



SISTEMAS EN AGRICULTURA

TEORIA
AVANCES

IISA - 87 15



Este informe corresponde a resultados de investigación y no ha sido sometido a comité editor. Por consiguiente no debe ser considerado publicación formal.

IISA.

ESTADO Y PLANTEAMIENTO HIPOTETICO DEL CAMBIO DE ESTADO
DEL ECOSISTEMA DE QUILLAJA SAPONARIA (MOL.)

SERGIO GALLARDO PEREZ

JUAN GASTO CODERCH

SISTEMAS EN AGRICULTURA

IISA - 87 15

1987

ESTADO Y PLANTEAMIENTO HIPOTETICO DEL CAMBIO DE ESTADO
DEL ECOSISTEMA DE QUILLAJA SAPONARIA (MOL.)

SERGIO GALLARDO PEREZ, LIC. EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía
Pontificia Universidad Católica de Chile.

JUAN GASTO CODERCH, ING. AGRÓNOMO, Ph.D.
Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía
Pontificia Universidad Católica de Chile.

CENTRAL DE APUNTES
INGENIERIA UC

INFORME DE INVESTIGACION
SISTEMAS EN AGRICULTURA

EDITOR JEFE

Marilyn Gasman B., Ing. Agr.
Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía
Pontificia Universidad Católica de Chile

DIRECCION

Vicuña Mackenna 4860
Casilla 114 - D, Santiago

IMPRESION

Central de Apuntes
Ingeniería UC

IISA - 87 15

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La presente publicación corresponde a una parte del estudio realizado por Sergio Gallardo Pérez en el curso Trabajo de Investigación (BIO 396 A-B), como requisito para la obtención del grado de Licenciado en Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile. El estudio fue llevado a cabo en el Departamento de Zootecnia de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, con la participación del profesor Juan Gastó Corderch, Ing. Agrónomo, Ph.D.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
Objetivos	1
Justificación	1
Hipótesis	2
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
Ecosistema	3
Arquitectura	4
Funcionamiento	5
Ambiente	6
Estado ecosistémico	7
Imagen	7
Estabilidad	8
Cambio de estado	11
Teoría de catástrofes	14
Sistemogénesis	16
Ecosistema de <u>Quillaja saponaria</u>	26
Geomorfología y suelo	26
Clima	29
Intervención antrópica	30
<u>Quillaja saponaria</u>	32
Consideraciones metodológicas	36
III. MATERIALES Y METODOS	42
Recolección de datos	42
Ordenamiento y análisis de los datos	45
Planteamiento de las hipótesis	47
IV. RESULTADOS	48
Descripción de las parcelas	48

Descripción de los stands	153
Stands del sector de Tiltit	153
Stands del sector de Lo Prado	159
Stands del sector de Zapata	167
Descripción del suelo y evidencias de la acción an- trópica	174
Descripción general de la zona	183
Ecosistemas con presencia de <u>Quillaja saponaria</u> ..	183
Ecosistemas con ausencia de <u>Quillaja saponaria</u> ..	194
 V. DISCUSION	 199
Estado y cambio de estado de <u>Quillaja saponaria</u>	199
Sistemogénesis de los ecosistemas de <u>Quillaja</u> <u>saponaria</u>	202
Estados y atractores climáticos	203
Retrogradación y estados de artificialización ..	205
Sucesión secundaria y estados subserales	209
Hipótesis sistemogénicas	213
Cono de deyección, piedemonte y ladera baja de exposición sur	213
Quebrada	216
Ladera media de exposición sur	218
Ladera baja y piedemonte de exposición sur	220
Llano	223
Ladera alta y media de exposición norte	226
Hipótesis espacio-temporal del ecosistema de <u>Quilla- ja saponaria</u>	228
 VI. REFLEXIONES FINALES	 230
 VII. LITERATURA CITADA	 240

PREFACIO

El tema tratado en el presente estudio se caracteriza por presentar un grado de complejidad que impide su resolución mediante técnicas experimentales usuales que se utilizan en estudios de otra naturaleza. La validación de una hipótesis en que intervienen las tendencias sucesionales ecológicas comprende escalas de tiempo y espacio no habituales en investigación empírica a nivel celular o de organismos, con la que se enfrenta un ecólogo de laboratorio o que trabaja con componentes aislados del ecosistema.

El presente estudio constituye el planteamiento formal de una hipótesis concebida a través de la información registrada y analizada durante un período de cerca de 30 años de observaciones directas de terreno, por diversos grupos de profesionales y actividades con los cuales los autores han estado relacionados. Los indicadores y antecedentes considerados son usuales en el estudio de sucesiones ecológicas y entre los cuales se pueden señalar: referencias históricas del uso de la tierra del lugar estudiado y de su evolución, información recogida de la población rural de la zona, colonización de casinos y cortes de terreno, antecedentes bibliográficos, exclusiones, contrastación entre ecosistemas cercanos contiguos, diversidad de ecosistemas en suelos y ambientes semejantes, estructura por edades de la población, etc.

Los indicadores analizados en el contexto de las variaciones producidas por las tendencias sucesionales planteadas en la literatura universal, permiten inferir y formalizar una primera aproximación hipotética al problema de una sucesión ecológica en particular. Al considerar al ecosistema completo como unidad de estudio, el tratamiento requiere necesariamente de un nivel de generalización mayor que el que se requiere para sus componentes aislados, lo cual debe ser considerado en las eventuales objeciones y vacíos que puede presentar el trabajo. Se considera, sin embargo, que la formalización de la hipótesis planteada constituye un primer avance en el esclarecimiento del fenómeno estudiado y su metodología la más adecuada para un problema de esta naturaleza, en la dimensión analizada y con las restricciones materiales y de tiempo del

estudio. Las etapas posteriores en la dilucidación de la sucesión ecológica en la zona estudiada, corresponden a la falsificación por partes de la aproximación hipotética planteada, lo cual puede tardar décadas o siglos.

Los autores

I. INTRODUCCION

La cuenca de Santiago y sus alrededores ha sido poco estudiada formalmente desde el punto de vista de la génesis del ecosistema o sistemogénesis. Un estudio que implique el esclarecimiento de los procesos dinámicos y de organización espacial de los ecosistemas permite la comprensión, interpretación y resolución de problemas relacionados con los recursos naturales.

La especie Quillaja saponaria (Nol.) es una de las más características de la región, observándose en numerosos ecosistemas. La comprensión del rol de la especie en la organización espacio-temporal de estos ecosistemas se considera relevante.

OBJETIVOS

Los objetivos del estudio son:

- determinar las características generales del ecosistema relacionados con Quillaja saponaria;
- caracterizar la arquitectura de la planta de Quillaja saponaria y su plasticidad;
- ordenar sistemogénicamente los estados ecosistémicos;
- caracterizar la organización fisiográfica de los ecosistemas y de sus estados; y
- formular una hipótesis espacio-temporal de los estados ecosistémicos del sector comprendido entre los paralelos 33° latitud sur y 34° latitud sur.

JUSTIFICACION

El conocimiento y ordenamiento espacio-temporal de los ecosistemas, en términos fisiográficos, sucesionales y antrópicos, permite determinar un manejo y utilización más adecuados del recurso natural. Así, disminuye la probabilidad de alejarse de un estado óptimo ecológico para cada ecosistema.

El estado óptimo ecológico, determinado de acuerdo a las necesidades

antrópicas, debe establecerse en relación con el estado clínicico que pueda alcanzar el ecosistema, dadas sus características ecotópicas.

El mejoramiento de los ecosistemas debe basarse en sus aspectos dinámicos, en los cuales juega un rol importante la sucesión ecológica. Los operadores antrópicos de transformación ecosistémica pueden modificar el estado del ecosistema y, a través del proceso de artificialización, transformarlos en otros mejor ajustados a los requerimientos del hombre organizado o retrogradarlos.

HIPOTESIS

Los objetivos del estudio obedecen al intento de plantear formalmente la siguiente hipótesis general: los ecosistemas relacionados con Quilla-ja saponaria corresponden a diferentes estados sistemogénicos dada la existencia de diversos estímulos exógenos y endógenos y, estos estados, pueden ordenarse en el tiempo y espacio de acuerdo a la intensidad, duración y tipo de estímulos.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

ECOSISTEMA

El concepto de un sistema integrador de la materia viva con la inerte, a pesar de haberse propuesto desde hace casi un siglo, ha sido de amplia utilización y aceptación sólo a partir de los últimos años. Se ha desarrollado formalmente en base a la teoría general de sistemas enunciada por Bertalanffy en la primera mitad de este siglo, a la teoría de conjuntos y a la lógica matemática. Según Fosberg (1963), para que los conceptos parciales tales como clima, vegetación, suelo, ambiente y comunidad expresen su valor real, deben ser considerados con un criterio sintetizador o de ecosistema.

El objetivo de la teoría general de sistemas, donde está contenido el sistema ecológico o ecosistema, ha sido satisfacer la necesidad de contar con una estructura teórica y sistemática que permita examinar las relaciones generales del mundo empírico dentro del cual se ubican los recursos naturales.

En la actualidad, el ecosistema no sólo es el centro de la ecología, sino que además, el concepto más relevante en relación a los problemas del hombre y su medio (Odum, 1972). Constituye la síntesis de los principios físicos y biológicos con las características de integrar en una sola unidad, problemas de naturaleza tan diversa como los que caracterizan a los recursos naturales (Nava et al., 1979).

Las definiciones de sistema tienen a menudo en común la alusión implícita o explícita de estructura, orden, complejidad y relación, presuponiendo la existencia de partes conectadas. Se puede definir en este contexto al ecosistema como un arreglo de componentes bióticos y abióticos o un conjunto o colección de elementos que están conectados o relacionados de manera que actúan o constituyen una unidad o un todo. Conexión y relación, en cualquier sistema dinámico, significa transporte de materia, energía e información (Becht, 1974; Distéfano et al., 1967; Odum, 1972; Maynez et al., 1979).

