Durante este período, la fitocenosis se utiliza intensamente por el ganado con presiones elevadas de pastoreo, que provocan una sobreutilización o inicio del proceso intensivo de retrogradación.

La siembra de secano se practica en barbechos que se preparan en la primavera anterior o con las primeras lluvias de la temporada, empleándose tracción animal. Las dosis de siembra del cereal son de alrededor de 60 kg/ha, y el coeficiente de multiplicación fluctúa entre 3 y 4 veces la cantidad de semilla empleada. En años muy buenos o en condiciones muy favorables, el rendimiento puede ser de 20 y 50 veces la cantidad de semilla aplicada. En un alto porcentaje de los años, ni siquiera se recupera la semilla.

Dada la intensidad de utilización de los ecosistemas, no ha sido posible disponer ni siquiera de la información fragmentaria, que permita describir la fitocenosis correspondiente al ecosistema en estado clímax, por lo cual, no es posible hipotetizar sobre su origen o los cambios de estado ocurridos en el proceso de retrogradación. Las comunidades vegetales que se encuentran son de naturaleza muy variada, pero predominan

especies pioneras de las sucesiones secundarias tales como: *Haplopappus glutinosus*, *H. foliosus*, *Gutierrazia paniculata*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Heliotropium stenophyllum*, *Cassia closiana*, *Anthemis cotula*, *Cestrum parqui*, *Adesmia microphylla* y *Bahia ambrosioides*. La estrata de terófitas es de escasa importancia, especialmente durante los años secos, predominando *Erodium cicutarium* y especies anuales del género *Adesmia*. Las especies palatables para el ganado son intensamente consumidas tales como *Fuchsia lycioides* y *Muehlenbeckia hastulata*. Las cactáceas columnares, especialmente *Trichocereus coquimbensis* y *Eulychnia* sp. sobresalen en el paisaje junto con ejemplares aislados de *Puya berteroniana* y *P. alpestris*.

En exposición norte, otras especies que abundan, además de las citadas, son: *Cassia coquimbensis*, *Eupatorium salvia* y *Proustia pungens*, siendo las gramíneas perennes más abundantes, especialmente en los lugares alejados de la influencia humana. En exposición sur se encuentra además *Llagunea glandulosa*, *Lepechinia salviae*, *Eupatorium salvia*, *Fuchsia lysioideis* y *Gymnophyton polycephalum*. Además de ellas, en algunos lugares protegidos, se encuentran gramíneas perennes y otras plantas palatables tal como ocurre con *Atriplex repanda* que alcanza un máximo desarrollo en los ambientes ruderales circundantes a las moradas (Figura 25).

La productividad del ecosistema en el pasado fue presumiblemente superior al actual, dada la abundancia de "eras" y viviendas abandonadas, y a la calidad de la construcción de los edificios que se encuentra en esta unidad de paisaje, que corresponde a ecosistemas de mayor potencial productivo. La abundancia de los sectores en descanso reflejan una reducción muy marcada del potencial productivo de los ecosistemas.

A pesar del intenso uso que se ha hecho y se continúa haciendo de estos suelos y, a pesar de la pendiente elevada que las caracteriza, el grado de erosión es bajo en relación a lo que podría esperarse en ambientes de esta naturaleza. Las características propias del suelo hacen que

Figura 25.

(a) Vista general de los ecosistemas de las Serranías de Canela de Mincha mostrando el grado de intervención humana, (b) Sector de cultivo abandonado, c) Ecosistema en exposición norte sobre pastoreado dominado por *Trichocereus chilensis*, *Proustia pungens*, *Lobelia polyphylla*, *Heliotropium stenophyllum* y *Opuntia ovata* y, (d) Cultivo de cebada en la ladera baja.





éste sea sólo de moderada erosibilidad (Figura 26).

Los ambientes de pendiente muy pronunciada donde, además, la superficie del suelo es excesivamente pedregosa y tienen una exposición norte, presentan indicadores que manifiestan que no han sido roturados en el pasado.

Bajo tales circunstancias, la comunidad dominante es de *Trichocereus coquimbensis* asociado con *Opuntia ovata*, *Heliotropium stenophyllum*, *Flourensia thurifera* y *Puya berteroniana*. Se encuentra, ocasionalmente, *Lobelia polyphylla*, lo cual es otro de los indicadores de degradación. La estrata de terófitas está escasamente desarrollada.

Figura 25.

(a) Vista general de los ecosistemas de la Serranía de Canela de Mincha mostrando el grado de su degradación. (b) Sector de cultivo abandonado. (c) Ecosistema en estado de sucesión sobre pastoreo abandonado por *Trichocereus chilensis*, *Fouquieria pinguis*, *Loberia polystachya*, *Hemirostium nitens* y *Opuntia ovata*. (d) Estado de sucesión en la zona (a).



Figura 26.

(a) Ecosistema de ambiente pedregoso en la Serranía de Canela de Mincha, sobrepastoreado y no cultivado previamente, (b) *Trichocereus chilensis*, utilizado por ganado caprino en ambientes muy sobrepastoreados, y (c) Ecosistema resultante de la degradación por cultivación y sobrepastoreo.



Llanos occidentales

Situación actual

Esta unidad de paisaje está definida geomorfológicamente, por su ubicación en hondonadas rodeadas de cerros de altitudes fluctuantes alrededor de 400 a 700 m.s.n.m. Su relieve plano, con escasa pendiente y suelos profundos las definen como unidades de potencial altamente productivo. Climáticamente se diferencian de las del Llano Interior por su cercanía al mar, sus extremos térmicos menos pronunciados y la mayor humedad relativa del aire. Todo esto, genera un ambiente con potencial productivo y climático diferentes al del Llano Interior.

En los llanos situados en ambientes donde el escurrimiento proveniente de los sectores adyacentes es mayor, la comunidad dominante corresponde al bosque discontinuo de *Schinus latifolius*, *Baccharis linearis* y *Schinus polygamus*. La fisionomía de esta fitocenosis corresponde a la de un mosaico de grupos arbóreo-arbustivos entremezclados, con claros dominados por terófitas y hemocriptófitas (Figura 27).

Otras especies comunes de la fitocenosis son *Quillaja saponaria*, *Maytenus boaria*, *Azara celastrina*, *Acacia caven*, *Gutierrezia paniculata*, *Solanum tomatillo*, *Nassella pungens*, *N. chilensis* y *Melica* sp.

Algunos sectores análogos se encuentran completamente desprovistos de las estratas de nanofanerófitas. Bajo tales circunstancias, la estrata dominante o única es de terófitas, que generalmente alcanza escaso desarrollo debido a la dominancia de especies del género *Plantago*. Otros sectores de esta unidad de paisaje se encuentran en estado de barbecho, por lo cual la fitocenosis ha desaparecido, habiendo sido, en algunos casos, reemplazada por cereales de invierno cultivados en condiciones de secano.

En las depresiones de los llanos occidentales existe, a menudo, una comunidad biestratificada donde la estrata principal corresponde a una cubierta continua de *Schinus polygamus*, con las estratas inferiores prácticamente ausentes.

Figura 27.

(a) Aspecto general de los Llanos Occidentales, en los sectores mejor conservados, (b) Detalle del bosque abierto de *Schinus polygamus*, donde se extrae el mantillo acumulado para ser empleado en jardines como "tierra de hoja", (c) Vegetación invasora en los claros degradados del bosque, dominada por *Baccharis linearis* y terófitas, (d) Ejemplar relictual de *Nassella pungens* protegida por un arbusto, (e) Cultivo de *Hordeum vulgare* en un ecosistema originalmente cubierto de *Quillaja saponaria* y, (f) Llano abandonado por destrucción del suelo y de la fitocenosis.





Las microclimas
 cubren discontinua
 aisladas de 2.5 km
 por (Figura 28)
 En las porciones
 de ubicación por
 aisladas de 2.5 km
 de las cuales se
 ...
 La zona sucesional
 al pastizal mediante
 tres asociaciones de
 cistáceas y *Hesperis*
 final cada represen
 tativo de esta suces
 donde los elementos
 han sucesos o subor
 ...
 La zona en pro
 es elevada en relati
 esta forma vital. El
 herbáceas mayores,
 conducto por lignif
 apertado por el gas
 ...

Figura 28.—
 (a) Cárcas estapa crea
 trizada a suaves por
Schinus molle en las
 Llanos (Ordovicianos). (b)
 Cárcas profunda suavia
 por *Schinus molle* y
Salix chilensis, con su pro
 caso de construcción; co
 responde a la porción
 inferior de la fotografía
 anterior. y (c) Suaviza
 maderas porcutas,
 en el sector de Puro Or
 con la especie *Prosopis*
molle y *Hesperis*
liliana.

Las microfanerófitas forman en este caso, una cubierta discontinua donde existen ejemplares aislados de *Schinus latifolius* y *Lithraea caustica* (Figura 28).

En las posiciones más altas de los llanos, en ubicación perimétrica aparecen ejemplares aislados de *Quillaja saponaria*. La mayor parte de los cuales se encuentra en estado decrepito y

seniles; estando ausentes las cohortes juveniles y plantulares, lo cual indica una retrogradación sucesional de esta población. Los ejemplares de esta especie, que aún se encuentran presentes, son de buen desarrollo y vigor, lo cual indica que las condiciones del hábitat natural son adecuadas para su desarrollo.

Clímax

La etapa sucesional más avanzada corresponde al pastizal mediano abierto dominado, por especies amacolladas de los géneros *Nassella piptochaetium* y *Hordeum*. La cubierta vegetal original estaba representada por un horizonte continuo de esta sinusia de gramíneas perennes, donde los elementos de otras formas vitales, estaban ausentes o subordinados a la gramínea.

La biomasa en pie de este grupo de gramíneas es elevada, en relación a lo que corresponde a esta forma vital. El forraje no utilizado por los herbívoros mayores, o fauna silvestre original, concluye por lignificarse por lo cual es poco apetecido por el ganado o fauna silvestre que

se encuentra en condiciones no apremiante de hambruna. El crecimiento del año puede ser consumido por el herbívoro, sin perjudicar a la fitocenosis, pues, debido a su biomasa aérea y radical, los ciclos biogeoquímicos de la materia y energía son cerrados y eficientes, simultáneamente con provocar una alta estabilidad edafotópica.

En la parte inferior de las quebradas y laderas y en el sector donde éstas desembocan en el llano, la fitocenosis, debido al mayor aporte hídrico y a los suelos más profundos, estaban dominadas por microfanerófitas latifoliadas, especialmente *Quillaja saponaria*, y *Cryptocarya alba* formando bosques puros, donde las estratas inferiores eran de escasa significación.

Figura 28.

(a) Cárcava antigua cicatrizada e invadida por *Schinus polygamus* en los Llanos Occidentales, (b) Cárcava profunda invadida por *Schinus latifolius* y *Salix chilensis*, aún en proceso de cicatrización; corresponde a la posición inferior de la fotografía anterior, y (d) Sucesión secundaria postcultivo, en el sector de Puerto Oscuro. La especie pionera invasora es *Haplopappus foliosus*.





Estructura general del caso del litoral occidental en estado árido y árido.

D. Contreras

Transformación retrogresiva

La introducción del ganado en el siglo XVI y su rápido aumento condujo a una sobrepoblación que aumentó la presión de pastoreo hasta niveles superiores a la capacidad sustentadora de la pradera. Este proceso, continuado por períodos prolongados de tiempo, provocó un incremento de la tasa de mortalidad de las gramíneas perennes características del clímax y una reducción de sus tasas de natalidad concluyendo en la destrucción de la sinusia dominante, la que no fue inmediatamente reemplazada por estratas de leñosas, sino que por especies anuales cuyo origen eran los ambientes con clima mediterráneo del Viejo Mundo, entre las que cabe destacar *Erodium cicutarium*, *Bromus mollis*, *Medicago polymorpha* y otras.

La utilización simultánea del ecosistema por cultivos y ganadería, donde se abusó del suelo y vegetación, provocó una degradación de la fitocenosis hasta tal punto que la cubierta vegetal de especies perennes terminó por desaparecer o por ser reemplazadas por especies anuales efímeras, especialmente las que indican deterioramiento de la condición pratense, como ocurre con las especies del género *Plantago*.

En las depresiones del llano se provocó el fenómeno opuesto, debido al incremento de las disponibilidades hídricas originadas en el mayor escurrimiento de las lluvias ocurridas en las laderas sobrepastoreadas y degradadas. Este mejoramiento del ambiente, originado por el incremento de las disponibilidades hídricas, fue el agente causal de la invasión de *Schinus polygamus* en las depresiones (Figura 28). Otras especies invasoras de las sucesiones secundarias, pero de alta palatabilidad, también invadieron y formaron comunidades puras o casi puras en las depresiones donde se acumulaban altas concentraciones hídricas, y comunidades mixtas de gramíneas y nanofranerófitas en los sectores inmediatamente superiores. Este es el caso de *Atriplex repanda* que formó en estos llanos extensas comunidades donde la sinusia dominante correspondía a esta quenopodiácea. La sobreutilización continuada de estos ambientes provocó la reducción paulatina de estas poblaciones hasta concluir en su desaparición.

Algunos sectores con características edáficas y fisiográficas favorables fueron transformados artificialmente en plantaciones de *Olea europaea*, los cuales debido a las condiciones ambientales, presentan un buen desarrollo y vigor, pero la limitante hídrica provoca una productividad reducida de frutos, por lo cual han sido abandonados.