En la naturaleza los sistemas se mantienen en constante flujo de materia y energía con su entorno por lo que se debe considerar al ecosistema como un sistema abierto. Según Bertalanffy (1968), el ecosistema constituye una unidad abierta, conectada con el medio externo a través del transporte de materia, energía e información y una continua destrucción y construc-

ción de estructuras. Entre las propiedades y características de los sistemas abiertos se encuentran la equifinalidad, la producción de entropía, las estructuras disipativas y los llenados estados estacionarios (Glansdorff y Prigogine, 1978; Lurie y Wagensberg, 1979; Fleischmann, 1982).

Dos atributos fundamentales determinan el estado del ecosistema. Uno de ellos es su aspecto estructural o arquitectura que considera los aspectos tangibles o de forma y es la parte medible. El otro es el funcionamiento.

Arquitectura

Un ecosistema está compuesto por diversas unidades, que pueden ser agrupadas en categorías homogéneas de arreglos topológicos, tales como tejidos, horizontes, especies, sinusias, fitocenosis, etc. El conjunto o arreglo topológico de estas unidades, que pueden ser descritas físicamente, constituyen la arquitectura del ecosistema.

El arreglo topológico se considera sobre una base de tres elementos estructurales: el número (n_2) y tamaño (n_1) de los individuos que forman los componentes bióticos y abióticos y el ordenamiento topológico de sus componentes (σ), tanto espacialmente como en sus interacciones.

Se entiende por componentes de un ecosistema, a las categorías topológicas de ordenamiento de materia y energía en cierto nivel de entropía o información. La arquitectura es la tipificación del arreglo topológico de los componentes del ecosistema y está constituida por la integración de los diversos elementos estructurales en magnitudes y ordenamiento definidos. Por lo tanto, estructura y arquitectura corresponden a conceptos diferentes pero estrechamente relacionados de manera que, para una estructura dada, existe un conjunto de arquitecturas posibles (Nava et al., 1979).

La arquitectura de un ecosistema está caracterizada por un conjunto ordenado de variables de estado. El ordenamiento de las variables o arreglo del ecosistema está representado por los niveles de integración de la materia y por la organización topológica (Caswell et al., 1972). Simbólicamente se representa como σ_n donde σ representa el arreglo topológico, denotando los aspectos cualitativos y cuantitativos, y n el tamaño de las variables que la integran, es decir, el vector topológico.

El funcionamiento de un ecosistema es la operación de conectar cuantitativamente el ecosistema a través del intercambio de materia, energía e información (Nava et al., 1979). Está definido como vectores de estado instantáneos y corresponde al comportamiento de un estímulo de tipo i , de una magnitud determinada, al interactuar con el conjunto de variables topológicas de estado, produciendo una respuesta p de un valor dado. Un vector de estado es un conjunto de variables de estado x_i , ordenadas en cierta forma y que satisface ciertos requerimientos.

El comportamiento del ecosistema es la función que representa la reacción de un estímulo al interactuar con su arreglo topológico. Corresponde a un homomorfismo del proceso real y por lo tanto, es de naturaleza abstracta y conceptual. Está representado por la función S en todo el dominio del estímulo i a través de una ruta (i_1) al interactuar con el arreglo topológico (σ_n) o arquitectura (A) del ecosistema. La ruta del estímulo u operador en el ecosistema corresponde a la forma de fluir de este estímulo u operador. La función de comportamiento de cada arreglo topológico dentro de un dominio, debe lograrse calculándose la ecuación o el modelo general que la defina.

El comportamiento está definido como el conjunto de pares ordenados (ϵ, ρ) , tales que satisfagan una condición para el tipo de estímulo u operador, representando a la variable mediadora. De acuerdo con su comportamiento los componentes del arreglo topológico, se pueden agrupar en activos, pasivos y de cambio de estado. Los componentes pasivos no intervienen directamente, pero interactúan con los activos que provocan el cambio de estado. Los componentes de cambio de estado tienen como función almacenar materia, energía e información como consecuencia del funcionamiento de los activos. Corresponden a todas las variables de estado, ya que se puede modificar el tamaño individual (n_1) y poblacional (n_2) o el arreglo topológico que las contiene, todo lo cual implica un cambio en el contenido de materia, energía e información.

El proceso general de funcionamiento es uno solo y está regulado por la cantidad y calidad de los recursos que ingresan, egresan o se extraen del ecosistema, como también por su arquitectura o arreglo topológico.

El ambiente, en su contexto ecosistémico, incluye al ecotopo en su ambiente original transformado por la biocenosis. Los factores ambientales pueden ser divididos en físicos y biológicos, pero la división es de por sí arbitraria, pues los organismos actúan sobre otros organismos en forma física (Billings, 1965). El ambiente incluye no sólo el ecotopo sino que también, a todos los demás organismos de la misma especie, de otras especies del mismo nivel trófico y a las de otros niveles.

El ambiente ha sido definido por Mason y Langenheim (1957) como el componente que resulta de la suma de aquellos fenómenos que integran un sistema de reacciones del organismo o que, en forma directa, le infringen un modo de vida en alguna etapa de su ciclo, de acuerdo a sus requerimientos ontogénicos, o por cualquier otra condición del organismo que modifique sus requerimientos del medio. Hutchinson (1957) lo definió como cualquier propiedad fuera del organismo. Ambiente, según Browing (1963) es cualquier cosa que sea usada en una u otra forma por un organismo y, por lo tanto, que inflencie sus posibilidades de reproducirse o de sobrevivir.

Un fenómeno, para que se clasifique como ambiental, debe ser de significación operacional para el organismo y debe, además, ser efectivo durante alguna etapa vital y en la secuencia ordenada de acuerdo a su ontogenia. De ello se desprende que el ambiente debe ser dirigido, regulado en el tiempo, ordenado y regulado en el espacio por el organismo (Mason y Langenheim, 1957). La clasificación de los fenómenos ambientales debe reflejar los aspectos operacionales de las relaciones.

Los aportes desde el medio externo al ecosistema constituyen los estímulos que pueden o no ingresar al ecosistema. Algunos de los aspectos operacionales de mayor significación son la selección natural, las relaciones energéticas y el funcionamiento fisiológico del organismo.

Los componentes ambientales, según Andrewartha (1970) son: el tiempo en su acepción climática, los predadores, parásitos y enfermedades, los alimentos y otros. Un componente del ambiente es cualquier propiedad, fuera de las propias del organismo que tenga una influencia directa cuantificable en la fecundidad, longevidad, tasa de desarrollo o posición espacial de un organismo (Maelzer, 1965).

Imagen

El ecosistema posee una determinada estructura que puede ser reconocida y descrita para un instante dado (Margalef, 1977). El estado de un ecosistema en un momento y espacio determinados, es su modo o condición de existir y, según Nava *et al.* (1979), se caracteriza por sus componentes o arquitectura y sus procesos o funcionamiento.

Un ecosistema o los estados ecosistémicos se pueden representar por la combinación de varios componentes o variables de estado, en números definidos, en un punto de un espacio multidimensional, en el que cada una de las dimensiones representan a uno de los componentes o variables de estado. Este espacio de estado ecosistémico o forma de representación idealizada, es útil desde un punto de vista estático y descriptivo. Si se analiza dinámicamente el sistema, es posible representar por diferentes puntos, o nube de puntos, distintos estados potencialmente interconvertibles de un ecosistema o distintos ecosistemas, que se consideran como diferentes equilibrios transitorios de organizaciones básicamente comparables (Margalef, 1977). Este análisis dinámico consiste en imaginar un desplazamiento del ecosistema o estados ecosistémicos, ya sea en las dimensiones de tiempo, espacio o ambas. Ello significa concebir la existencia de diferentes ecosistemas o estados ecosistémicos sincrónicos y alopátricos o diacrónicos y simpátricos. Ambas situaciones operando conjuntamente conforman un espectro o volumen de ecosistemas o estados ecosistémicos interconvertibles, unos pares con mayor probabilidad que otros.

En ciencias de sistemas, el estado de un ecosistema está dado, en una definición operacional, en términos de sus variables de estado. Según Patten (1971), el estado del sistema es la condición de las variables de estado, estando definida por sus partes componentes, atributos observables o agrupamiento arbitrario de partes. Se refiere al estado instantáneo ya que, en rigor, éste varía constantemente.

El estado de un sistema $E(t)$, según Patten (1971), con n componentes y x_n variables de estado, se define por la siguiente ecuación:

$$E(t) = x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$$

donde cada variable de estado es una función del tiempo t .

Existe una correspondencia homomórfica entre los componentes topológicos $\sigma_1(n)$ y las variables de estado $\{x_1\}$ de manera que se puede establecer una relación del tipo siguiente:

$$\sigma_1(n) \rightarrow x_1$$

De manera similar existe una relación entre los vectores ϵ y ρ y cierto subconjunto de variables de estado X_c, X_ρ de manera tal que representan particiones de las clases de equivalencia de los historiales de los estímulos (Nava et al., 1979).

Los vectores de estado \vec{X}_1 pueden corresponder a funciones vectoriales de funcionamiento para un cierto tipo de nivel de estímulo y están dados por:

$$\vec{X}_1 = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

o bien,

$$\vec{X}_1 = \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{matrix}$$

A diferencia de un conjunto de variables de estado $\{x_1\}$, los vectores de estado \vec{X}_1 tienen un orden definitivo en la enumeración de sus componentes. Las variables de estado pueden corresponder a cualquiera observable del ecosistema, tales como textura, pendiente, potencial hídrico, densidad de plantas, fisiografía, etc. Algunas de estas variables afectan en mayor grado al vector y se les denomina pertinentes; las restantes corresponden a las impertinentes (Bertalanffy, 1968).