La baja erosibilidad del suelo, debido a la pendiente reducida, ha permitido mantener el medio abiótico en un estado incipiente de degradación, aunque no así a la fitocenosis que está prácticamente exterminada, excepto en la desembocadura de las quebradas a los llanos.

El proceso de degradación del suelo ha seguido una secuencia sucesional muy definida. En los sectores más bajos, y con pendiente más pronunciadas, la acumulación de agua corriente durante la estación de lluvias provocó cárcavas profundas que fueron posteriormente colonizadas por *Muehlenbeckia hastulata*, en los sectores menos afectados; por *Schinus polygamus*, en los sectores intermedios, y por *Schinus latifolius* y *Salix chilensis* en los sectores más profundos, donde la cárcava sobrepasa los tres metros de profundidad y existen mayores disponibilidades hídricas (Figura 28).

Las características de las cárcavas, de paredes casi verticales y abrasión reciente, indican una actividad erosiva aún no interrumpida. La colonización del fondo de la cárcava por árboles maduros y de edades avanzadas demuestran que el período erosivo fue hace más de medio siglo, pero que aún continúa un proceso erosivo intenso.

El abandono de las moradas y de los sectores cultivados de secano conocidos por el nombre de lluvias, demuestran también una actividad silvi-agropecuaria que tuvo su apogeo en el pasado, la cual, al no tomarse las precauciones conservacionísticas y de buen manejo del recurso, provocó un deterioro del ambiente que significó una emigración progresiva y una reducción de las condiciones de vida de la fracción remanente de la población humana.

La utilización del bosque de *Quillaja saponaria* y *Cryptocaya alba* de la periferia de la pradera, de la desembocadura y de las quebra-

Dionisia

Estado actual

Estado climax

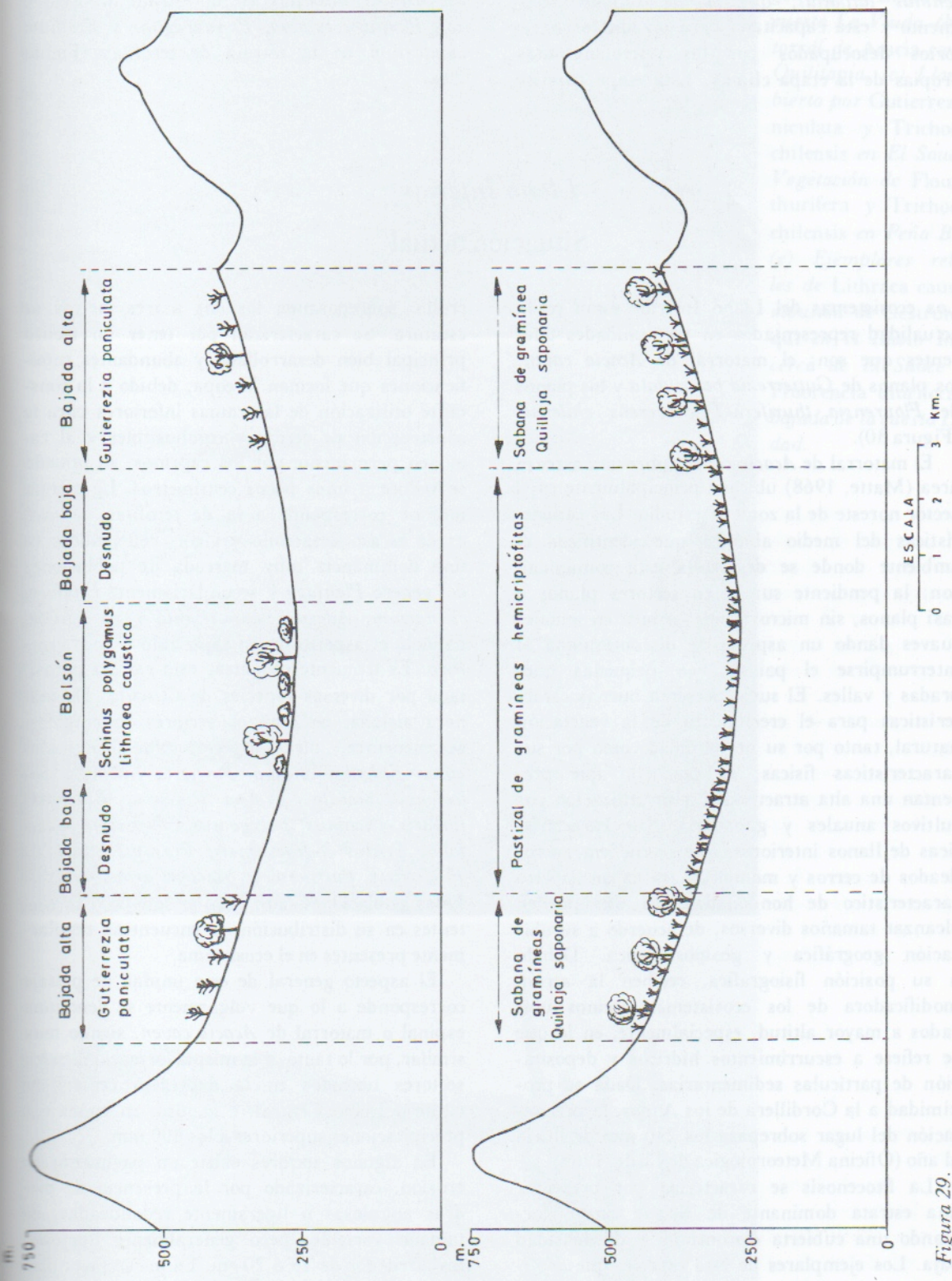


Figura 29. Esquema generalizado del llano occidental en estado climax y actual.

das provocó un aumento de su tasa de mortalidad y la invasión de una nanofanerófito pionera *Schinus latifolius*, que es de rápido crecimiento y está capacitada para invadir los territorios desocupados por las microfanerófitas propias de la etapa climax. Esta etapa persiste

aún en mayor o menor grado de destrucción, dando en algunos casos al paisaje un aspecto de sabana de *Schinus latifolius* en la estrata arbórea, y con *Plantago tumida*, *P. rancaguae* y *Erodium cicutarium* en la estrata de terófitas (Figura 29).

Llano Interior

Situación actual

Los ecosistemas del Llano Interior están en la actualidad representados en tres unidades diferentes que son: el matorral de *Acacia caven*, los planos de *Gutierrezia paniculata* y los planos de *Flourensia thurifera-Trichocereus chilensis* (Figura 30).

El matorral de *Acacia caven* cubre una extensa área (Matte, 1968) ubicada principalmente en el sector noreste de la zona en estudio. Las características del medio abiótico que identifican el ambiente donde se desarrolla esta comunidad son: la pendiente suave, en sectores planos o casi planos, sin microrrelieve, o bien en lomajes suaves dando un aspecto de discontinuidad al interrumpirse el paisaje con pequeñas quebradas y valles. El suelo presenta buenas características para el crecimiento de la vegetación natural, tanto por su profundidad como por sus características físicas; es por ello que presentan una alta atraktividad a su utilización por cultivos anuales y ganadería. Sus características de llanos interiores, que se encuentran rodeados de cerros y montañas, les da un aspecto característico de hondonadas, las que pueden alcanzar tamaños diversos, de acuerdo a su ubicación geográfica y geomorfológica. Debido a su posición fisiográfica, reciben la acción modificadora de los ecosistemas vecinos ubicados a mayor altitud, especialmente, en lo que se refiere a escurrimientos hídricos y depositación de partículas sedimentarias. Dada su proximidad a la Cordillera de los Andes, la precipitación del lugar sobrepasa los 250 mm de lluvia al año (Oficina Meteorológica de Chile, 1965).

La fitocenosis se caracteriza por presentar una estrata dominante de *Acacia caven*, formando una cubierta discontinua y de densidad baja. Los ejemplares de esta especie, que dominan *monoespecíficamente*, son de gran desa-

rrrollo, sobrepasando los dos a tres metros de estatura. Se caracterizan por tener un tronco principal bien desarrollado y abundantes ramificaciones que forman la copa; debido a la constante utilización de las ramas inferiores para la construcción de cercas y combustibles y al ramoneo permanente por los caprinos, su tamaño se reduce a unos pocos centímetros. La estrata inferior corresponde a la de terófitas, la cual es de escaso desarrollo y vigor, reflejándose en una dominancia muy marcada de poblaciones del género *Plantago* y secundariamente *Erodium cicutarium*, *Adesmia angustifolia* y *A. tenella*, dándole el aspecto de un tapiz ralo y poco vigoroso. Es frecuente encontrar esta estrata parasitada por diversas especies de *Cuscuta*. De manera aislada, en algunos sectores restringidos, se encuentran otras especies arbustivas, tales como *Ephedra andina*, *Porlieria chilensis*, *Solanum tomatillo*, *Trevoa trinervis*, *Baccharis linearis*, *Schinus polygamus*, *Proustia cuneifolia*, *Cassia coquimbensis*, *Prosopis chilensis*, *Flourensia thurifera* y *Margyricarpus setosus*. Estas poblaciones, aun cuando son poco consistentes en su distribución, se encuentran regularmente presentes en el ecosistema.

El aspecto general de esta unidad de paisaje corresponde a lo que vulgarmente se denomina espinal o matorral de *Acacia caven*, siendo muy similar, por lo tanto, a la misma formación, en los sectores ubicados en la depresión central de Chile o Llano Central, e incluso, en zonas con precipitaciones superiores a los 800 mm.

En algunos sectores existe un pavimento de erosión, caracterizado por la presencia de piedras angulosas o ligeramente redondeadas, de tamaño variable, pero generalmente fluctuantes alrededor de 15 ó 20 cm. En los sectores protegidos por piedras, troncos de árboles, pircas



Figura 30. *Llano Interior*. (a) Vista general del Llano desde la cuesta La Viuda, (b) Matorral de *Acacia caven* en Quilitapia, (c) Llano cubierto por *Gutierrezia paniculata* y *Trichocereus chilensis* en El Sauce, (d) Vegetación de *Flourensia thurifera* y *Trichocereus chilensis* en Peña Blanca, (e) Ejemplares relictuales de *Lithraea caustica* e invasión de *Cestrum parqui* en el Llano Interior cerca de El Sauce y, (f) *Flourensia thurifera* a la bajada de la cuesta La Viuda.

características favorables de la fitocenosis nativa, es probable que, en forma subordinada, se hayan dado de casualidad algunas poblaciones de *Lithraea*, *Plantago* y *Cestrum*, en bondonadas, sistema, cuya biología, en relación a la zona, es muy vulnerable a los cambios vegetales de la zona, los ambientes más áridos. Es posible que el proceso haya permitido la supervivencia de algunas especies vegetales naturalmente abundantes que no son...

En el mecanismo de fitocenosis por la utilización de pastizales por parte de los colonizadores, el medio ambiente de los ambientes de alta incidencia limitada...



y otros elementos se encuentran, con frecuencia, gramíneas perennes de alta aceptabilidad por el ganado, que las mantienen intensamente utilizadas, especialmente por los caprinos que merodean en el sector.

Los planos dominados por *Gutierrezia paniculata* se encuentran también ubicados en el Llano Interior, pero en ambientes edáficos más desfavorables, ya sea por características intrínsecas o por la intensidad de deterioramiento. Las características principales de este ecosistema son la cubierta continua de esta nanofanerófita que domina la fitocenosis, con ejemplares aislados intercalados de *Trichocereus chilensis*. La estrata de terófitas, que es la más importante junto con la anterior, está dominada por *Plantago tumida* y *P. rancaguae*, siendo

abundante, además, especies de los géneros *Erodium* y *Adesmia*, aunque en densidades y dominancias menores. Otra especie que sobresale es una caméfito, *Margyricarpus setosus*, que se encuentra subordinada a las anteriores.

Los planos dominados por *Flourensia thurifera* y *Trichocereus chilensis* corresponden al ecotono entre la Serranía Interior y el Llano Interior. Debido a las características del medio para el crecimiento de estas poblaciones, su desarrollo es mayor que en los ambientes de montaña. Las características de pedregosidad abundante han hecho de este edafotopo un medio poco atractivo para el cultivo de cereales, por lo cual, existe en forma relictual, en algunos sectores restringidos.

Climax

La escasa información fragmentaria que se dispone en la actualidad sobre el origen climático del ecosistema del Llano Interior hace difícil presentar una hipótesis bien fundamentada al respecto.

Los sectores conservados por la acción de obstáculos naturales o artificiales, que han impedido una sobreutilización o destrucción del recurso, como asimismo, las características fitocenóticas del ecosistema actual, indican que la cubierta vegetal original correspondería a una pradera dominada por gramíneas perennes, de los géneros *Nassella Stipa*, *Piptochaetium* y *Hordeum* formando una cubierta continua de alta estabilidad a las variaciones climáticas y de alta capacidad sustentadora de ganado (Figuras 31 y 32).

El efecto continuado de la cubierta vegetal sobre el edafotopo permitió la génesis de un suelo

bien estructurado, con características favorables para la producción de la fitocenosis natural y de los cultivos. Es posible que, en forma natural y con carácter subordinado, se hayan encontrado ejemplares aislados de escaso vigor y en densidades bajas, de algunas poblaciones de terófitas de los géneros *Adesmia*, *Plantago* y *Trisetobromus*.

La ubicación fisiográfica en hondonadas, donde se encuentra este ecosistema, cuya longitud del perímetro de ecotonos, en relación a la superficie que ocupa le hizo muy vulnerable a la invasión de los elementos vegetales de la fitocenosis circundante de los ambientes más desfavorables que le rodean. Es posible que el proceso natural de inmigración haya permitido el desarrollo de poblaciones vegetales naturales propias de las áreas circundantes que no correspondían al climax del llano.