En general, es factible caracterizar a un ecosistema E en términos del triplete (ϵ, β, ρ) . Tanto ρ, β y ϵ , dependen implícitamente del tiempo y en su acepción más amplia, representan procesos estocásticos. La magnitud de los estímulos y de la respuesta, se expresan normalmente en forma de tasas (Nava et al., 1979).

Estabilidad

Según Thom (1975), cualquier sistema u objeto que exista es estable o dicho de otro modo, es estable por el sólo hecho de existir. La estabilidad es la capacidad de poder mantenerse en un estado, siendo una de las propiedades que definen al ecosistema. Dado que en la naturaleza los componen

tes ecosistémicos existen por períodos variables dependiendo del nivel de integración y subconjunto al que pertenezcan y funciones que lo afecten, el concepto de estabilidad es relativo y comparable sólo entre niveles de integración equivalentes.

La condición de estabilidad, según Ashby (1957), implica algo relacionado con el hecho de que a pesar que el sistema pasa por una serie de cambios, hay algún aspecto de él que no cambia, de manera que cualquier afirmación sobre las condiciones generales a las que se ajustan las interacciones propias del sistema, se refieren a su estabilidad. Se puede definir a la estabilidad como la capacidad del ecosistema para mantener el nivel y magnitud de las variables de estado y las conexiones entre sus componentes. En física, un sistema es estable si desviado de un estado estacionario en que permanecía, genera fuerzas que tiendan a volverlo a su condición original (Margalef, 1977).

Orians (1975) relaciona la estabilidad ecosistémica con propiedades físicas que poseen los sistemas. Estas propiedades no serían únicas ni mutuamente excluyentes, pudiendo ocurrir dos o más en cualquier proceso natural donde existe estabilidad. Algunas de estas propiedades son:

Constancia: ausencia de cambios en algunos parámetros de un sistema, tales como el número de especies, composición taxonómica, etc., y se refiere a la mantención de un parámetro o variable de estado o rasgos del ambiente físico, que lo identifique en algún valor a través del tiempo.

Elasticidad: es la velocidad con que el ecosistema vuelve a su situación inicial luego de una modificación de su estado.

Estabilidad cíclica: es la propiedad del sistema de oscilar en torno a un valor sin que se produzca un cambio de estado del ecosistema.

Trayectoria de estabilidad: es la característica de los ecosistemas de evolucionar hacia un estado final, cualquiera sea su estado inicial. Esta propiedad equivale a la equifinalidad de los sistemas abiertos y es el significado de estabilidad, durante la sucesión ecológica de un estado climático que se origina desde una variedad de estados iniciales.

Fatten (1975) considera que los conceptos de estabilidad cíclica y trayectoria de estabilidad corresponden al mismo concepto, particularmente para trayectorias periódicas.

Relacionada con el concepto de estabilidad, se ha definido la resiliencia, propiedad que establece que, aún cuando las variables exógenas o periféricas cambien, el estado del ecosistema se mantiene dentro del rango de atracción del estado. Cuando el estímulo varía en una magnitud tal que el estado es incapaz de mantenerse dentro de su atractor, el sistema cambia de estado y se establece en otro atractor de estado ecosistémico. El rango de variación definido para las variables de estado del sistema en que éste se mantiene en el atractor es la resiliencia del sistema (Holling, 1973).

En el análisis de estabilidad, según Margalef (1977), conviene tener en cuenta un conjunto de estados interconvertibles que no generen nuevos estados fuera de este conjunto, así como la existencia de otro conjunto de estados alrededor del primero, a los que el sistema no pasa de manera espontánea, pero si es llevado allí por alguna perturbación, retorna al primer conjunto de estados.

La estabilidad del ecosistema es una propiedad que puede definirse desde dos puntos de vista. El primero se refiere a la mantención de las características del ecosistema en el tiempo. El segundo define a la estabilidad como la capacidad de mantenerse en un estado a pesar de las variaciones externas al ecosistema (Golley, 1974). En esencia, los dos puntos de vista se refieren a la mantención de un estado ecosistémico; el primero no involucra variaciones externas y se refiere sólo a las variables internas del ecosistema, mientras que el segundo punto de vista, analiza las variaciones externas del ecosistema (Fleischmann, 1982).

El análisis de la estabilidad del ecosistema, desde un punto de vista global, considera el estado del ecosistema desde una perspectiva de todo el espacio de estado en vez de sólo la vecindad del estado (May, 1974). Esto es necesario porque un estado que se define como estable desde el punto de vista de su vecindad, en realidad puede no serlo desde la perspectiva de estabilidad global. Tomando un ejemplo, cuando el sistema se encuentra en un estado a, el estado de éste se encuentra aparentemente estacionario o en equilibrio, o sea estable. Sin embargo, un pequeño impulso puede hacer variar esta situación y el sistema se aleja del estado a y se aproxima al estado b. En el estado b, el sistema también se encuentra estacionario y estable, pero puede ser necesaria la aplicación de una fuerza mayor para sacar al sistema de ese estado. En ambos casos, el sistema es estable, sin embargo, desde el punto de vista de estabilidad global, el estado b es más

estable que el estado a. Esta diferencia radica en que el análisis de estabilidad y vecindad define primeramente los puntos de equilibrio y el espacio de estado cercano a ese punto de equilibrio, mientras que el análisis de estabilidad global analiza los estados de equilibrio y el total del espacio de estado del sistema (Fleischmann, 1982).

Si la estabilidad global del ecosistema se ve afectada por causas de cambio o perturbaciones que actúan en forma persistente, se pueden introducir cambios permanentes en el ecosistema que, entonces, aparece adaptado a la nueva situación. Es posible que estos cambios duraderos den lugar a una estructura tan diferente de la inicial, que es posible preguntarse si está justificado seguir refiriéndose al mismo ecosistema (Margalef, 1977). El mecanismo de mantener cierto grado de complejidad, sin embargo, actúa del mismo modo en la medida que las limitaciones impuestas por los ciclos materiales y energéticos persisten, de manera que las propiedades fundamentales del ecosistema se conservan.

Un sistema en estado estacionario afectado por cambios no previstos en los operadores internos del sistema, tales como cambios ambientales irregulares, inmigración de especies extrañas, etc., pueden llevar al ecosistema a estados diferentes. Si dichos factores de cambio dejan de actuar, el ecosistema puede volver a recuperar una situación de equilibrio que puede ser igual a la primitiva o bien, ligeramente diferente. La persistencia de situaciones fuertemente fluctuantes, por ejemplo, favorece a las especies que compiten por su tasa de aumento (estrategia r), sobre las que basan su ventaja competitiva en la resistencia (estrategia K).

CAMBIO DE ESTADO

Los ecosistemas están continuamente expuestos a fuerzas que tienden a modificar su estado. El cambio de estado se caracteriza por una variación en el contenido de materia, energía e información, que puede permitir una adaptación de los componentes bióticos y abióticos (Nava *et al.*, 1979). Según Locker (1973), para lograr adaptarse el sistema requiere alterar su arquitectura, modificar los estímulos externos o ambos.

El proceso general de cambio de estado en el tiempo, se denomina sistenogénesis y está regido por mecanismos que modifican las variables del estado ecosistémico. Estos mecanismos se pueden clasificar de acuerdo a su origen de pertenencia con el ecosistema en naturales y antrópicos. El proceso general natural comprende al conjunto de mecanismos adaptativos tales

como evolución, gradación, diastrofismo, sucesión ecológica, plasticidad, etc. El proceso general antrópico incluye los mecanismos de artificialización y retrogradación. Tanto los procesos naturales como antrópicos afectan directa o indirectamente y, en mayor o menor escala, a todos los componentes ecosistémicos, niveles de integración y subconjuntos a que pertenecan.

La génesis de cada estado, sea natural o antrópica, está determinada por la existencia de un estímulo u operador funcional que desvía o conduce al ecosistema hacia otro estado. Una operación funcional es una transformación que se lleva a cabo en un espacio cuyos elementos son funciones (Kolmogorov y Fonin, 1970). Conceptualmente, los ecosistemas están definidos dentro de un espacio de estado en el cual cada estado es en sí, una función que depende del estímulo, del comportamiento y de la respuesta en un tiempo y espacio dado.

En forma análoga al concepto anterior, se ha definido una operación funcional ecosistémica a través de un operador π_{ik}^1 que permita efectuar un cambio de estado desde un estado inicial E_i a un estado final E_k , a través de una ruta (Nava et al., 1979). Simbólicamente se tiene:

$$E_i \xrightarrow{\pi_{ik}^1} E_k$$

La ruta i se define como el conjunto de estrategias que generan la transformación.

Los estímulos u operadores corresponden a la adición de materia, energía e información al sistema involucrando, por lo tanto, la aplicación de un trabajo. Esto implica la existencia de una función w_{ik} que mide la cantidad de trabajo requerida para el cambio de estado. El término trabajo se utiliza bajo la acepción de energía aplicada como tal al ecosistema y a la materia cuantificada en términos de energía requerida para su transformación y aplicación.

El cambio de estado es en sí un proceso probabilístico, lo que implica la probabilidad de efectuar el cambio. Lo anterior motiva la siguiente definición: Sea P_{ik} la probabilidad estadística de llegar a un estado E_k a partir de un estado E_i , con la aplicación de un operador funcional π_{ik}^1 se tiene (Nava et al., 1979):

$$P_{ik} = P(E_k; \pi_{ik}^1) \\ = \frac{N(E_k)}{N(E_i)} \text{ para } \pi_{ik}^1, \text{ con}$$

- E_{ik} representando el cambio de estado producido con ε_{ik}^1
- $N(E_k)$ es el número de casos en que se llega al estado k a través de la aplicación de ε_{ik}^1 , y
- $N(E_j)$ es el número de casos en que se llega a un estado j cualquiera, incluyendo al estado k meta.

En general, el operador ecosistémico ε_{ik}^1 está dado por una relación R_1 tal que:

$$\varepsilon_{ik}^1 = R_1(w_{ik}, t_{ik}, P_{ik}) \quad \text{donde}$$

- w_{ik} es el trabajo requerido para transformar el ecosistema desde el estado i al k ;
- t_{ik} el tiempo necesario para efectuar la transformación del estado i al k , y
- P_{ik} la probabilidad de efectuar la transformación desde el estado i al k .

Un operador funcional es por tanto, el estímulo que debe aplicarse a un ecosistema en un estado E_i para transformarse en un estado de E_k , en un tiempo t_{ik} , con cierta probabilidad P_{ik} de éxito y con cierto trabajo w_{ik} .

La génesis del cambio sistemogénico radica en los estímulos que, luego de pasar por el nodo, con un comportamiento definido, no son retirados de éste y concluyen por transformarse en un cambio de arquitectura que se adiciona a la arquitectura original $A(t)$. En cada unidad de tiempo el proceso de adición e ingestión de estímulos u operadores, se repite de manera que va adicionando nuevas unidades de los estímulos transformados que deben ser igual o mayor que cero.

El cambio positivo de arquitectura se adiciona a la arquitectura original $(A + \Delta A)$ con lo cual las variables de estado se modifican provocándose un cambio en la función de arquitectura y, por ende, en el comportamiento general $S(t)$ del sistema. En un instante dado (t) , el comportamiento del ecosistema depende de la arquitectura que existe en ese instante; para el instante siguiente existirá una nueva función de arquitectura y por consiguiente un nuevo comportamiento $S(t + \delta t)$.

Las leyes físicas de la conservación de la materia y energía, se aplican a la transformación de la arquitectura del ecosistema. El cambio de arquitectura representa ingresos y egresos de materia y energía que pue-

den ocurrir en cualquier nivel de integración o arreglo topológico.

La función sistemogénica, en un punto del espacio, se puede expresar como $M(A, r, t)$, es decir, de cambio simultáneo de estímulo y arquitectura. La magnitud de los estímulos y respuestas se expresa normalmente en forma de tasa y es diferente para cada componente ecosistémico.

Los cambios de estado son en general, direccionales en el tiempo. Dependiendo de la escala de tiempo considerada, existen cambios cíclicos ya sea diarios, estacionales, anuales, etc., que afectan fundamentalmente a la biocenosis, y cambios de probabilidad condicionada y regularidad desconocida. Sin embargo, estos últimos, si bien se presentan constantemente, son secundarios o subordinados a la direccionalidad sistemogénica.

Los estímulos u operadores pueden producir, en relación a la magnitud del cambio y magnitud del estímulo, cambios metabólicos o graduales y metastróficos o abruptos, en una determinada escala de tiempo. Por otra parte, definida la sistemogénesis como un proceso direccional, cuya dirección y sentido está determinado por el estado meta, los cambios pueden ser anabólicos o anastróficos y catabólicos o catastróficos, considerando si se aleja o acerca, respectivamente.

Algunos procesos sistemogénicos aparentemente irregulares, al ser considerados en otro nivel de resolución, adquieren regularidad. La referencia de un mismo nivel de resolución ubica a los procesos sistemogénicos dentro de la teoría de catástrofes de Thom, que los transforma en cualitativos y discretos.

Teoría de catástrofes

La teoría de catástrofes, formulada por Thom (1975) deriva de la topología y según Jones (1977) explica con éxito, a través de superficies de equilibrio, situaciones donde fuerzas que cambian gradual y lentamente producen como respuesta, cambios abruptos y rápidos en el comportamiento del sistema. Cuando se producen estos cambios bruscos y discontinuidades, denominados catástrofes, la superficie de equilibrio se rompe (Thom, 1975) describiendo la evolución de las formas en un determinado espacio de estado.

A continuación se expone una síntesis de la teoría de catástrofes basada en Fleischmann (1982) que considera los trabajos de Thom (1975), Jones (1977) y Zeeman (1976).

En el análisis de catástrofes se distinguen cualitativamente dos tipos de variables sistémicas denominadas variables rápidas o x y variables lentas o p . El espacio de las variables rápidas es de n y el de las variables lentas es de k , por lo que el sistema tiene dimensión $n+k$. Se define también una función $V(x, p)$ tal que, para p constante, $V(x, p)$ tiende a un mínimo a medida que el sistema evoluciona. Cuando se minimiza la función, para cualquier p constante, el sistema tiende hacia algún punto de equilibrio x , pudiendo existir para un mismo p , más de un punto de equilibrio. En términos de una ecuación diferencial para p constante, el sistema se comporta de acuerdo a la siguiente función:

$$\frac{dx}{dp} = f(x, p)$$

y evoluciona a un estado x donde $f(x, p) = 0$.

Una vez que se determinan los puntos de equilibrio x , interesa saber cómo varían éstos a medida que p varía en k . Todos aquellos valores que satisfacen $f(x, p) = 0$ sea, el conjunto de todos los puntos de equilibrio, se denominan la variedad (mf) y es k dimensional (Jones, 1977; Thom, 1975).

Todos los posibles cambios bruscos entre puntos de equilibrio estático, denominados atractores, están determinados por catástrofes elementales. Los tipos de catástrofes elementales son siete y describen todas las posibles discontinuidades en fenómenos controlados por no más de cuatro factores o propiedades básicas (Thom, 1975): bimodalidad, discontinuidad, histeresis y divergencia.

La bimodalidad o agrupación de observaciones en torno a dos o más atractores, está dada por la existencia de un doble equilibrio y se presenta en la catástrofe de pliegue, la más elemental de las catástrofes. Para diferentes observaciones, los valores que el sistema toma, se pueden distribuir en uno u otro atractor.

La propiedad de discontinuidad se refiere a un salto o respuesta desmesurada del sistema en relación a una variación pequeña del estímulo, que se establece en la ruta entre los atractores. Cuando se invierte el sentido del estímulo el sistema puede seguir una ruta diferente, propiedad que se denomina histeresis. En la catástrofe de cúspide, que corresponde al segundo tipo de catástrofe elemental y considera 2 variables lentas y una rápida, se presenta la propiedad de divergencia, cuando estados iniciales similares evolucionan a estados finales diferentes.

Sistemogénesis

El proceso natural de cambio del ecosistema se denomina singenética y corresponde a un caso del proceso sistemogénico. Estos cambios se inician en los primeros niveles de organización de la materia y están regidos por el principio de la conservación de la energía y las leyes de la termodinámica. El principio de conservación de la energía establece que, en términos generales, la energía total del sistema en un proceso se conserva. De acuerdo con la segunda ley de termodinámica, un proceso natural que se inicia en un estado de equilibrio y concluye en otro estado, se orienta en la dirección que provoca que la entropía del sistema más la del medio se incrementa. Desde un punto de vista termodinámico, los sistemas abiertos pueden mantenerse en un estado de alta improbabilidad de orden y estructuración de arreglos topológicos organizados (Bertalanffy, 1968). Los ecosistemas se mantienen en un estado alto de orden y, por consiguiente, de elevada improbabilidad estadística, evolucionando hacia una diferenciación y organización topológica creciente. Si no existieran en la naturaleza mecanismos antagónicos al del incremento de la entropía o de orden, no podría existir desarrollo ecosistémico (Nava et al., 1979). Es en la fotosíntesis donde se originan los mecanismos que concluyen por darle la tendencia organizativa al sistema ecológico.

La mayor organización del ecosistema representa un costo metabólico proporcionalmente mayor que corresponde, en un alto grado, a la disipación de la energía contenida en los organismos vivos y en la organización topológica de la materia inerte que se pierde como catabolismo total del sistema. En esta denominación se incluye al proceso fisiológico de respiración y al proceso de descomposición de la materia orgánica, así como el costo de reemplazo y reparación de la estructura deteriorada.

El proceso sistemogénico se manifiesta en los ecosistemas cuando el valor de $dA \neq 0$. Cuando este valor es positivo, se trata de procesos progresivos o progresiones, las cuales se caracterizan por su tendencia a disminuir el nivel entrópico del sistema. Cuando el valor dA es negativo se habla de procesos regresivos o retrogradaciones. Cuando $dA = 0$ corresponden a estados de equilibrio que en forma natural y por razones termodinámicas se prolongan indefinidamente.

En el esclarecimiento del proceso sistemogénico resulta fundamental establecer la sucesión ecológica y algunos procesos de artificialización u operadores antrópicos que determinan los cambios de estado del ecosistema.

Sucesión ecológica

Se define al proceso sucesional como un cambio de estado gradual, continuo, interno y direccional hacia una etapa de equilibrio entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema (Gastó, 1979b). Los cambios sucesionales se extienden sobre decenios, siglos o milenios y se superponen a fluctuaciones y ritmos más breves (Margalef, 1977).

Odum (1969) establece que la sucesión se caracteriza por:

- A) Ser un proceso de desarrollo de la comunidad que comprende cambios en la estructura de la especie y en los procesos de aquella. Con el tiempo es razonablemente orientado y, por consiguiente, predecible; y
- B) Resulta de la modificación del medio físico por la comunidad, pese a que el medio físico condicione el tiempo y la velocidad del cambio y ponga, a menudo, límites a la posibilidad de desarrollo;
- C) Culmina con un ecosistema estabilizado en el que mantienen por unidad de corriente de energía disponible, un grado máximo de biomasa o de alto contenido de información y de función simbiótica entre sus organismos.