Transformación retrogresiva

La fisiografía plana o casi plana del sector, el cual además, está entremezclado con valles ubicados en bajíos, y las disponibilidades de agua para la bebida, hizo que este ecosistema fuera altamente atractivo para la utilización por el hombre.

En la primera etapa de intervención, luego

de la colonización europea, el mecanismo de retrogradación de la fitocenosis fue la utilización más intensiva de los pastizales por parte del ganado introducido por los colonizadores, sin incurrir en una destrucción del medio abiótico. Originalmente, la ganadería de camélidos domésticos y silvestres tuvo incidencia limitada

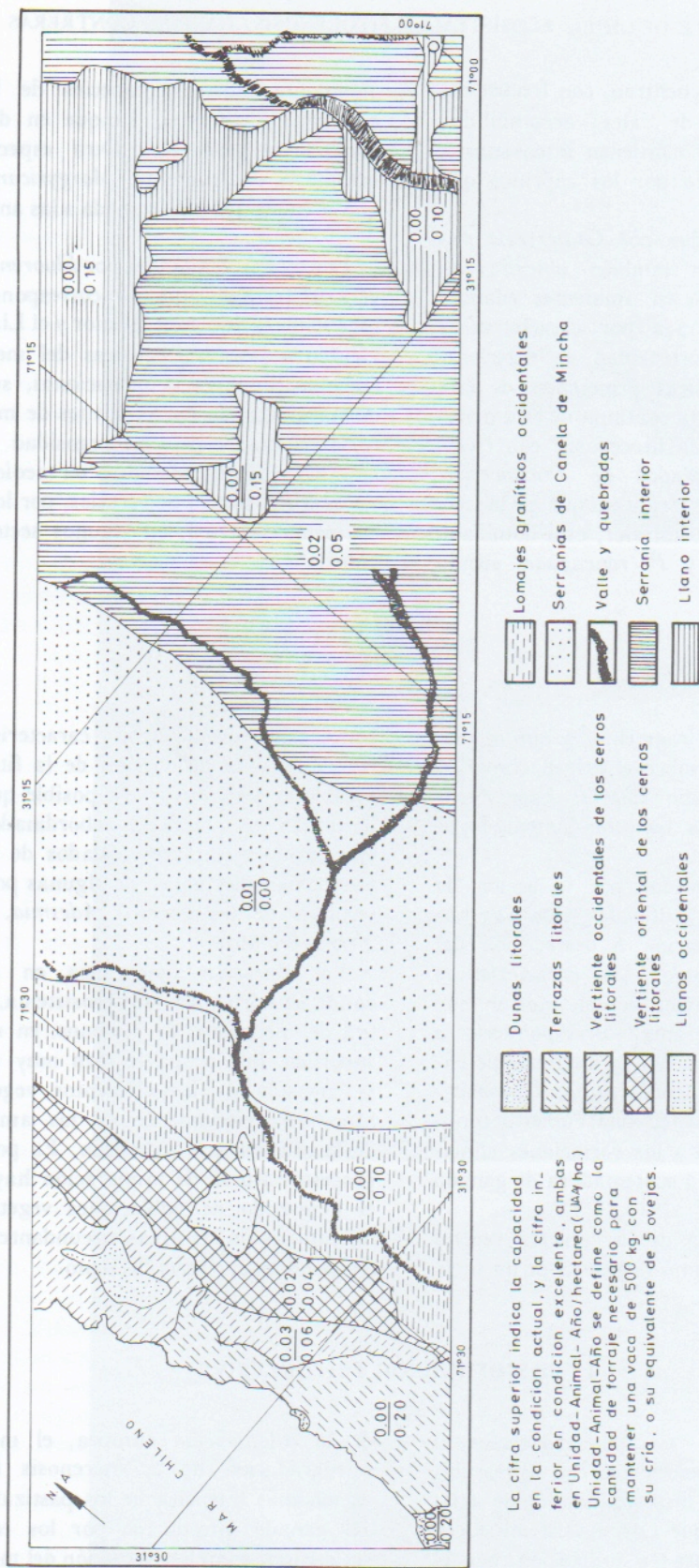


Figura 31. Carta de estimación de la capacidad sustentadora de la pradera en su condición actual y excelente. Sector Combarbalá, 1976

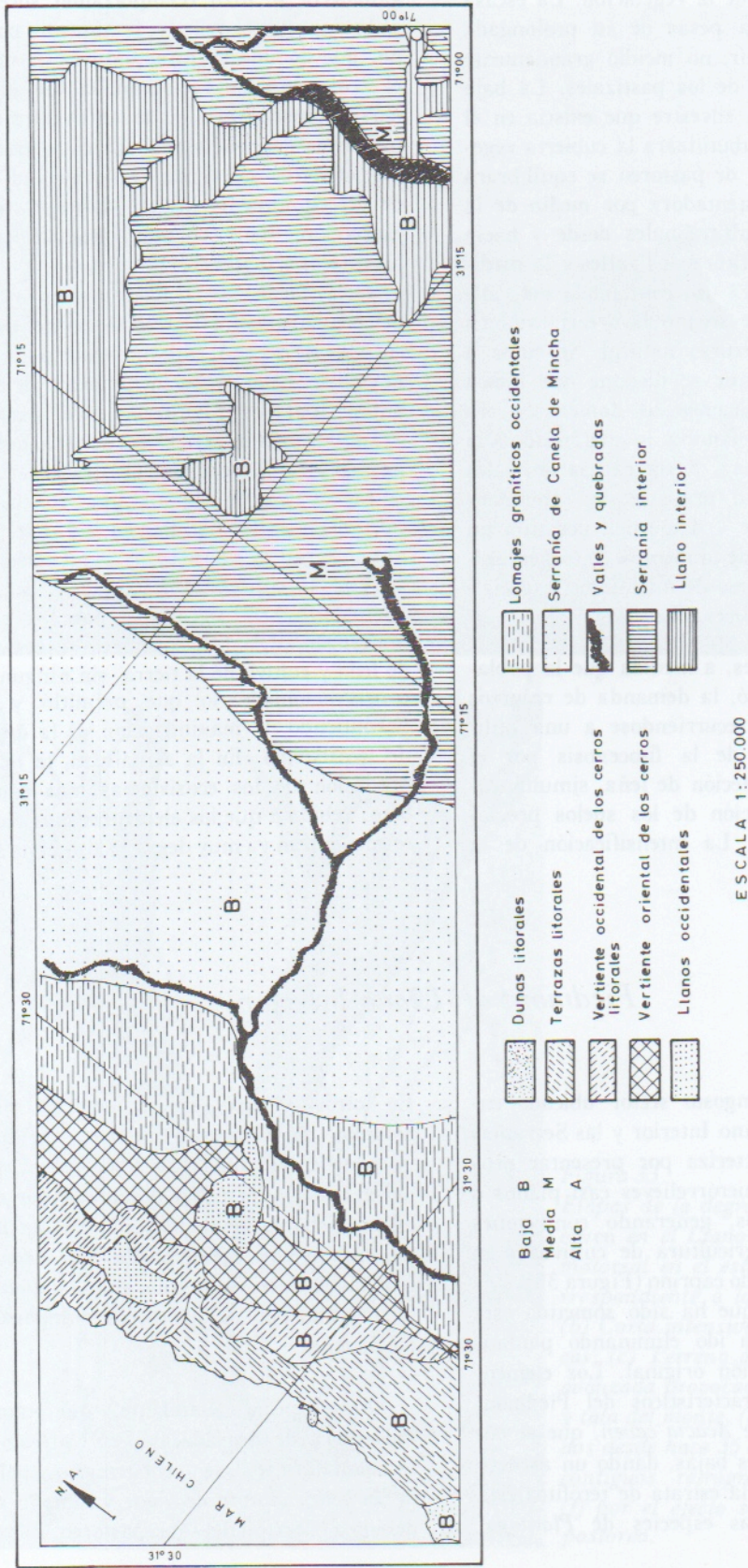


Figura 32.
 Carta de sensibilidad de la vegetación actual al sobrepastoreo. Sector de Combarbalá, 1976.

en la retrogradación de la vegetación. La escasa población humana, a pesar de su prolongada residencia en el sector, no incidió grandemente en la retrogradación de los pastizales. La baja densidad en la fauna silvestre que existía en el sector, hizo que se subutilizara la cubierta vegetal y, que la presión de pastoreo se equilibrara con la capacidad sustentadora por medio de la caza y migraciones altitudinales desde y hacia los cerros de mayor altura, los valles y la cordillera de los Andes. El uso combinado del valle y de las praderas de secano favorecía también la mantención del recurso natural. Se suma a ello la información que se dispone que indica que la dotación de camélidos domésticos era de sólo dos o tres por familia, lo cual, unido a la baja población humana, daría cargas animales inferiores al potencial pratense. La abundancia de fauna silvestre y doméstica permitía un suministro adecuado de alimentos de origen animal, tanto de aves como de mamíferos, especialmente guanacos y perdices (Hidalgo, 1972).

En algunos sectores, a medida que la población humana aumentó, la demanda de recursos fue también mayor, recurriéndose a una utilización más intensa de la fitocenosis por el ganado y por la extracción de leña, simultáneamente con la roturación de los suelos previamente no cultivados. La intensificación de la

ganadería se hizo reemplazando sucesivamente al bovino, por el ovino y, finalmente, por el caprino, que domina en la actualidad. A medida que el ecosistema se retrogradaba fue utilizándose más intensamente, como una estrategia para mantener su producción. El éxito que se logró fue efímero, pues con posterioridad, el grado de deterioramiento fue tan alto que hizo que la extracción fuera bajando gradualmente hasta los niveles actuales (Figura 33).

Otra forma de transformación retrogresiva del ecosistema, fue la utilización del recurso con cultivos de secano, especialmente trigo y cebada, lo cual se inició con la introducción de la tracción animal por los colonizadores hispanos, alcanzando su máximo en la segunda mitad del siglo pasado y en la primera del presente. Esta intensificación tuvo un segundo auge con la introducción masiva de maquinaria agrícola, que permitió la rotura de extensas superficies de suelos de estos ecosistemas del llano y, su posterior abandono al retrogradarse por los efectos simultáneos del sobrepastoreo excesivo, corta de leña y cultivo de la tierra, sin ninguna medida conservacionista, lo que permitió y continúa permitiendo, la maximización de la degradación del ecosistema. En la actualidad, la tasa de degradación de los ecosistemas más comunes es bajo, debido a que los elementos más vulnerables se encuentran ya muy degradados (Figura 34).

Piedmont del Llano Interior

Corresponde a un angosto sector ubicado entre la periferia del Llano Interior y las Serranías del Interior. Se caracteriza por presentar pendientes suaves, con microrrelieves casi planos o ligeramente ondulados, generando condiciones favorables para la agricultura de cultivos y la utilización por el ganado caprino (Figura 35).

El intenso uso a que ha sido sometida esta unidad de paisaje, ha ido eliminando paulatinamente a la vegetación original. Los elementos vegetales más característicos del Piedmont son las poblaciones de *Acacia caven*, que se encuentran en densidades bajas, dando un aspecto de sabana, en la cual la estrata de terófitas está dominada por diversas especies de *Plantago*.

En otros sectores, se encuentran ejemplares aislados de *Lithraea caustica*, en densidades que pueden ser altas. Ello hace pensar que originalmente la vegetación dominada por esta latifoliada arbórea fue de mayor importancia, siendo paulatinamente reemplazada por *Acacia caven* para luego ser devastada simultáneamente con la degradación de los otros componentes del ecosistema.

Otra especie abundante, que también es indicadora de degradación, es *Cestrum parqui*. Ocasionalmente se encuentran poblaciones de *Ephedra andina* de vigor y tamaño reducido, debido a la acción del sobrepastoreo.



Figura 33.

Etapas de la degradación del matorral de Acacia cavendishii en el Llano Interior. (a) Vista general del matorral en el estado actual de degradación, correspondiente a los sectores mejor conservados, (b) Corta intensiva de las ramas para leña y cercas, (c) Terreno abandonado por retrogradación avanzada provocada por el cultivo, sobrepastoreo y tala del monte, (d) Sector de cultivos abandonados desde hace 35 años en Quilitapia, (e) Sectores contiguos retrogradados por sobrepastoreo, y (f) por el efecto simultáneo del cultivo y sobrepastoreo.



Valles y quebradas

Situación actual

La unidad correspondiente a valles y quebradas se encuentra en todo el sector en estudio presentando propiedades diversas de acuerdo a su ubicación y las características mesoclimáticas y geomorfológicas del medio que le rodea. Uno de los atributos abióticos que le definen en su posición geográfica, que les sitúan en las depresiones de los cerros, es decir, enclavados entre éstos, los que a su vez les aportan sedimentos y escurrimientos hídricos desde los sectores ubicados a mayor altitud. Otras características que les definen son el origen depositacional del material edáfico, transportado principalmente por el agua, y la presencia de cursos de agua superficiales, que pueden ser permanentes, como ocurre principalmente en el curso inferior e intermedio de la cuenca, o bien estacionales, como sucede con frecuencia en el curso superior, especialmente en las quebradas de mayor altitud.

Las disponibilidades hídricas de los valles son superiores a las correspondientes a las precipitaciones propias del lugar, debido al escurri-

miento desde las laderas. El grado de disponibilidad hídrica disminuye desde el centro del cauce hacia la periferia. Este fenómeno origina una gradiente vegetacional desde comunidades hídricas que se desarrollan en suelos saturados o vegas dominadas por gramíneas, ciperáceas y juncáceas hacia el exterior, donde predominan las comunidades más xerófitas (Figura 36).