A comienzos de siglo se concibió a la sucesión ecológica como un mecanismo que concernía fundamentalmente a la vegetación, denominándosele sucesión vegetal y Clements la describió como debida a cambios inducidos sólo por factores sinecológicos. Cowles reconoció, además, un factor externo a la comunidad vegetal que corresponde al factor fisiográfico (Coating, 1956). En la sucesión ecológica hay una continua acción del ambiente sobre los organismos y una reacción continua de los mismos organismos sobre el ambiente. El ecosistema va cambiando y en relación a la comunidad de organismos puede hablarse de una sucesión y distinguir en ella dos componentes: un componente alóctono o puramente ambiental, fuera del control de los organismos, y otro componente autóctono, en que el cambio del ecosistema y de la comunidad es consecuencia, más o menos lejana, de la propia actividad de los organismos (Margalef, 1977).

Las sucesiones ecológicas son consideradas un proceso de adaptación de la biocenosis al medio o ecotopo, constituyendo un mecanismo de transformación endógena de la comunidad. La comunidad biótica al transformarse su-

cesionalmente, no sólo modifica la composición florística y ecológica, sino que también modifica al microambiente donde cada organismo se desarrolla. De ello deriva su importancia en la evolución, pues influye en la selección de fenotipos mejor adaptados al hábitat originado en la sucesión.

En el curso de esta transformación endógena, se presentan tendencias generales de cambio o modificaciones de las características estructurales y funcionales del ecosistema. Entre otras: la diversidad de las especies aumenta hasta un punto avanzado de la sucesión, disminuyendo posteriormente (Margalef, 1968; Margalef, 1977 y Odum, 1969); la biomasa total aumenta especialmente en las porciones menos activas (Whittaker, 1953; Margalef, 1968; Margalef, 1977 y Odum, 1969); las especies de crecimiento rápido y vida breve, esto es, con estrategia r, predominantes al inicio de la sucesión, son substituidas por especies que producen acumulación máxima de biomasa y que pueden sobrevivir con pocos recursos, o de estrategia K (Margalef, 1977); la concentración de la dominancia va disminuyendo (Margalef, 1977).

Las tendencias generales y uniforme junto al hecho de que el estado del ecosistema en un instante determinado depende de su estado anterior, hacen que la sucesión sea predecible (Whittaker, 1975; Margalef, 1977; Gastó, 1979b). Odum (1969) sostiene que la sucesión es un proceso de desarrollo de la comunidad que comprende cambios en la estructura de las especies, siendo este proceso orientado y, por consiguiente, predecible.

Los detalles del proceso sucesional se desconocen debido a el número de variables a considerar. Este es de tal magnitud, que haría inoperante al modelo que intentara detallarlo. En general, sin embargo, los mecanismos que determinan el cambio de estado se deben a la dinámica vegetacional que incluye una fase inicial o juvenil, otra de madurez y una última de retrogresión o muerte (Braun-Blanquet, 1950). Las fases se caracterizan por presentar las siguientes etapas: migración de un propágulo de un territorio a otro; ecocesis, que comprende los procesos de germinación, crecimiento y reproducción; agregación, referida al crecimiento poblacional y que depende de la tasa de natalidad, mortalidad y migración de la población; competencia, proceso mediante el cual las especies se reemplazan; reacción, o variación del medio causada por la especie y estabilización de la comunidad en el tiempo referida al climax o estado final de equilibrio. Estos mecanismos generan una alteración en las relaciones estímulo-respuesta, dada por la descomposición, almacenamiento y producción de biomasa del ecosistema y su efecto en las características físicas y químicas de los componentes del ecosistema.

La sucesión o conjunto de comunidades que se substituyen una a otra,

en un área determinada, se designa como sere. Las etapas de desarrollo se denominan etapas serales y tienden hacia un estado final de equilibrio con el medio exterior y de estabilidad interior. Dependiendo de su origen o estado inicial, la sucesión ecológica puede agruparse en dos categorías (Margalef, 1977; Gastó, 1979b) que corresponden a la sucesión primaria o prisere y sucesión secundaria o subsere.

La sucesión primaria o prisere se origina en áreas desprovistas de vegetación en estratos relativamente poco intemperizados que incluyen depósitos glaciales, dunas y otros ambientes no habitados previamente. En estas áreas existen diversos sustratos que conforman un gradiente ambiental que va desde el agua hasta la roca. En este rango se encuentran todos los elementos en diversas combinaciones y los componentes abióticos sólidos en los más diversos grados de intemperización y descomposición. En los extremos del gradiente se encuentran las etapas más desfavorables. Cuando la prisere se origina a partir del agua, se denomina hidrosere y si parte de la roca se denomina xerosere. Cuando ambos tipos ocurren en una misma región climática, alcanzan el mismo estado climático manifestándose la equifinalidad del proceso sucesional (Gastó, 1979b).

Las tasas sucesionales de las etapas iniciales son lentas. Las condiciones iniciales intermedias tales como, material generador de loess, arena depositada por el viento en forma de duna, etc., permiten tasas mayores en las etapas sucesionales iniciales.

La lentitud del proceso en las etapas iniciales se debe al tiempo requerido para la formación del sustrato necesario para el establecimiento, crecimiento y reproducción de las especies vegetales dominantes. La formación del sustrato, en el caso de roca desnuda, se realiza con la descomposición de la roca por parte de líquenes, musgos y algas, junto a factores ambientales que ayudan a intemperizar el material rocoso; el aporte de materia orgánica también incide en la formación del suelo. En la hidrosere la formación del sustrato es realizada principalmente a través de la acumulación de materia orgánica aportada por las especies de plantas, algas flotantes y plancton.

El cambio de estado sucesional se puede considerar como una variación en el contenido de materia, energía e información. Las tendencias generales de cambio de algunas variables de estado ecosistémico han sido establecidas en numerosos trabajos y por diversos autores, entre otros, Odum (1969), Margalef (1968, 1977), Müller et al. (1974) y Gastó (1979b). A continuación se describen algunas tendencias expuestas en esos trabajos.

La materia en el ecosistema comprende fundamentalmente a los nutrientes y el agua, y circula y recircula a través de el ecosistema. Como nutrientes se incluyen tanto elementos minerales como orgánicos.

En el curso de la sucesión ecológica, los ciclos de nutrientes orgánicos y minerales, tienden a transformarse desde abiertos a cerrados, esto es, a disminuir la pérdida de elementos libres por lixiviación. Según Reichle (1975), la pérdida de elementos se evitan cuando existen ciclos internos de éstos, lo que ocurre en los estados avanzados de la sucesión ecológica.

Los nutrientes libres, obtenidos principalmente por descomposición y mineralización de la materia orgánica, tienden a disminuir y la tasa de intercambio de nutrientes organismo-ambiente se va haciendo más lenta. La acumulación de materia orgánica y de los organismos que la descomponen, tales como saprófitos y detritófagos, tienden a aumentar con el avance sucesional.

En relación a los cambios sucesionales del agua, se ha establecido que la longitud del período favorable es mayor en estados avanzados. La eficiencia de utilización del agua por parte de la biocenosis aumenta, lo que está indicado por un aumento de los cocientes transpiración/evaporización y transpiración/escorrentamiento, disminuyendo proporcionalmente las pérdidas de agua por evaporización o escorrentamiento.

En general, el ecosistema tiende a maximizar la eficiencia de utilización de los elementos de la materia y éstos, a su vez, fijan de acuerdo a su disponibilidad, el desarrollo máximo que puede alcanzar un ecosistema. Así, los nutrientes, el agua o cualquier elemento limitante, actúa en forma de un circuito recurrente negativo, regulando el crecimiento y desarrollo del ecosistema (Reichle et al., 1975; Gastó, 1977).

La energía fluye por el ecosistema a través de las cadenas tróficas. El proceso energético se inicia con la captación de la energía radiante por parte de los organismos autotróficos o fotosintetizadores que lo transforman en energía química a través de la formación de compuestos carbonados. La energía continúa transformándose posteriormente en la cadena trófica a través de organismos heterotróficos en los diferentes niveles, constituyendo un flujo que culmina en los organismos detritófagos y saprófitos.

Algunas variables de estado, relacionadas con la energía, presentan tendencias generales durante el curso de la sucesión. La fotosíntesis bruta es una de ellas y presenta un incremento que se relaciona con el aumento simultáneo de la cantidad de tejidos fotosintéticamente activos que corres-

ponden a una fracción de la biomasa total del ecosistema. La biomasa total del ecosistema aumenta hasta un máximo que está determinado por la severidad ambiental en una relación inversa (Reichle *et al.*, 1975), lo que se denomina principio de la máxima biomasa persistente y cuyo estado corresponde al clímax.

La respiración del ecosistema, realizada por el componente biótico, es también función directa de la biomasa en pie por lo que aumenta en el curso de la sucesión. Mediante la respiración la materia se degrada, obteniéndose energía para el crecimiento y mantención de los organismos.

La fotosíntesis neta es la diferencia entre fotosíntesis bruta y respiración. Indica la ganancia de fotosintetatos del ecosistema, lo que permite la construcción de tejidos, órganos y en general, elementos bióticos del sistema. Debido a que el aumento relativo de la fotosíntesis bruta es menor que el de la respiración, durante la sucesión, la fotosíntesis neta presenta tendencia descendente (Margalef, 1977). Esto se debe a que en los estados pioneros de la sucesión, la mayor parte de los tejidos aéreos son fotosintéticamente activos. Posteriormente se generan tejidos leñosos, los cuales no fotosintetizan, pero utilizan los productos fotosintetizados en su respiración y biosíntesis. En general, hay un aumento de órganos y tejidos heterótrofos que aumentan la respiración, lo que va disminuyendo la diferencia entre fotosíntesis bruta y respiración hasta aproximarse a cero. En ese estado el ecosistema no crece y se mantiene en un estado de equilibrio con su medio (Gastó, 1979b).

La producción, bruta y neta, dependen fundamentalmente de la fotosíntesis, además de otros procesos que comprenden la absorción y transformación de elementos y agua. Constituye la biomasa total del ecosistema y se modifica sucesionalmente en forma análoga a la fotosíntesis bruta o neta, según corresponda.