Una segunda dimensión de la organización de los ecosistemas de valles es altitudinal y topográfica que produce una gradiente vegetacional. En el curso superior, donde tienen su origen los cauces permanentes de agua que desembocan directamente al Océano Pacífico por el estero la Canela u otros, las comunidades predominantes pueden ser de *Colliguaya odorifera* y *Trevoa quinquinervis*, tal como ocurre en la parte más alta de las Serranías con exposición norte, donde predomina *Fluorensia thurifera* y *Trichocereus chilensis*. Se encuentran, además, en forma aislada ejemplares de *Schinus polygamus*.

Figura 36
 Piedmont de las Llanas
 Interiores (a) Material
 de Alarcía caen en las
 franjas de Quilta-
 pa. (b) Vegetación xeró-
 fita de suelos de su-
 saturación con *Ephedra*
 andina y *Cestrum parqui*
 intercalado. (c) Terreros
 de cultivos abandonados y
 subrepante-rodos en el
 Piedmont cercano a El
 Suro. (d) Restos de la
 Altiplano y del núcleo de una
 antigua lluvia, con su pa-
 ramiento de erosión (e) y
 (f) Ejemplar relicto
 aislado de *Lilium* cues-

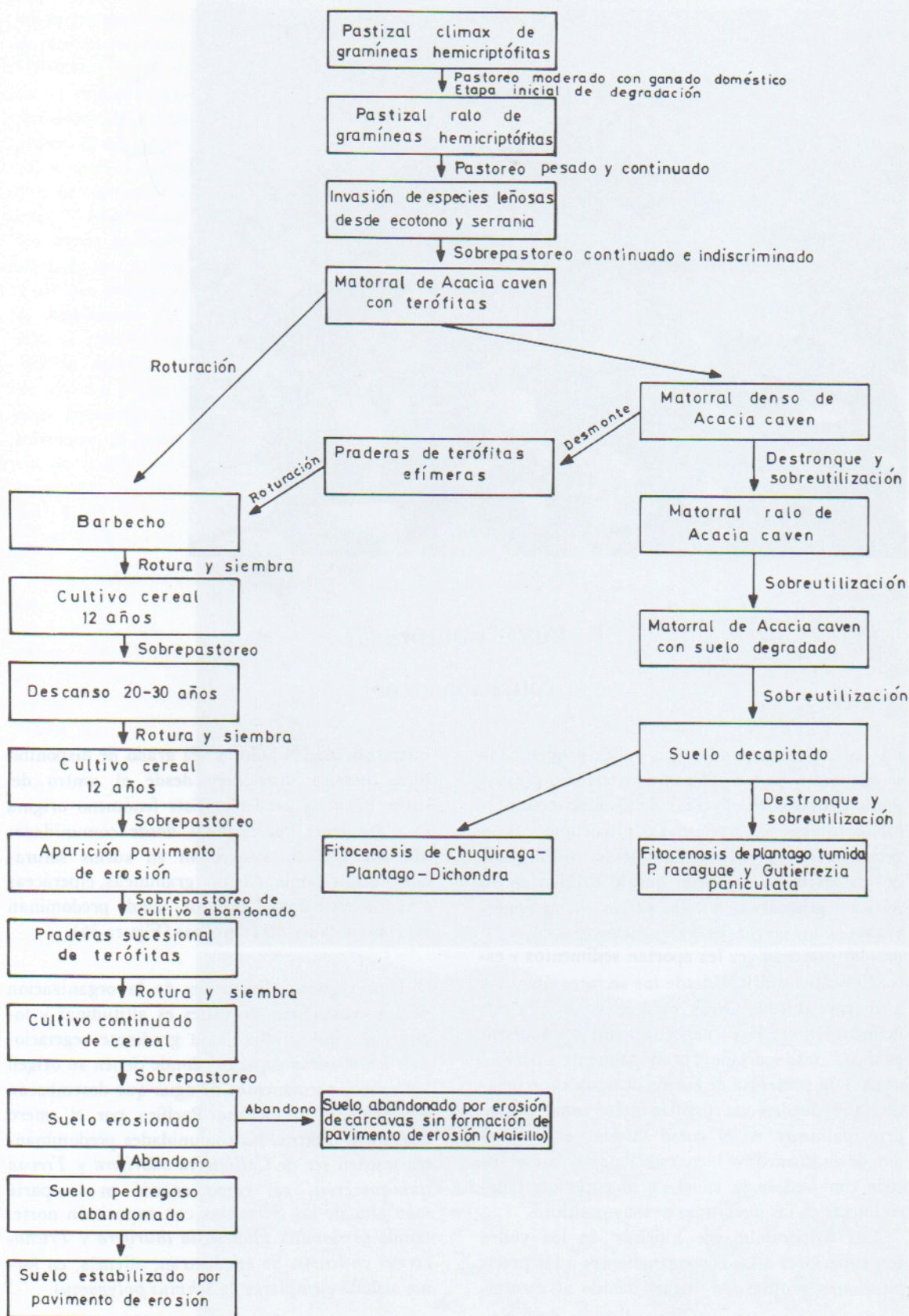


Figura 34.

Esquema hipotético de la retrogradación de los ecosistemas del llano interior.



Figura 35.
Piedmont de los Llanos
Interiores. (a) Matorral
de Acacia caven en los sue-
los graníticos de Quilita-
pia, (b) Vegetación retro-
gradada de anuales de au-
torresiembr e con Ephedra
andina y Cestrum parqui
intercalado, (c) Terrenos
de cultivos abandonados y
sobrepastoreados en el
Piedmont cercano a El
Sauce, (d) Restos de la
cerca y del suelo de una
antigua lluvia, con su pa-
vimento de erosión (e), y
(f) Ejemplar relictual
aislado de Lithraea caus-
tica.



Figura 36.
Ecosistema de Valles y Quebradas. (a) Vista general del valle del Pama donde predomina *Prosopis chilensis* y *Acacia cavendishii*, (b) Detalle del valle con las mismas especies dominantes, (c) Sector de cultivo abandonado y utilizado en pastoreo y para la cosecha de leña, (d) Cauce del río, vega riparia y matorral ripario dominado por *Baccharis sp.*, y (e) Valle del Llano Interior dominado por *Schinus molle*.

En las zonas y quebradas de los llanos interiores, dada las rigurosas condiciones edáficas y hídricas aparecen a menudo comunidades de *Schinus molle* entremezcladas o asociadas

de la vegetación e impide el desarrollo de fitosomas de mayor tamaño.

Hacia el exterior se encuentran comunidades dominadas por diversas especies de *Baccharis*



abundantes desde

hacia durante la tem-

peraturas, hasta ni-

ve edáfica. La florec-

de las nanolacrafitas,

regioles, por cuanto

cuando ni las sucios

de. La alta pedregosi-

del material y al

del perfil, hacen

el más adecuado para

interior, existe una

característico y de

del valle de la zona. La

por una estrata de

de *Prosopis chilensis* y *Acacia*

erófitas está caracte-

ridada de *Gouania*

que se encuentran

estrata de yerbitas

denominada por *Erodium*

Figura N.
Ecorregión de Valles y
Quebradas del Norte de
Chile, del valle del Puma
al sur, provincia Fran-
cochagua y Aconcagua
con las montañas de
Cordillera de la
Cruz del Sur y
Cordillera de la Cruz
del Norte. El valle
del Puma y el valle
del Aconcagua son
valles de tipo
interandino y
de tipo monta-
ñoso. El valle del
Puma y el valle
del Aconcagua son
valles de tipo
interandino y
de tipo monta-
ñoso.





En los valles y quebradas de los Llanos Interiores, dada las mejores condiciones edáficas e hídricas aparecen a menudo comunidades de *Schinus polygamus* entremezcladas ocasionalmente con microfanerófitas de mayor desarrollo. En los sectores de los Llanos Interiores, donde la pendiente es suave y el valle alcanza una mayor amplitud, se producen estancamientos hídricos que provocan, durante la estación de las lluvias, la presencia de napas hídricas sobre el suelo y durante la mayor parte del tiempo existen napas subterráneas, a escasa profundidad. Puede existir, además de ello, cauces permanentes de agua en la superficie, como ocurre en el sector del río Pama. Ello da origen a sectores de cultivos y plantaciones de árboles frutales introducidos. Las poblaciones humanas y villorrios se concentran en estos sectores dada las condiciones favorables para la vivienda, agricultura y bebida (Figura 37).

El ecosistema ripario corresponde al de vega y es de escasa importancia debido al reducido sector que cubre, aun cuando suministra abundante forraje tierno, especialmente en las épocas desfavorables. La presencia de agua hasta la superficie del suelo limita el crecimiento

de la vegetación e impide el desarrollo de fisionomías de mayor tamaño.

Más al exterior se encuentran comunidades dominadas por diversas especies de *Baccharis* que caracterizan, también, ambientes donde el suelo se encuentra saturado, durante la temporada de escurrimientos naturales, hasta niveles cercanos a la superficie edáfica. La fitocenosis pura, dominada por estas nanofanerófitas, es de escaso interés antropogénico, por cuanto no produce forraje ni combustible ni los suelos son favorables para el cultivo. La alta pedregosidad, unido a la textura gruesa del material y al grado de saturación hídrica del perfil, hacen que este ecosistema no sea el más adecuado para la producción de cultivos.

En la faja contigua a la anterior, existe uno de los ecosistemas más característico y de mayor incidencia en el desarrollo de la zona. La fitocenosis está dominada por una estrata de densidad media de *Prosopis chilensis* y *Acacia caven*. La estrata de nanofanerófitas está caracterizada por ejemplares aislados de *Cestrum parqui* y *Schinus polygamus* que se encuentran en densidades muy bajas. La estrata de terófitas de esta fitocenosis está dominada por *Erodium*

Figura 37.

Ecosistemas de valles y quebradas. (a) Valles angostos y escalonados en quebrada de la Serranía Interior con predominio de Escallonia pulverulenta, Escallonia illinita (E. pulverulenta es muy escasa en esa zona), Maytenus boaria y diversas especies de Baccharis, (b) Valle depositacional en el sector de Junquillar dominado por Haploppappus glutinoso, Colletia spinosa, Senecio sp., Gutierrezia paniculata y Erigeron sp., (c) Detalle del centro del valle en Junquillar, (d) Caja de río en el sector de Llano Largo y, (e) Valle aluvial con suelos de depositacionales formando valles de buena calidad, cerca de Canela Alta.





1987

El sector A...

El sector B...

El sector C...

El sector D...

El sector E...

El sector F...

El sector G...

El sector H...

El sector I...

El sector J...

El sector K...

El sector L...

El sector M...

El sector N...

El sector O...

El sector P...

El sector Q...

El sector R...

El sector S...

El sector T...

El sector U...

El sector V...

El sector W...

El sector X...

El sector Y...

El sector Z...

cicutarium, *Plantago tumida*, y *P. rancaguae*; entre las hemicriptófitas sobresale *Dichondra repens*.

El sustrato donde se desarrolla la comunidad es muy variable, debido a su origen aluvial, mezclándose proporciones muy diversas de piedras redondeadas con partículas finas de arena, limo y arcilla, dando lugar a suelos de buena o regular aptitud para los cultivos.

Algunos sectores se encuentran en la actualidad desprovistos de la estrata arbórea y rodeados de pircas que son una evidencia que en el pasado fueron utilizados por algún tiempo con cultivos. En otros sectores, la presencia de árboles frutales, especialmente, perales e higueras y de casas abandonadas, expresan una mayor productividad pretérita del ecosistema.

En el sector intermedio, las características geomorfológicas del suelo, hace que se generen valles angostos sin depositación de partículas finas, donde el movimiento del agua ha carcomido el fondo de la quebrada. Bajo tales circunstancias, no existe un valle propiamente tal sino que quebradas con algunos ejemplares aislados de especies más exigentes en disponibilidades hídricas, como ocurre con algunos representantes del género *Baccharis*. Las características geomorfológicas propias de este sector producen, a menudo, ensanchamientos y sectores depositacionales pequeños que les dan un aspecto de escalones o peldaños. En esos hábitats, se desarrollan comunidades reducidas, donde predominan *Baccharis pingraea*, *B. rosmarinifolia*, *B. paniculata*, *Maytenus boaria*, *Haplopappus glutinosus*, *Escallonia pulverulenta*, *Pleocarpus revolutus* y otras, que denotan claramente la presencia de condiciones hídricas y edáficas muy favorables para el crecimiento de la vegetación. El área total ocupada por estos ecosistemas es pequeña.

Al descender el valle al sector de Junquillar, se inicia la zona depositacional, donde la fitocenosis se desarrolla sobre material transportado por agua en movimiento. Dada la pendiente, predominan las piedras redondeadas y ripio junto con partículas de arena y otros materiales. La amplitud de la depresión de la Serranía permitió la formación de un llano pedregoso que en algunos sectores alcanza hasta cerca de un kilómetro de ancho.

En este llano predomina *Schinus polyga-*

mus, *Lithraea caustica*, *Baccharis paniculata*, *B. rosmarinifolia*, *Cestrum parqui*, *Cassia coquimbensis*, *Ephedra andina*, *Adesmia microphylla*, *Atriplex repanda*, *Plaeocarpus revolutus*, *Solanum tomatillo*, *Acacia caven* y, ocasionalmente, *Quillaja saponaria*. Las características generales del sustrato, su ubicación fisiográfica y el uso por los asentamientos humanos expresan su bajo potencial productivo para plantas herbáceas. Su potencial es favorable para las nano y microfanerófitas tan características de este ambiente de caja de río. Estos ambientes, en su estado actual, son favorables sólo para la explotación de ganado caprino y asnal.