La relación producción bruta/biomasa total representa la eficiencia de producción o tasa de renovación del ecosistema (Margalef, 1977) y disminuye en el transcurso de la sucesión. Esto se interpreta como que existe una tendencia a sustituir un estado por otro, cuando este último ocupa el mismo espacio sin tener que renovar tan rápidamente sus elementos, es decir, trabaja de manera menos costosa. Esto equivale a suponer que la estrategia K, a largo plazo, resulta siempre superior a la r, lo cual es cierto, siempre que el ambiente sea suficientemente previsible o controlable. Los estados sucesionales iniciales se caracterizan por presentar un alto porcentaje de tejido fotosintético en relación a la biomasa total, presentando una alta tasa de renovación. Contienen una alta proporción de especies anuales o

bianuales cuya renovación es efectivamente anual o bianual (Margalef, 1977; Whittaker, 1975; Gastó, 1979b) lo que también eleva la tasa de renovación del ecosistema. En los estados finales la tasa de renovación es baja, caracterizándose porque una fracción importante de la biomasa corresponde a tejido leñoso, lo que aumenta el costo de mantención, bajando la eficiencia de producción. La tasa de renovación es también baja, lo que afirma la hipótesis de estabilidad y equilibrio de el estado climácico. De la relación producción primaria/biomasa, nace el concepto de madurez ecosistémica propuesto por Margalef. Un estado de mayor madurez, esto es, un menor cociente producción primaria/biomasa, implica que se necesita menor cantidad de energía para mantener una unidad de biomasa maximizándose la cantidad de biomasa sostenida por la unidad de flujo energético.

El cociente producción bruta/respiración determina la proporción entre el total de energía producida y el total de energía degradada. Con el curso de la sucesión este cociente tiende a 1. La producción neta o diferencia entre producción bruta y respiración, representa la ganancia de materia y energía por parte del ecosistema y tiende a cero hacia las etapas finales. Esto implica un estado de equilibrio con el medio y de estabilidad interna donde las características estructurales se mantienen en el tiempo.

En el transcurso de la sucesión ecológica, el ecosistema va adquiriendo mayor complejidad en la estructura de flujo de la materia y energía (Pianka, 1978). El flujo de energía se hace más complejo y las cadenas tróficas, lineales en un principio, toman una conformación reticular confirmando mayor estabilidad al ecosistema (Pianka, 1978).

A medida que madura el ecosistema, va adquiriendo mayor complejidad en la estructura de flujo de la materia y energía, lo que le permite absorber variaciones externas sin que varíe su estado ecosistémico. Esta propiedad se denomina homeostasis y está relacionada con la estabilidad interna del estado. A medida que las alternativas de cauces en el flujo energético se incrementan, la estabilidad del sistema también se incrementa.

La mayor complejidad estructural del ecosistema se acompaña de una mayor complejidad en las conexiones o relaciones intra o interespecíficas, de flujos largos y ciclos cerrados, mayor diversidad y desarrollo de la estratificación de la comunidad (Margalef, 1977; Gastó, 1979b). Los que en etapas iniciales son amplicos, se vuelven restringidos y ajustados en las etapas finales. Los organismos se van haciendo cada vez de mayor tamaño y los ciclos de vida más largos (Gastó, 1979b).

La sucesión ecológica se puede interpretar como un proceso de acunu

lación de información. La información adquirida se traduce en una nueva organización del ecosistema que tiene implícitos los cambios previsibles del ambiente y que adquiere cada vez mayor estabilidad (Margalef, 1977). La información es una medida de certidumbre, capacidad que posee el sistema para restringir el número de estados posibles a que puede llegar. El aumento de información o certidumbre permite eliminar posibilidades, lo que determina una mayor capacidad de predicción de probabilidades del comportamiento del sistema. El contenido de la información se utiliza para evaluar la organización o desorden del sistema constituido por elementos discontinuos en el espacio y en el tiempo. El ecosistema, que en un momento dado presenta una determinada composición específica entre todas las posibles, es un mensaje con una información que puede ser medida. En un momento posterior, el mismo ecosistema tiene una composición que no es independiente de su contenido anterior. La información y la diversidad de una biocenosis, al menos desde un punto de vista práctico, deben ser consideradas iguales (Margalef, 1958).

La información es, según Brillouin (1956), el producto de una constante K por el logaritmo del número de posibles casos y se simboliza:

$$I = K \text{ Log } N$$

donde:

K = constante, y,

N = número de opciones.

La entropía, al igual que la información, es un concepto relacionado con la organización de los ecosistemas y ambas varían en magnitud de acuerdo a su estado. Dado que la entropía o medida del grado de desorden de un sistema depende del número de estados posibles, se puede concluir que la entropía y la información son medidas opuestas (Gastó *et al.*, 1976). A mayor información menor es el número de estados a los que puede llegar el sistema, disminuyendo la entropía debido al mayor orden existente.

El proceso de sucesión primaria ha sido descrito para diferentes situaciones climáticas, por diversos autores. En estos trabajos, aunque los detalles taxonómicos son diferentes, las tendencias generales y los grupos de especies se repiten en todos los casos (Müller *et al.*, 1974; Daubensire, 1968; Gastó, 1979b; Kershaw, 1964; Whittaker, 1975). Dependiendo de la zona climática, varía el número de etapas, llegando a diferentes estados climáticos.

La sucesión secundaria o subseres se caracteriza por la existencia de un sustrato formado y corresponde al proceso iniciado posteriormente al

cese de una fuerza natural o antrópica que ha retrogradado al sistema a un estado sucesional diferente. La existencia de un sustrato formado, semillas u otros órganos reproductivos y comunidades vecinas en etapas sucesionales avanzadas que son fuente de propágulos, permiten un retorno relativamente rápido a etapas más avanzadas (Margalef, 1977; Kershaw, 1964).

Climax

La sucesión ecológica, sea primaria o secundaria, tiende hacia un límite o estado final hipotético o denominado climax (Terradas, 1971). En relación a este concepto se han planteado diferentes teorías. Clements (1928) plantea la teoría del monoclimax que establece que la sucesión de una región climáticamente homogénea, converge a un estado único denominado climax, caracterizado como una unidad estable de vegetación, determinada sólo por el clima.

La teoría del policlimax establece que para una misma región climática, pueden existir varios climaxes, puesto que además de el clima, existen otros factores limitantes. Estos pueden corresponder a factores de tipo fisiográfico, edáfico, etc., que influyen en forma más acentuada que el clima en determinadas situaciones. En una región climática se observa, por lo tanto, un mosaico de comunidades, cada una como la expresión máxima, determinada por el factor limitante, con características de estado climax.

La teoría del continuo o gradiente ambiental, establece que no hay un climax absoluto, existiendo uno distinto en cada punto del terreno (Whittaker, 1953; Shimwell, 1971). El estado climácico se caracteriza por su capacidad de autoreemplazo, lo que le confiere un alto grado de estabilidad. Corresponde a un estado final de equilibrio con el medio exterior en que el reciclado de los elementos funciona regularmente. Las fuerzas de integración y de degradación se encuentran equiparadas, determinándose un equilibrio dinámico entre los componentes bióticos y abióticos (Clements, 1936; Whittaker, 1975; Nava *et al.*, 1979). El climax representa el estado de mayor madurez para una serie, sin que implique que sea el límite superior de madurez ni que su valor sea necesariamente muy alto, por lo cual, es posible considerar algunos ecosistemas modificados por la actividad humana como más maduros que algunos no perturbados (Margalef, 1977).

Retrogradación y progresión

La regresión o retrogradación en que la actividad del hombre o algu

na fuerza natural ocasiona cambios de estados hacia etapas menos maduras, corrresponde a un proceso de sentido opuesto a la sucesión (Margalef, 1968). Sin embargo, no corresponde a una sucesión invertida, pues no se trata de un proceso de autoorganización con regularidad detectable en el que unos estados dependen de los anteriores, sino de la destrucción irregular o al azar generalmente catastrófica de algunos elementos de la estructura del ecosistema (Margalef, 1977). Cuando el estado perturbador deja de actuar, se inicia el proceso de sucesión secundaria o reinicia el proceso sucesional, lo que se denomina subsere o sucesión secundaria.

La regresión por intervención antrópica puede corresponder a objetivos de cosechar el ecosistema y abandonarlo, y en tal caso es retrogradación, o de establecer estados artificializados más productivos. Al retrogradarse el ecosistema, eliminándose parte de la biomasa, resultan favorecidas las especies oportunistas que al crecer rápidamente, ajustándose a los ambientes alterados, aumentan su importancia relativa.

El cambio de estado del ecosistema en el tiempo, puede ser progresivo o regresivo, dependiendo de si se aleja o aproxima en relación a un estado avanzado de las tendencias generales de la sucesión ecológica. Esta direccionalidad puede ser generada en forma natural o antrópica. La progresión conduce a estados más avanzados y es generalmente debida a la sucesión ecológica.

La estructura teórica en que están contenidos los procesos generales de transformación del ecosistema se ha planteado formalmente e incluye los mecanismos de retrogradación y artificialización tratados con detalle y sistemáticamente por Prado (1983).

Los estados ecosistémicos más avanzados constituyen atractores que pueden actuar en forma continua o intermitente, manteniéndose el ecosistema o retornando al espacio de atracción del atractor inicial. Un cambio de atractor implica un cambio de estado y cuando el ecosistema retorna al atractor inicial, lo hace en un estado modificado.

El atractor de estado es hipotético y corresponde a una imagen idealizada de arreglo topológico de los componentes y conexiones ecosistémicas como resultado de su adaptación a condiciones de mayor armonía o simetría, ya sea natural o con propósito antrópico. Esta armonía o balance ecosistémico puede ser definido como una conveniente proporción entre los elementos componentes del sistema ecológico (Gastó, 1979b). Tanto los componentes como las conexiones deben estar balanceadas en cuanto a sus atributos cualitativos y cuantitativos de manera que entre ellos exista adaptación y ajuste.

ECOSISTEMA DE Quillaja saponaria

El sector de estudio comprende fundamentalmente la cuenca de Santiago y sus alrededores y el ecosistema de Quillaja saponaria presenta en esta zona, algunas características de sus componentes geomorfológicos, climáticos, antrópicos y de la especie que son conocidos y que se exponen a continuación.

Geomorfología y suelo

Esta parte del país se puede dividir en tres entidades de relieve: la Cordillera de la Costa, el Valle Central y la Cordillera de los Andes. Una cuarta entidad -las Terrazas Marinas- aparece en forma discontinua y con diversos grados de amplitud y extensión a lo largo de la costa del Océano Pacífico.

La Cordillera de la Costa presenta en las provincias de Santiago y Valparaíso formas andinas con numerosas cumbres que bordean los 2.000 m de altitud, tales como El Roble con 2.222 m, Vizcachas con 2.220 m, la Campana con 1.812 m y Chapa con 1.980 m. El cordón costero está formado de rocas cristalinas precámbricas y cretácicas, plegadas y sollevantadas en el terciario (Muñoz, 1973). Las partes altas, situadas encima de los 1.800 msnm, pertenecen a la antigua superficie de denudación terciaria (Brüggen, 1950).

Frente a la ciudad de Santiago, la Cordillera de la Costa se deprime momentáneamente, de tal modo que las serranías que flanquean el río Maipo, no alcanzan sino excepcionalmente los 1.000 m de altitud. Al sur de este río se presentan altitudes considerables que alcanzan los 2.318 m en el cerro Cantillana. Las cumbres más importantes de la Cordillera de la Costa quedan adosadas al Valle Central, mientras que hacia el mar se deprimen o desaparecen. Esta disimetría general se ve exagerada por el desarrollo que alcanzan las planicies litorales.

El pie oriental del cordón costero rectilíneo desde la región de Polpaico hasta la rinconada Lo Vial, corresponde a la falla grande que separa el Valle Longitudinal de la Cordillera de la Costa. Esta falla rectilínea está interrumpida en varios puntos, por zonas entrantes o rinconadas que son desde el norte, las de Chicauna, Lipangue, Lo Aguirre, Vial y Esperanza. Continúan también al valle desfiladeros de los ríos Mapocho y Maipo con la rinconada entre Malleco y Talagante, la de Rosario, Paico y otras. Las rinconadas que se hallan en el Valle del Maipo, en su paso por

la Cordillera de la Costa, son de origen tectónico, por lo que se debe considerar a este valle también como de origen tectónico (Brüggen, 1950).

En general, los suelos de la Cordillera de la Costa corresponden a suelos graníticos depositacionales y graníticos de lomajes y cerros. En muchos lugares la planicie es estrecha o está completamente ausente, existiendo en su lugar una serie de terrazas marinas que, según Fuenzalida *et al.* (1965), marcan fuertes períodos de nivel marino durante el cuaternario. Las terrazas se extienden hasta varios metros de elevación y en la provincia de Santiago alcanzan un ancho medio de 7 a 8 kilómetros (Fuenzalida, 1950a). Estos suelos se clasifican como suelos de terraza marina, pudiendo ser de textura liviana o media.

La gran fosa tectónica del Valle Longitudinal, en la parte de Santiago, está limitada por dos líneas de fallas N-S que la separan de la Cordillera de la Costa y de la Cordillera de los Andes. Entre estas dos sistemas principales de fallas se encuentra la cuenca de Santiago, la que termina por el norte en la falla transversal de Colina (Brüggen, 1950).

La cuenca de Santiago mide unos 100 kilómetros de norte a sur y tiene un ancho medio de 35 kilómetros (Fuenzalida, 1950a). El fondo de la cuenca ha sido relleno por sedimentos glaciales y por el aluvionamiento posterior de los ríos Maipo y Mapocho. El primero cubre con un inmenso y perfecto cono de rodado, casi toda la extensión de la cuenca, siendo el cono del Mapocho de menor magnitud. Brüggen (1950) sostiene que al relleno de la cuenca de Santiago han contribuido a dos clases de sedimentos: las morrenas que contienen piedra pomez de la segunda época glacial y los enormes conos de rodado de origen fluvioglacial correspondientes a la última o tercera época glacial. Estos conos presentan suelos de origen aluvial categorizados de acuerdo a sus características de drenaje y textura en suelos de textura media y pesada con drenaje bueno, moderado o malo y suelos de textura liviana con drenaje bueno, moderado o malo.

En comparación con el cono de rodados del Maipo, el del Mapocho es insignificante, como corresponde también a la relación entre ambos sistemas de ríos. Los rodados del Mapocho forman una angosta planicie fuertemente inclinada que acompaña la pequeña cadena del cerro San Cristóbal. Cerca de Apoquindo, los rodados se unen con las morrenas terminales de la última época glacial (Brüggen, 1950). Una considerable extensión al suroeste de Tiltill se clasifica como suelo de roca metamórfica. Los sedimentos glaciales que se conservan en la superficie de la cuenca, forman paisajes de morrena con característicos suelos punicíticos.

Al norte de la ciudad de Santiago la cuenca presenta dificultades de drenaje de las aguas debido a que no existe ningún río importante que depositara sus aluviones, quedando la planicie por debajo de los conos de deyección mencionados. Según Brügger (1950), el río Mapocho ha sido desviado por el cono del Maipo, donde ha rellenado el Valle Longitudinal en ese sector. Pero este relleno no ha sido perfecto como lo indica la existencia de la laguna de Batuco que es muy baja y contiene agua solamente durante la época de lluvias. Además, un cordón sumergido desprendido de la Cordillera de los Andes y cuyas cumbres aparecen en Renca y en el cerro Navia, dificulta el drenaje profundo. Así, el sector mencionado presenta una fuerte salinidad de los suelos, puesto que el agua sólo escapa por evaporación, precipitando sus sales en la superficie. En la parte más deprimida se desarrolla la laguna de Batuco, a sólo 481 msnm. Son suelos de origen lacustre, arcillosos y con problemas de salinidad. Otros suelos de origen lacustre no presentan problemas de salinidad, pudiendo ser orgánicos o arcillosos y se distribuyen al norte de los primeros, o bien, en pequeñas áreas en distintos puntos ubicados en los límites de los suelos graníticos de la Cordillera de la Costa. En general, toda la parte del Valle Longitudinal situada al norte del Mapocho es un llano horizontal con un desagüe imperfecto, de manera que durante el invierno se forman pantanos de extensiones considerables, cubiertos con efervescencias salinas durante el verano (Brügger, 1950). La situación elevada del lecho del río indica que todavía el Mapocho está depositando rodados.

La cuenca de Santiago presenta altitudes variables cuyas eminencias se encuentran en los sitios en que los ríos abandonan la Cordillera de los Andes para penetrar en ella en Apoquindo y Puente Alto, ubicados a 700 msnm aproximadamente. Desde allí, el terreno se deprime en todas direcciones, presentando una altitud mínima en Hospital con 384 msnm y en la Cordillera de la Costa, en Talagante, con 343 msnm. En su borde oriental presenta un piedemonte que sube hasta los 820 msnm.

Fuera de las formas generales de los conoides, la planicie casi no presenta accidentes. Cuando las morrenas emergen a la superficie, se observan paisajes de suaves lomas como en Cerrillos, Maipú y Barrancas. Existen en ella, sin embargo, cerros que corresponden a las cumbres de los cordones sumergidos bajo el aluvionamiento y que quedan a modo de cerros islas. Tal es el caso del cerro de Renca, Santa Lucía, Chena e Hijuelas. El cerro San Cristóbal y el cerro de Pirque corresponden a ranales desprendidos de la Cordillera de los Andes en sentido opuesto e individualiza porciones de ella en su margen oriental (Brügger, 1950). Muchos sectores de la cuenca, especialmente aquellos coincidentes con laderas escarpadas y cumbres elevadas, son categorizados como suelos de escasa consideración agrícola.

La Cordillera de los Andes representa una serie compleja de plegamientos tectónicos iniciados en el cretácico tardío. Los plegamientos orogénicos, acompañados por volcanismo, que ocurrieron activamente en el oligoceno y en el mioceno, fueron seguidos por fuerte erosión en el terciario tardío (Thrower y Bradbury, 1973). Esta erosión, debida a los hielos y aguas corrientes y que prosigue hasta nuestros días, ha labrado profundos valles, generalmente estrechos y de vertientes abruptas. En este sector de los Andes se presentan cumbres importantes como San José con 5.830 msnm, Maipo con 5.290 msnm, Piuquenes con 6.000 msnm y otros.

Clima

Los parámetros y características climáticas han sido descritos en detalle en la literatura (Fuenzalida, 1950b; Gastó, 1966; Di Castri y Hajek, 1976). Se presenta primeramente un resumen de las características consideradas más relevantes referidas a la zona situada aproximadamente por debajo de los 1.500 msnm. La temperatura se caracteriza por presentar promedios inferiores a 18°C en el mes más frío, variando primeramente en función de la topografía y de la distancia desde la costa. Las estaciones meteorológicas ubicadas cerca del mar, presentan constancia y homogeneidad de la temperatura a diferencia de las mayores oposiciones térmicas existentes hacia el interior. Así, San Antonio en la costa, tiene una amplitud térmica anual del orden de los 5,5°C y la oscilación diaria del termómetro es de 7,3°C. Como contraste, Santiago presenta una amplitud térmica anual de 11,9°C llegando la oscilación térmica diaria a 10,7°C. Las tendencias de las temperaturas anuales, sin embargo, son análogas y es así como el mes más frío es julio y el mes más cálido es enero para ambas situaciones. En Santiago, los promedios para esos meses son 8°C y 19,9°C respectivamente y se han registrado eventualmente mínimas de -4,7°C y máximas de 37,2°C en cada caso.