El sector inferior corresponde a depositaciones sedimentarias que ocurrieron en los períodos geológicos anteriores con material más fino, constituyendo los mejores ambientes para la agricultura de cultivos. Actualmente permanecen aún algunos relictos fragmentarios de la vegetación boscosa que dominaba la fitocenosis con anterioridad a la intervención antropogénica. En este sector se practica agricultura más intensiva, encontrándose asentamientos humanos más densos, agrupados en villorrios. La especie arbórea dominante es *Schinus latifolius* que crece a orillas de los cercos y disperso en los suelos de cultivo. Es en estos ambientes estables donde los grupos humanos permanentes centralizan su actividad constituyendo unidades periféricas desde donde se incursiona a buscar la cosecha de las Serranías y Lomajes, tanto para hacer agricultura como para utilizar los recursos silvipastorales. El sector inmediatamente inferior debido a sus características de amplitud y pendiente, es el de menor utilización.

La parte inferior del Valle corresponde al Llano Litoral o barra del río de la cuenca, donde el llano es amplio, de varios kilómetros, de topografía plana y de escasa pendiente. Por sus características abióticas pueden ser utilizados intensamente en agricultura teniendo como única limitante las disponibilidades hídricas y el drenaje.

Las condiciones favorables del ambiente para la vida y actividad humana están claramente demostradas en el villorrio de Huentelauquén por ser uno de los poblados más antiguos y donde, además, se alcanzó un mayor grado de desarrollo cultural.

Clímax

La fisionomía general del valle en su etapa climática se aproxima a la actual en las regiones de quebradas, de serranías, cauce abrasivo y llanos del cauce abrasivo. La presión pastoral, actuando como operador de transformación, es mínima, dado que el valor pastoral de la comunidad clímax es bajísimo. La vulnerabilidad del suelo al cultivo, dado el tamaño reducido de las unidades susceptibles de ser aradas es muy baja, salvo en algunos sectores densamente poblados, como ocurre en las quebradas de las comunidades de Canela Baja, Canela Alta y otras contiguas.

La mayor diferencia entre el estado actual del ecosistema y el clímax es la reducción de las sinusias arbóreas provocada por la corta indiscriminada de árboles maderables y productos de combustibles. Fisionómicamente, la diferencia no es muy marcada salvo por la reducción de las poblaciones arbóreas ya citadas.

El segmento del valle correspondiente al Llano Interior, en los ambientes más favorables, en su etapa clímax original, estaba cubierto por especies latifoliadas de mayor productividad y calidad; estas poblaciones son de menor estabilidad en los ambientes deteriorados. El clímax

original correspondía al de bosque, dominados principalmente por *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*. Dada su escasa persistencia bajo la acción destructiva del leñador, sobrepastoreo y cultivos, desapareció permaneciendo solamente fragmentos minúsculos que demuestran su existencia en el pasado.

En el segmento depositacional de partículas finas, donde se encuentran ubicados los villosos de Canela Baja y Canela Alta, la acción del hombre fue orientada inicialmente hacia el bosque latifoliado de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba*, que probablemente cubría, como formaciones boscosas, ocupando esos ambientes favorables.

La vegetación más exuberante del valle y la de mayor productividad correspondía al sector litoral depositacional del río que tenía, de acuerdo a las condiciones hídricas, una gradiente climática, que va desde la vega riparia, donde el suelo se encuentra permanentemente saturado, hasta la superficie, pasando por el matorral hídrico, donde predominaban algunas nanofanerófitas latifoliadas, hasta llegar al bosque hídrico y mésico, actualmente desaparecidos.

Transformación retrogresiva

La utilización de la vegetación boscosa de los valles del Llano Interior, provocado por la tala indiscriminada de las especies leñosas simultáneamente con el sobrepastoreo y rotura del suelo para el cultivo, provocó una secuencia sucesional que condujo, en los sectores más altos, a la formación de comunidades casi puras de *Schinus polygamus* (Figura 38A).

En los lugares más bajos de los valles del Llano Interior la retrogradación condujo al desarrollo de un bosque abierto, dominado por *Prosopis chilensis*. La sobreutilización y destrucción de las Serranías y del Piedmont originó simultáneamente un mayor escurrimiento superficial y un menor consumo hídrico de la vegetación riparia, resultando en la expansión de *Pro-*

sopis chilensis, especie que originalmente se encontraba subordinada al bosque latifoliado y en sectores muy restringidos.

El desarrollo del bosque de *Prosopis chilensis* provocó la expansión de un recurso requerido posteriormente en demanda creciente. Este recurso fue utilizado en mayor intensidad por el hombre, por lo cual, el bosque sucesional denso de esta especie empezó a ser raleado, tanto para la utilización de su madera como por la apertura de suelos para cultivo y pastoreo.

El uso continuado de este recurso, especialmente desde mediados del siglo pasado, ha provocado una degradación constante de la fitocenosis, hasta llegar al estado actual, donde sólo se encuentran ejemplares aislados de bajo

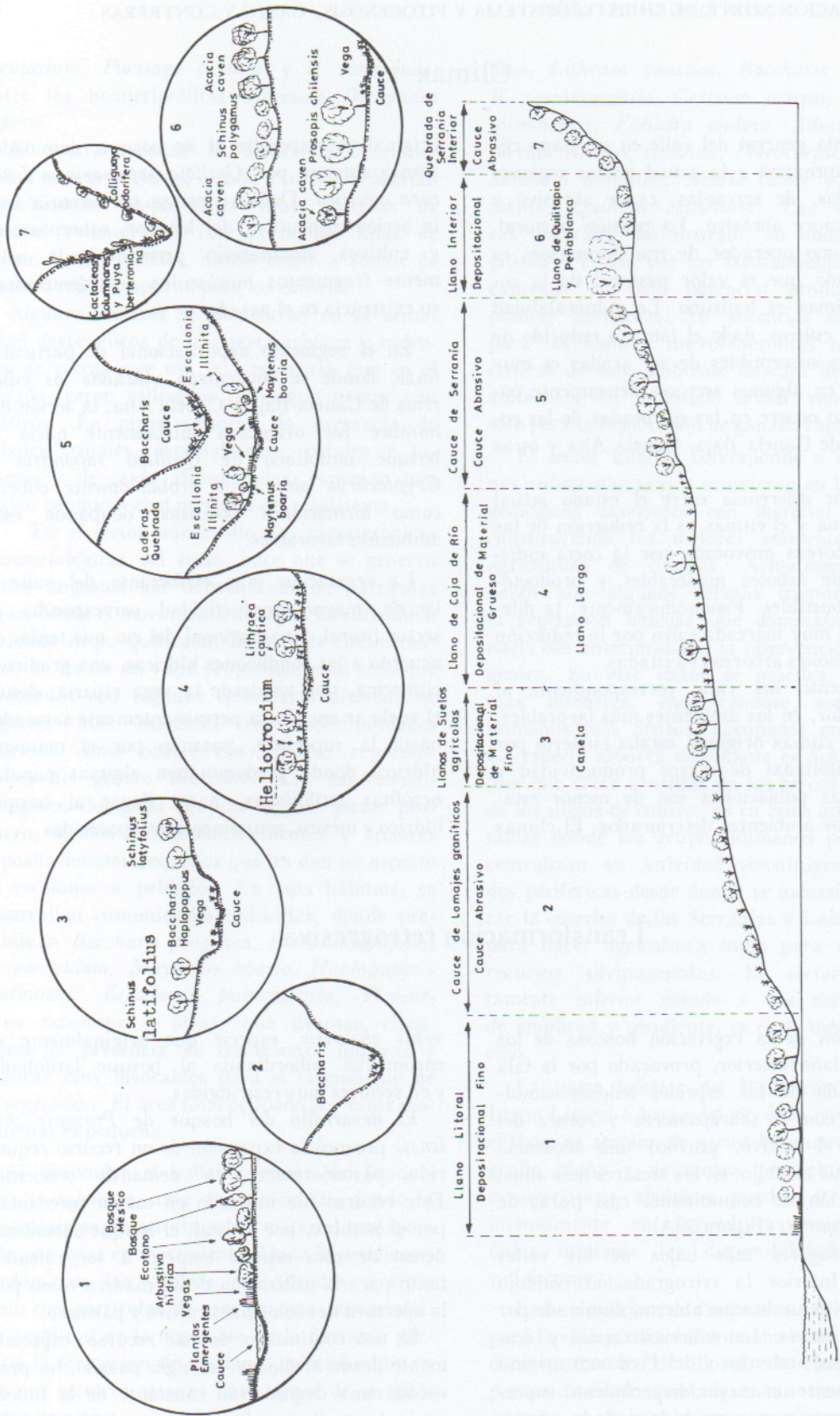


Figura 38.
Esquema generalizado de los valles y quebradas.

vigor, que constituyen un renoval del bosque pretérito. Las condiciones para el cultivo se han deteriorado también, alcanzando rendimientos cada vez menores, que llegan al límite de la marginalidad de su utilización.

Los sectores conocidos como lluvias abandonadas, en el transcurso del tiempo, han llegado a ocupar la mayor parte del valle del Llano Interior. La cubierta pedregosa densa refleja un perfil anterior superior al actual, donde, incluso los agricultores más modestos, contemplan un horizonte pesimista en torno a su posible utilización. Sólo en los años de pluviometría más

favorable parece aconsejable su cultivo con cereales en condiciones de secano.

En la zona depositacional de suelos de partículas finas en el sector de La Canela, la vulnerabilidad del recurso es menor. La transformación del bosque natural y su reemplazo en ecosistemas de cultivo, es probablemente anterior a la llegada del colonizador europeo. La baja vulnerabilidad ha permitido generar arquitecturas ecosistemáticas estables, aun cuando ello ha significado una transformación total de la fitocenosis original por otras de cultivos anuales alternados con barbechos.

Serranía Interior

Situación actual

Las fitocenosis dominantes del sector deben ser descritas en torno a un gradiente altitudinal y de pendiente, que regula la formación de comunidades nítidamente definidas.

En los sectores rocosos superiores la comunidad característica está dominada por *Colliguaya odorifera* y *Puya berteroniana*. En algunos sectores de la zona, aparece como tercera dominante una especie endémica que sólo se encuentra en áreas restringidas de la IV Región de Chile. *Dodonaea viscosa* (Figura 39). Otras especies que destacan son las siguientes: *Adesmia microphylla*, *Gochnatia glutinosa*, *Plantago tumida*, *Erodium cicutarium*, *Sphaeralcea* sp., *Medicago polymorphe*, *Stipa plumosa*, *Nassella* sp. y *Chorizanthe* sp. Las hemicriptófitas se encuentran protegidas por los arbustos, pero en densidades muy bajas alcanzando un tamaño considerable. La característica principal de este hábitat es la pendiente pronunciada, superior al 25%, la abundancia de rocosidad superficial y la pedregosidad, también elevada. La atractividad de este ecosistema al pastoreo, dado su valor pastoral y su posición topográfica, es baja.

El sector inferior a esta comunidad puede estar dominado por una estrata monófitas de *Dodonaea viscosa*, lo cual representa su ecotono inferior. En otros lugares, en cambio, el ecotono corresponde a la comunidad, más o menos pura

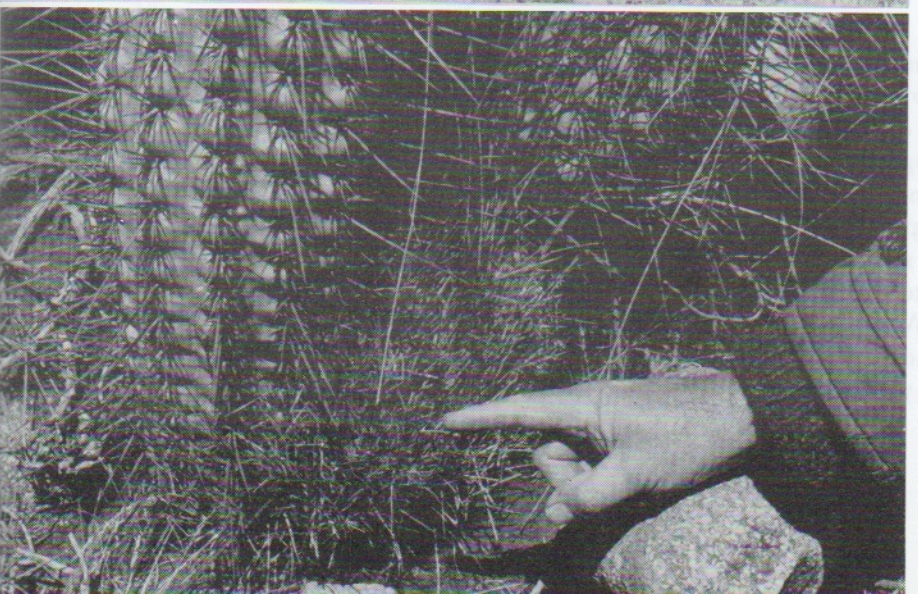
de *Colliguaya odorifera*. La superficie del suelo donde se encuentra esta fitocenosis está, a menudo, cubierta de un pavimento de pequeñas piedras. La estrata de terófitas es abundante y se encuentra dominada principalmente por *Plantago tumida* y *P. litorea*; debiéndose resaltar la abundancia de algunas especies leguminosas, forrajeras como *Lotus subpinnatus* y *Adesmia tenella*. De acuerdo a la pendiente y altitud del ecosistema puede presentarse en comunidades muy extensas donde domina especialmente, en exposición sur, en altitudes cercana a 1.000 m.s.n.m. (Figura 40).

La fitocenosis del horizonte altitudinal ubicado en la secuencia inmediatamente inferior está dominada por una estrata de nanofanerófitas bajas y discontinuas, donde predomina *Flourensia thurifera* y *Gutierrezia paniculata* con algunos ejemplares aislados y en baja densidad de *Trichocereus coquimbensis*. La estrata de terófitas es abundante donde predomina *Erodium cicutarium*, *Adesmia tenella*, *Plantago tumida* y *P. litorea*, además de una hemicriptófitas, *Dichondra repens*. La estrata inferior y de transición espinal está dominada por una nanofanerófitas baja, *Chuiraga acicularis* (Figura 42). La baja densidad, el escaso desarrollo de especies palatables, la pendiente del terreno y su fácil accesibilidad, hacen

Figura 39.

Ecosistemas de Serranía Interior. (a) Sector dominado por *Colliguaya odorifera* y *Puya berteroniana*, (b) Ladera cercana a Combarbalá dominada por *Trichocereus coquimbensis*, *Ephedra andina*, *Proustia pungens*, *Adesnia microphylla* y *Puya berteroniana*, (c) Fitoceñosis de *Trichocereus coquimbensis* y *Flourensia thurifera*, (d) Arbusto de la especie *Bridgesia incisaefolia* intensamente ramoneado, protegido solamente por la roca, (e) *Ephedra andina* y, (f) *Nasella pungens* intensamente ramoneadas, protegida por *Trichocereus coquimbensis*: al igual que en los casos anteriores corresponden a fragmentos relictuales de la comunidad clímax original y, (g) *Acacia caven* creciendo en la cumbre de las Serranías en un suelo profundo pero cubierto por un horizonte pedregoso superficial, denso o pavimento por erosión.





El sistema de
 en la zona de
 a la zona de
 ha debido
 especialmente de
 donde ha sido
 tóxicas, espe-
 los gases de
 desaparecen
 ejemplo: en
 por el hecho de



pensar que corresponde a una etapa sucesional retrogradada donde aún existen algunos elementos fragmentarios del clímax.

En los lugares más escarpados y con exposiciones que provocan ambientes más áridos la gradiente vegetacional desde la comunidad de *Gutierrezia paniculata*, *Flourensia thurifera* conduce a otra dominada por *Trevoa quinquinervis*. En los ambientes más áridos puede constituir comunidades casi puras o entremez-

cladas con otras especies, incluso en lugares con pendientes suaves de hasta 8%. En los años secos puede constituirse en un valioso recurso de subsistencia para el ganado como ramoneo, aunque su palatabilidad es baja.

En los ambientes más desfavorables, de pendientes y rocosidad mayores, la comunidad dominante corresponde a cactáceas columnares de los géneros *Trichocereus* y *Eulychnia* (Figura 41).

Clímax

El ecosistema dominado por *Puya berteroniana*, *Colliguaya odorifera* y *Dodonaea viscosa* presenta una etapa clímax levemente diferente a la actual. La retrogradación del ecosistema se ha debido principalmente al efecto del pastoreo, especialmente de caprinos. La acción del herbívoro ha sido mayor sobre la estrata de hemicriptófitas, especialmente gramíneas perennes de los generos *Stipa* y *Nassella*, las cuales han ido desapareciendo gradualmente, encontrándose ejemplares aislados y de vigor reducido en la base del tronco de las nanofanerófitas o en

los ambientes protegidos por plantas con espinas u otras estructuras anatómicas de las estratas superiores, o bien protegidas por rocas o piedras. La palatabilidad de las nanofanerófitas dominantes es baja, por lo cual el efecto depresivo originado por la acción del ganado no es considerable.

La retrogradación de las estratas superiores liberó territorios que fueron ocupados por las terófitas, las cuales, debido a las características del medio abiótico, no alcanzan gran desarrollo. La productividad de forraje utilizable

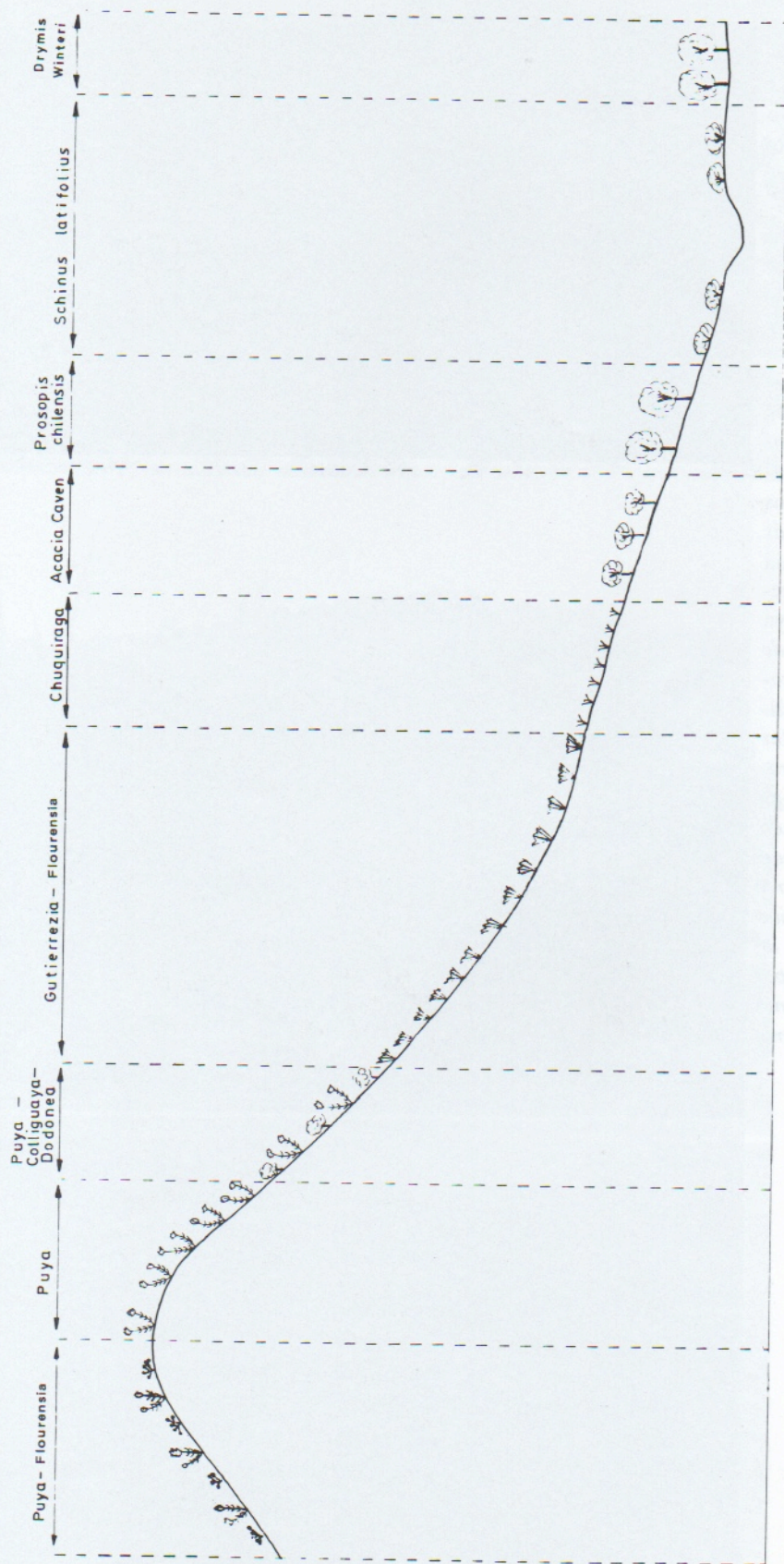


Figura 40.
 Esquema general de la secuencia altitudinal del sector de la serranía interior y del valle correspondiente.

Figura 41.

Ecosistemas de la Serranía Interior dominados por *Colliguaya odorifera* o retrogradado desde este clímax. (a) Fitocenosis casi pura de *Colliguaya odorifera*, (b) Comunidad de *Colliguaya odorifera*, *Treboá quinquinervis*, también en exposición sur, (c) Comunidad de *Colliguaya odorifera* y *Puya berteroniana*, (d) Comunidad de *Colliguaya odorifera* en suelo granítico, (e) Fitocenosis de *Trichocereus coquimbensis* se ven más ejemplares de *Eulychnia* sp. que de *Trichocereus* sp, y *Colliguaya odorifera*, (f) Cultivo de *Triticum vulgare* en ecosistema clímax de *Colliguaya odorifera*, similar al de la primera fotografía, (g) Terreno análogo al anterior abandonado luego de su retrogradación por cultivo y sobrepastoreo, (h) Terreno de cultivo abandonado por más de veinte años e invadidos por *Baccharis linearis* como especie arbustiva dominante.





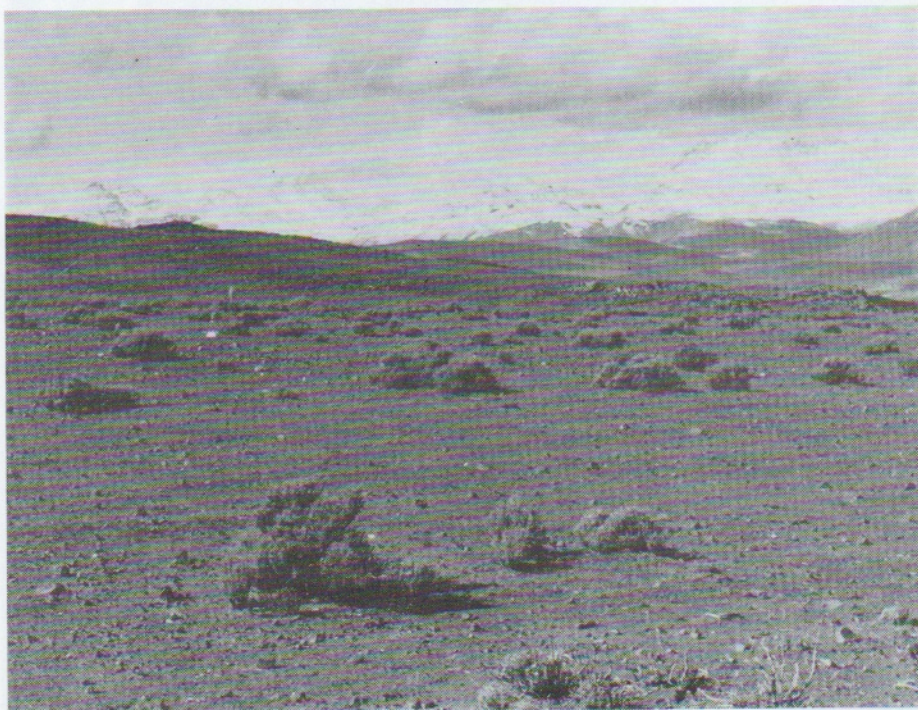
Figura 42.
 Ecosistema de Serranía
 Interior: (a) Detalle de
 una comunidad domi-
 nada por *Cordia alliodora*
 con ejemplares aislados
 de *Castilleja columbacea*,
Triplaris y *Eulychnis*.
 (b) Vista general de una
 comunidad dominada por
Cordia alliodora, en ex-
 posición norte; (c) *Pitheco-
 cactus* de *Portulaca chilensis*
 con *Trochococcus chilensis*
 en la ladera baja de la Se-
 rranía Interior; (d) Comu-
 nidad de *Troxus quin-
 quiteria*; (e) Comu-
 nidad de *Chusquea acicu-
 laris*.

Figura 11.
 Evolución de la SPT
 en Interior dominado
 por *Colliguaya odorifera*
 retrogradada desde el
 límite del Paleoceno a
 el paso de *Colliguaya odori-*
fera. (a) Comunidad de
Colliguaya odorifera, *Ty-*
pha quinquevulva, *Trich-*
oceros en exposición var.
 Comunidad de *Colliguaya*
odorifera y *Puya berter-*
iana. (b) Comunidad de
Colliguaya odorifera
 núcleo grande. (c) *Puya*
berteriana y *Trichoceros*
quinquevulva en sus
 ejemplares. (d) *Eulycium*
sp., *Trichoceros*
sp. y *Colliguaya*
odorifera. (e) *Citrus*
Trichoceros en su
 sistema silvático de *Colligu-*
aya odorifera, similar
 al de la primera *Pligiosa-*
lia. (f) *Terras* endoge-
 nas, *abandonadas*
 luego de la retrogradación
 por *colliguaya* y *abandonadas*.
 (A) *Terras* de cultu-
 ra abandonada por *colligu-*
aya y *abandonadas* por
Baccharis hirsuta con
citrus *abandonada* des-





Figura 42.
 Ecosistema de Serranía Interior. (a) Detalle de una comunidad dominada por *Cordia decandra* con ejemplares aislados de cactáceas columnares, *Trichocereus* y *Eulychnia*, (b) Vista general de una comunidad dominada por *Cordia decandra*, en exposición norte, (c) Fitocenosis de *Porlieria chilensis* con *Trichocereus chilensis* en la ladera baja de la Serranía Interior, (d) Comunidad de *Trevoa quinquinervis* y, (e) Comunidad de *Chuquiriga acicularis*.



por ovinos y bovinos es pequeña, siendo algo mayor para el caprino. El aumento progresivo de la masa caprina, en relación a las otras dos especies, que ha ocurrido durante los últimos años, ha significado una mayor intensidad de uso, lo cual frecuentemente no es exagerada, en esta unidad o ecosistema.

El ecosistema de *Colliguaya odorifera* presentaba también un clímax similar al actual. Al igual que en el caso anterior, las sinusias subordinadas de especies arbustivas pequeñas y de hemicriptófitas con valor forrajero, se encontraban en una proporción mayor, aunque en muchos casos similar a la actual. Lo dicho anteriormente es válido también para los ecosistemas dominados por *Dodonaea viscosa* cuyo clímax era muy similar a la etapa sucesional actual, presentando la misma tendencia de retrogradación que el ecosistema de *Colliguaya odorifera*. Debe mencionarse en este caso, que existe una diferencia fundamental en este último ecosistema, pues se trata de una especie endémica del lugar, que crece sólo en localidades muy específicas.

En el horizonte altitudinal inferior se pre-

senta nítidamente identificado el ecosistema dominado por *Gutierrezia paniculata* y *Flourensia thurifera*. La fitocenosis clímax, originalmente correspondía a sinusias diferentes a la actual. Los elementos que presentan la mayor diferencia son la población de *Flourensia* que originalmente estaba representada por ejemplares de mayor tamaño y vigor, y la estrata de hemicriptófitas que era de mayor importancia, dándole a la fitocenosis un aspecto de pastizal de gramíneas perennes amacolladas. La estrata de *Gutierrezia* originalmente estaba ausente y el espacio ocupado en la actualidad por esta población, era el que correspondía a las gramíneas perennes.

La estrata altitudinal inferior, que corresponde a la fitocenosis dominada por *Chuquiraga acicularis*, que en su etapa clímax constituía un pastizal de gramíneas perennes, donde los elementos leñosos estaban ausentes y la estrata de terófitas era de escasa importancia; al igual que lo ocurrido con otras comunidades degradadas de nanofanerófitas bajas en California e Israel (Naveh, 1967).

Transformación retrogresiva

El mecanismo causante de la retrogradación de todas las estratas altitudinales es el sobrepastoreo y, de manera muy secundaria, la corta de leña. Por razones de la accesibilidad a estas unidades de paisajes, donde se conjuga su posición geográfica, disponibilidades de agua para la bebida, accesibilidad al hombre y al ganado, y otras, hacen pensar que no han sido excesivamente sobreutilizadas, especialmente los ecosistemas más abruptos y de mayor pendiente. No existe evidencia de rotura de suelo, por lo cual, la retrogradación tuvo posiblemente su origen en el sobrepastoreo. Las especies más

palatables, tanto de gramíneas perennes como de nanofanerófitas, son las que han sufrido el mayor daño, llegando en algunos casos a desaparecer casi por completo.

El empeoramiento del funcionamiento del ecosistema, debido a la menor tasa de infiltración y a los ciclos biogeoquímicos más abiertos, con menor disponibilidad de nutrientes minerales y conservación del suelo, es la causa principal de la reducción pronunciada de la productividad en los ambientes de ladera media y ladera baja donde las gramíneas perennes eran el componente más importante.

Manejo y utilización del recurso

Las lluvias son pocas, mas su terreno es tan grato que con cortedad le fecundiza y causa una florida primavera.

DE CORDOVA Y FIGUEROA
San Bartolomé de La Serena, 1740

El estado actual de los ecosistemas descritos es el reflejo de la interacción de sus características propias con el uso a que han sido sometidos durante periodos prolongados (Cuadro 1). La intensidad de uso, que inicialmente fue moderada ha ido paulatinamente incrementándose, hasta llegar a niveles que se encuentran muy por encima de la capacidad productiva correspondiente al estado actual de cada uno de los ecosistemas (Figura 43).

La situación descrita en el párrafo anterior se ha ido traduciendo en una reducción gradual de la productividad que cada vez se aleja más de las necesidades de la creciente población humana que habita en el sector. Ello ha creado una co-

rriente emigratoria hacia otros ecosistemas más productivos quedando, sin embargo, un remanente humano que continúa sobreutilizando los recursos en intensidades que sobrepasan los niveles que recomiendan las normas más elementales de conservación de recursos naturales.

La limitante principal de la productividad de los ecosistemas evolucionados singénicamente hasta etapas cercanas al clímax es la disponibilidad hídrica. A medida que el ecosistema se deteriora, la limitante hídrica empieza a ser de menor incidencia, dando lugar a que otras limitantes empiecen a actuar en forma prioritaria, como ocurre cuando se degrada la vegetación, el suelo y la fauna.

Cuadro 1
Atributos de los ecosistemas en relación a los factores de desertificación

Unidad de paisaje	Sensibilidad de la vegetación actual		Atractividad		Condición		
	Sobre-pastoreo*	Cultivos*	Cosecha de biomasa	Cultivación*	Condición**	Tendencia***	Intensidad actual de utilización****
Dunas litorales	B	A	B	B	P	↓	S
Terrazas litorales	B	B	M	A	P	↓	S
Vertiente occidental cerros litorales	B	A	M	M	R	↓	S
Vertiente oriental cerros litorales	B	M	M	M	M	↓	S
Planos occidentales	B	B	B	A	MM	↓	S
Lomajes graníticos occidentales	B	B	A	A	P	↓	S
Valles y quebradas	M	B	A	A	M	→	S
Serranía interior	M	A	B	B	R	↓	S
Llano interior	B	B	A	A	P	→	S
Serranías de Canela de Mincha	B	B	A	A	M	↓	S

*Alta

M Media

B Baja

**R Regular

M Mala

MM Muy mala

P Pésima

***↑Mejoradora

→Estabilizada

↓ Degradante.

****S Sobreutilización

M Moderado

U Subutilización

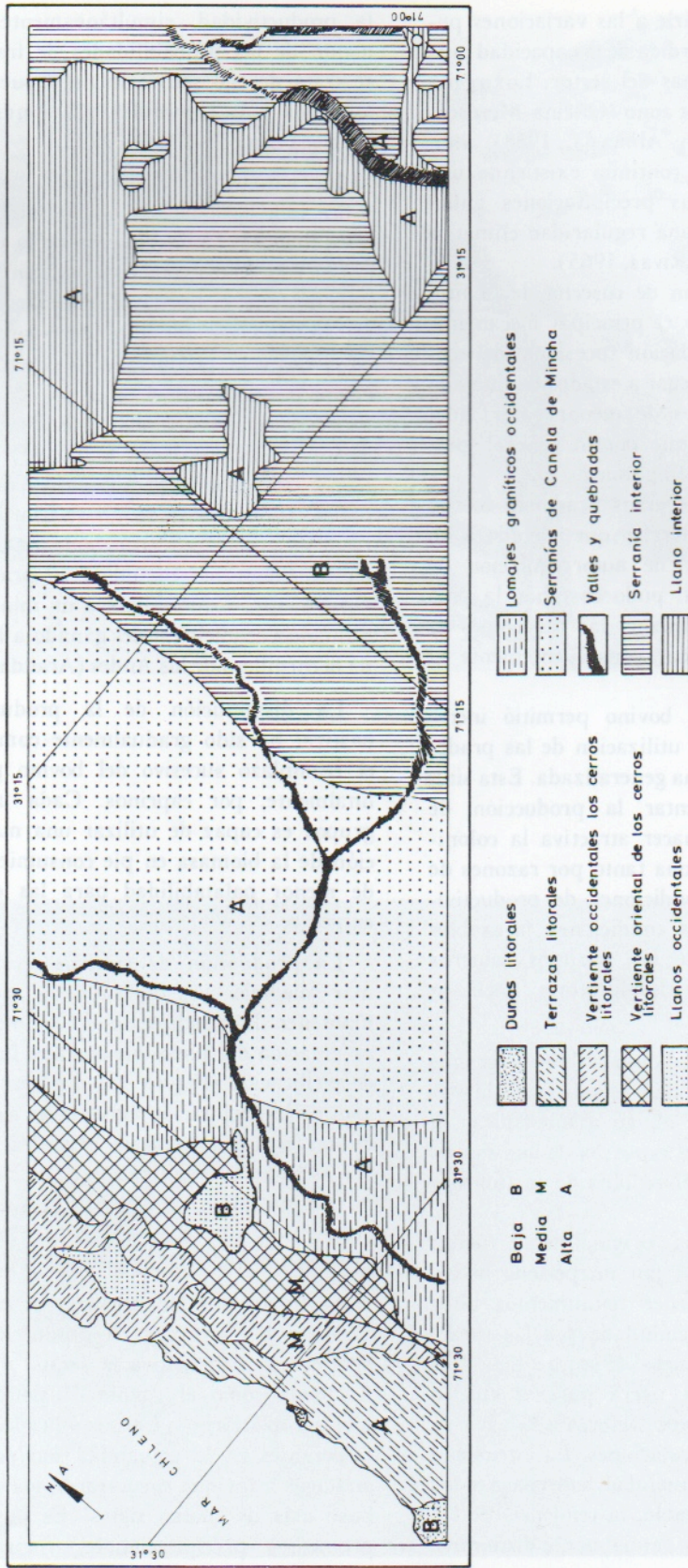


Figura 43. Carta de atractividad para cosechar la biomasa acumulada. Sector de Combarbalá, 1976.

No es posible atribuirle a las variaciones puramente climáticas la pérdida de la capacidad productiva de los ecosistemas del sector. Los registros pluviométricos de la zona (Oficina Meteorológica de Chile, 1965 y Almeyda, 1958), indican que ha existido y continúa existiendo una alta variabilidad de las precipitaciones anuales, lo cual constituye una regularidad climática (Gastó, 1966; Pizarro y Rivas, 1965).

La tasa de extracción de cosecha de la fitocenosis natural ha sido el principal mecanismo causante de la retrogradación sucesional del ecosistema original hasta llegar a estados en que sólo permanecen las especies de menor valor, además de las invasoras, que por lo general también son de menor valor económico.

Originalmente, los recursos pratenses fueron utilizados por fauna silvestre que, debido a su capacidad migratoria y de autorregulación de la densidad poblacional, pudo cosechar la productividad sin sobreutilizar la fitocenosis y por consiguiente degradar consecuentemente al ecosistema.

La introducción del bovino permitió incrementar el porcentaje de utilización de las praderas y organizar su cosecha generalizada. Esta situación permitió incrementar la producción de alimentos animales y hacer atractiva la colonización humana, en la zona tanto por razones de clima como por sus condiciones de productividad. Ello, unido a las condiciones favorables para la explotación de los recursos mineros ocasionó una corriente inmigratoria hacia la zona.

Las necesidades de combustible y granos para mantener la actividad y satisfacer la demanda de la población obligó a intensificar la cosecha, lo cual se hizo a expensas de una mayor tasa de extracción de combustible y de un aumento de la superficie cultivada.

Los suelos cultivados, originalmente fueron desmontados y roturados por un período breve, lo cual permitió mantener rendimientos altos debido a la fertilidad acumulada y a las características físicas del suelo (Figura 43). Las mayores necesidades de tierra para el cultivo obligó a incorporar nuevos sectores a la agricultura y a intensificar las rotaciones. La intensidad de la agricultura en la actualidad, sobrepasa todos los límites de lo aconsejable; la tendencia de los cultivos es muy clara. Así, anualmente disminuye

la productividad, simultáneamente con el aumento de las probabilidades de fracaso. Ya no se trata de año seco o lluvioso pues, incluso en los años más favorables, los rendimientos son cada vez menores (Bull, 1935).

La ganadería se desarrolla cada vez más sobre una base de mayor inestabilidad. En los años lluviosos, el incremento de la productividad no es suficiente para provocar un mayor crecimiento de la pradera y almacenar biomasa para ser utilizada en los años desfavorables. En los años secos la productividad es escasa e insuficiente para alimentar la masa ganadera que es superior a su capacidad sustentadora, incluso de los años favorables (Figura 44). Tradicionalmente, el sector analizado correspondía a invernadas, lo cual, debido al deterioro gradual del recurso, y a la reducción del tamaño de los rebaños, fue transformándose en praderas de uso permanente, reduciéndose a un mínimo la transhumancia tradicional del ganado a las veranadas de la cordillera de los Andes (Aranda, 1972).

La disminución de la productividad del pastizal ha sido gradualmente compensada por el reemplazo sucesivo del bovino por ovino y, finalmente, por caprinos. Cada uno de estos grupos es capaz de utilizar una mayor proporción de la biomasa en pie consumiendo recursos de menor palatabilidad para las especies más exigentes.

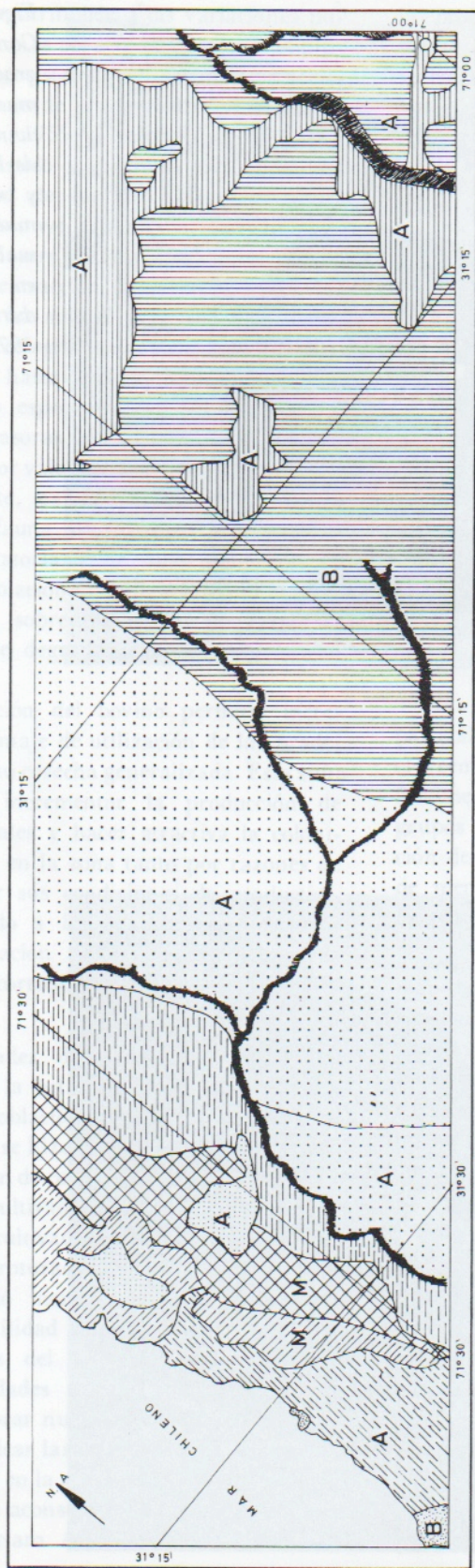
La producción de cultivos anuales, sin tomar medidas conservacionistas que permitan mantener la productividad, es otra forma de explotación del suelo que conduce finalmente a la desertificación (Figura 45). La base de sustentación de la explotación agrícola ha sido la cosecha de la fertilidad, materia orgánica y estructura del suelo, en la organización de un sistema agrícola efímero que ha conducido a la degradación o destrucción de la totalidad de los ambientes de secano donde esta agricultura se ha practicado.

Se ha tratado de justificar el fracaso alcanzado en los sistemas de producción y manejo del recurso culpando a la sequía o a la escasez de lluvia como el agente causante del fracaso silviagropecuario. Las condiciones climáticas imperantes en la actualidad son probablemente análogas a las que encontraron los colonizadores hace más de cuatro siglos. Es posible que los promedios precipitacionales registren porcen-



Figura 44.
Consecuencia de la retrogradación de los ecosistemas. (a) Pieles de ganado ovino y caprino muertos de hambre el día anterior y transportado a lomo de mula, y (b) Restos de animales muertos por hambre en una pequeña majada, durante un día en agosto de 1976.

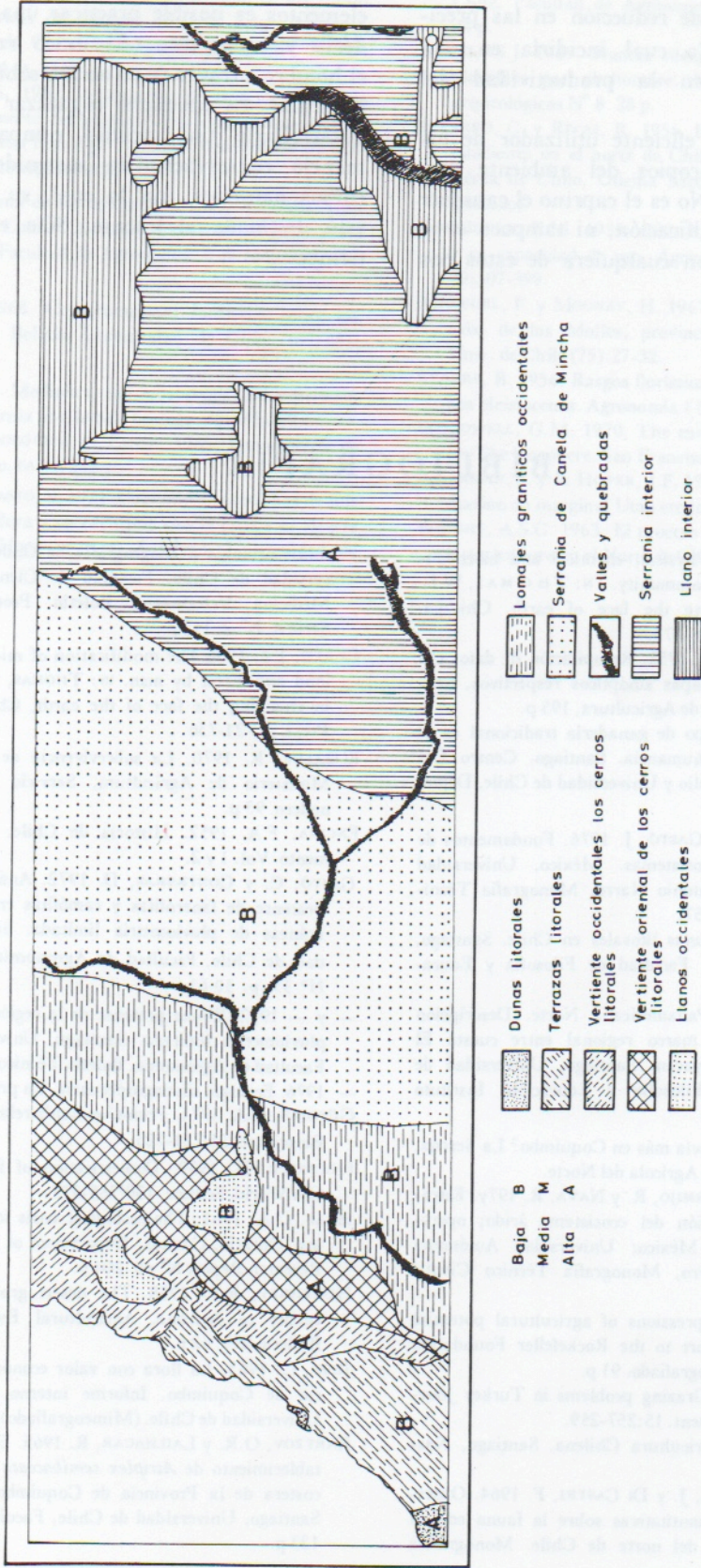




- | | | |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------|
| Baja B | Dunas litorales | Lomajes graníticos occidentales |
| Media M | Terrazas litorales | Serranías de Canela de Mincha |
| Alta A | Vertiente occidental los cerros litorales | Valles y quebradas |
| | Vertiente oriental de los cerros litorales | Serranía interior |
| | Llanos occidentales | Llano interior |

ESCALA 1: 250000

Figura 45. Carta de atracción para el cultivo. Sector de Combarbalá, 1976.



ESCALA 1:250.000

Figura 46. Carta de sensibilidad de la vegetación actual al cultivo. Sector de Combarbalá, 1976.

tajes muy pequeños de reducción en las precipitaciones anuales, lo cual incidiría en una ínfima proporción en la productividad del recurso.

El caprino es un eficiente utilizador de los recursos naturales propios del ambiente descrito en este estudio. No es el caprino el causante del proceso de desertificación, ni tampoco es el cultivo del cereal. Con cualquiera de estos dos

elementos es posible practicar una buena ganadería y agricultura. El único responsable es el hombre a través de su acción sobre los recursos naturales. Es necesario organizar al hombre y desarrollarle una actitud compatible con el manejo conservacionista sostenido de los recursos naturales, sin lo cual, su sobrevivencia está destinada al fracaso. Sólo es materia de tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- ALBRECHT, W.A. 1956. Physical, chemical and biochemical changes in the soil community. IN: THOMAS, W.L. Man's role in changing the face of earth. Chicago, University Press, pp. 648-673.
- ALMEYDA, A.E. y SAEZ, S. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos, Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, 195 p.
- ARANDA, X. 1971. Un tipo de ganadería tradicional en el norte chico. La transhumancia. Santiago, Centro Demostrativo Corral de Julio y Universidad de Chile, Depto. de Geografía. 195 p.
- ARMJO, T., NAVA, R. y GASTÓ, J. 1976. Fundamentos de transformación de ecosistemas. México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico Científica N° 2. p. 1-57.
- BÖRGEL, C. 1963. Las dunas litorales en Chile. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Filosofía y Educación. 38 p.
- 1965. La carretera Panamericana Norte. Descripción física y cultural del marco regional entre cuesta El Melón y cuesta Guayacán. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Filosofía y Educación. Instituto de Geografía. 52 p.
- BULL, M. 1935. ¿Antes llovía más en Coquimbo? La Serena, Chile. Boletín Sociedad Agrícola del Norte.
- CANDIA, R., GASTÓ, J., ARMJO, R. y NAVA, R. 1977. Estrategias de transformación del ecosistema árido; operadores y algoritmos. México; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Monografía Técnico Científica N° 2. p. 250-364.
- CARTER, E.D. 1966. Impressions of agricultural potential in Norte Chico. Report to the Rockefeller Foundation and INIA, Chile. Mimeografiado. 91 p.
- CORNELIUS, D.R. 1962. Grazing problems in Turkey. Journal of Range Management. 15:257-259.
- CORREA, V.L. 1938. Agricultura Chilena. Santiago, Nascimento. 410 p.
- COVARRUBIAS, R., RUBIO, J. y DI CASTRI, F. 1964. Observaciones ecológicas cuantitativas sobre la fauna edáfica de zonas semiáridas del norte de Chile. Monografías sobre Ecología y Biogeografía de Chile. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Pecuarias y Medicina Veterinaria. Boletín Producción Animal. Serie A. N° 2. 112 p.
- CURTIS, J.T. 1956. The modification of mid-latitude grassland and forest by man. IN: THOMAS, W.L. Man's role in changing the face of the earth, Chicago, University Press. p. 721-736.
- ELIZALDE, R. 1970. La sobrevivencia de Chile. Santiago, Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. 93 p.
- ENCINA, F.A. 1952. Historia de Chile. Santiago, Nascimento. Vol. 1 y 2.
- GASTÓ, C. y CONTRERAS, D. 1972. Análisis del potencial pratense de fanerófitas y camófitas en regiones mediterráneas de pluviometría limitada. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Boletín Técnico N° 35. p. 30-61.
- y — 1972. Bioma pratense de la región mediterránea de pluviometría limitada. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Boletín Técnico N° 35. p. 3-29.
- 1976. Ecología silvoagropecuaria. En prensa.
- GÜTHIER, D.A. 1971. Primitive man's relationship to nature. Bioscience. 21:721-723.
- HELBASCK, H. 1959. Domestication of food plants in the Old World. Science. 130:365-372.
- HILLS, G.A. 1961. The ecological basis for land use planning. Ontario, Canadá. Department of Lands and Forest. Research Report N° 46. 204 p.
- HUMPHREY, R.R. 1958. The desert grassland. U.S. University of Arizona. Agricultural Experiment Station. Bulletin 299. 62 p.
- JILES, C. 1963. La flora con valor económico de la provincia de Coquimbo. Informe interno. Fac. Agronomía, Universidad de Chile. (Mimeografiado). 40 p.
- KARTZOV, O.R. y LAILHACAR, R. 1965. Ensayos sobre el establecimiento de *Atriplex semibaccata* R. Br. en la zona costera de la Provincia de Coquimbo. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. 123 p.

- KUMEROW, S. 1966. Aporte al conocimiento de las condiciones climáticas del Bosque de Fray Jorge. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Boletín Técnico N° 24. p. 21-28.
- LAILHACAR, K.S. 1962. Adaptación de especies forrajeras en el sector norte del secano de la costa (Departamento de Illapel). Tesis Ing. Agr. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía.
- 1966. Programa de forrajeras de secano. Santiago. Universidad de Chile, Convenio Comisión Coordinadora Zona Norte, Facultad de Agronomía. 5 p. (Mimeografiado).
- MATTE, H.V. 1968. Consideraciones forestales sobre las zonas áridas. Boletín Universidad de Chile. (87/88): 34-39.
- NAVEH, Z. 1967. Mediterranean ecosystems and vegetation types in California and Israel. *Ecology*. 48:445-459.
- OFICINA METEOROLÓGICA DE CHILE. 1965. Pluviometría de Chile. Santiago, FACH. 268 p.
- OLIVARES, A. y GASTÓ, S. 1971. Comunidades terófitas de subseres post-aradura y en exclusión con la estepa de *Acacia caven* (MOL.) Hook et Arn. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Boletín Técnico N° 34. 24 p.
- ORTIZ, G.J. 1969. Plantas silvestres chilenas de frutos comestibles por el hombre. La Serena. Contribuciones arqueológicas N° 8. 28 p.
- PIZARRO, C. y RIVAS, R. 1956. Irregularidades de las precipitaciones en el norte de Chile. Santiago, Chile, Fuerza Aérea de Chile, Oficina Meteorológica. 22 p. (Mimeografiado).
- RODRÍGUEZ, Z.M. 1959-1960. Regiones naturales de Chile y su capacidad de uso. *Agricultura Técnica (Chile)* 19-29:307-399.
- SCHLEGEL, F. y MOONEY, H. 1967. La vegetación costera del cabo de los Molles, provincia de Aconcagua, Boletín Univ. de Chile (75):27-32.
- SPARRE, B. 1956. Rasgos florísticos en Chile de las glaciaciones pleistocenas. *Agronomía* 1 (4): 38-40.
- WOODWELL, G.M. 1970. The energy cycle of the biosphere. IN: *The biosphere*. San Francisco, Freeman. p.p. 26-36.
- WORKMAN, S. y P. HOPER, J.F. 1968. Grazing vs. wheat production on marginal Utah croplands. *Utah Sc.* 29.
- WRIGHT, A.S.C. 1963. El proceso de suelos y la evolución de la agricultura en el Norte de Chile. 8 p. (Mimeografiado).