Las precipitaciones se presentan acumuladas en los meses de invierno y particularmente en los meses de mayo, junio, julio y agosto. Estas lluvias son ciclónicas, las cuales se ven exageradas por el efecto del relieve, presentando un notable incremento con la exposición del relieve al viento marino. Debido a los relieves costeros, las precipitaciones son mayores en la costa que en el llano intermedio. Así, Valparaíso presenta promedios anuales alrededor de 449,1 mm. Estas precipitaciones, por efecto de las montañas, también crecen hacia el interior del país alcanzando altos valores en la pendiente de los Andes. Así, las precipitaciones anuales en San José de Maipo alcanzan promedios de 631,8 mm. Si bien los promedios de precipitación anual entre estaciones meteorológicas fluctúan en un rango rela-

tivamente estrecho, el rango de variación de las precipitaciones anuales para cada estación, presenta grandes oscilaciones. Para Santiago se ha registrado una mínima anual de 66,0 mm y un máximo anual de 820,0 mm. Para Valparaíso, el mínimo anual ha sido de 61,8 mm y el máximo de 1.247,0 mm y en San José de Maipo se han registrado un mínimo de 105 mm y un máximo de 1.407 mm.

Los vientos productores de lluvia son del norte y del noreste y los vientos dominantes son del sur y del suroeste, con los cuales se observa buen tiempo. En la costa estos vientos alcanzan gran fuerza y persistencia durante la estación estival. Al penetrar al interior, pierden notablemente su fuerza.

Las características climáticas de la zona la clasifican, de acuerdo al sistema de Köppen, en: Clima templado cálido con estación seca prolongada. Comúnmente se le denomina clima mediterráneo.

Las regiones sobre los 1.700 msnm y fundamentalmente andinas, a diferencia del resto del sistema, no poseen un clima de tipo mediterráneo, variando las condiciones de temperatura y precipitación. Si bien el ritmo estacional permanece mediterráneo, existe una rigurosa sequedad estival con características continentales. Durante el invierno es muy frío y asoleado con algunas abundantes nevadas. El total de la pluviosidad anual aumenta rápidamente con la altitud y en El Manzanito, a 2.000 msnm ya se registran 1.172 mm.

En lo que respecta a la temperatura, el gradiente térmico es fuerte sobre los 2.000 msnm. En estas altitudes los efectos moderadores de la corriente de Humboldt que actúan sobre el clima de la depresión y del litoral en estas mismas latitudes, se presenta sumamente atenuado, adquiriendo el macizo andino, en general, las propiedades del clima de montaña con características continentales y de verano caluroso (Quintanilla, 1981). La existencia de abundantes nevadas fija el límite de la vegetación, aproximadamente en los 3.000 msnm. La línea de equilibrio de los glaciares y de las nieves persistentes se calcula, en general, sobre los 3.000 msnm.

Intervención antrópica

Según Cunill (1972a), en general, y en esta zona, en Chile se pueden distinguir tres etapas de la intervención humana sobre los recursos naturales renovables y la vegetación en particular o etapas de la agricultura nacional. Una etapa precolonial o aborígen, luego de la conquista española

del campo y una tercera etapa que caracteriza a la vida republicana e independiente de España. Investigaciones paleontológicas y antropológicas han probado que el sitio de Tagua Tagua, a orillas del río Cachapoal, fue poblado hace 11.380 años por cazadores de mastodontes, caballos, ciervos y guanacos. La caza de grandes herbívoros y el fuego serían las primeras influencias, encontrándose en el mismo sitio restos de recolectores y agricultores incipientes que se remontarían a unos 3.000 años (Cunill, 1972a).

Las alpacas y las llanas introducidas en Chile Central, en un número limitado, junto con la conquista de los incas, antes de la llegada de los españoles, probablemente tuvieron un efecto de herbivoría tan extenso como el de la población original de guanacos (Rundel, 1981).

A la llegada de los españoles, este territorio estaba ocupado por indígenas picunches que se dedicaban a la agricultura y a la ganadería de auquénidos, complementada con recolecciones estacionales. La agricultura fue activamente practicada por los nativos y la preparación del suelo para cultivar, implicó el uso del fuego. Los cultivos más usuales eran: teca, mango y nadi (Madia sativa) (Rundel, 1981).

El valle central de Chile es donde primero se establece el hombre europeo, debido a la generosidad de sus recursos naturales. Fue primero explorado por Diego de Almagro en el año 1530, y fue seguido por el establecimiento de una colonia en Santiago por Pedro de Valdivia en 1541. En los primeros años de la colonización europea, el ganado europeo se multiplicó rápidamente, originando una considerable presión en la vegetación herbácea nativa. En la primera mitad del siglo XIX, y quizás antes, las colonias europeas se establecieron en los valles de Chile central (Aschmann y Bahre, 1977). La etapa de la conquista fue, además, caracterizada por la explotación de varias especies vegetales y la necesidad de conseguir más aprovisionamiento fue intensificando el cultivo del trigo y otros cultivos que reemplazaron a los cultivos nativos, destruyéndose ampliamente el paisaje original. A medida que fueron casi exterminadas ciertas especies como palma (Jubaea chilensis), quillay (Quillaja saponaria), etc., fueron desplazadas por otras. Se afirma que el bosque santiaguino se destruyó en el siglo XVI (Cunill, 1972b), estimándose que entre los años 1552 y 1558 los conquistadores cortaron alrededor de 12.000 árboles que fueron ocupados para construcciones. Así comenzó la urbanización muy tempranamente en Santiago. Este proceso de urbanización, que se acentúa en el siglo XVIII, hace que se modifique intensamente la flora y la fauna en la zona central. Las prácticas agrícolas en los valles acompañadas de una intensiva explotación de las laderas con las prácticas de corta de leña, obtención de carbón mediante el fuego y sobrepastoreo, hicieron prácticamente desaparecer la vegetación

pristina a comienzos de siglo (Rundel, 1981). Actualmente, una fuerte depresión antrópica con las mismas prácticas, mantiene la vegetación de la zona central en estado de disturbio. Sólo las laderas escarpadas o áreas distantes de las zonas urbanizadas están relativamente protegidas de un impacto antrópico regular. Por ello, resulta difícil determinar la relación del presente patrón vegetacional con aquel de la vegetación pristina anterior a la influencia humana.

La tenencia de la tierra se desarrolló en el tiempo de la colonia y se mantiene sin mayores modificaciones en la actualidad. Los fundos, predios y parcelas incluyen agricultura en los valles y ganadería en las tierras altas en general (Aschmann y Böhre, 1977).

Quillaja saponaria

Los estudios realizados sobre la especie se han concentrado principalmente en aspectos botánicos y taxonómicos (Molina, 1776; Muñoz, 1966; Muñoz, 1971; Neuenchwander, 1965; Navas, 1976 y Reiche, 1934); biosistémicos (Alfaro, 1974; Smith *et al.*, 1976 y Vita, 1969); en un contexto descriptivo general de la vegetación de la zona (Gay, 1847; Reiche, 1907; Fuenzalida, 1950; Schnithusen, 1954 y 1956; Pisano, 1954 y 1960; Oberdorfer, 1960; Mooney y Dunn, 1970; Mooney *et al.*, 1970, 1972, 1974a, y Parsons, 1976); de patrón vegetacional (Keeley y Johnson, 1976); en una descripción general de la especie (Rodríguez *et al.*, 1983); en una perspectiva ecológica general (Rundel, 1981) y la gran mayoría han apuntado a tópicos relacionados con su explotación como recurso forestal (Gajardo y Verdugo, 1979; Maldonado, 1967; Neuenchwander, 1965; Prado, 1979; Schlegel y Vita, 1967; Schickhard y Prado, 1976 y Vita, 1966).

Quillaja saponaria (Mol.) se presenta como árbol o arbusto; su follaje es siempre verde y su corteza es cenicienta. Muñoz (1971) describe a la especie con hojas alternas, color verde amarillento de 3 a 4 cm de largo y 1,3 a 2 cm de ancho, con posible corte de 2 mm y estípulas pequeñas, caducas. Presenta flores blancas aplanadas de 15 mm de longitud, poligamodioicas, con 3 a 5 pedicelos, 2 brácteas, las laterales masculinas, la central fértil; el tubo del cáliz persistente, coriáceo, con 5 pétalos, pequeños, espatulados; disco grueso, carnoso; 10 estambres de los cuales 5 son opuestos a los pétalos e insertos en la base del disco y los otros 5 alternos e insertos en el ápice de los lóbulos del disco. El fruto está compuesto de 5 carpelos sésiles; 5 estilos terminales libres; 5 folículos estrechados, coriáceos de 3 a 5 cm de diámetro. Las semillas son numerosas y com-

primidas terminando en un ala de 15 mm de largo por 4 a 5 cm de ancho. Florece desde noviembre a enero y se le conoce como Palo de Panamá.

Taxonómicamente Muñoz (1971), con el sistema de Engel, la clasifica (Bosse, 1980) en:

División	:	Fanerógamas
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Rosales
Familia	:	Rosáceas
Género	:	Quillaja
Especie	:	<u>Quillaja saponaria</u> (Mol.)

En la zona mesomórfica de Chile se consigna a la comunidad de Quillaja saponaria como representante del estado climático de algunos sectores (Vita, 1974; Schmithüsen, 1956; Oberdorfer, 1960). Según Palacios (1980), la sucesión de Acacia caven en la zona presentaría dos estados climáticos, uno de los cuales es el bosque latifoliado de Lithraea caustica y Quillaja saponaria. La especie se encuentra creciendo en stands puros o en mezcla con Lithraea caustica, Cryptocarya alba, Peumus boldus y otras especies. Hacia el sur, en la misma zona mesomórfica se mezcla con diversas especies del género Nothofagus.

Quillaja saponaria se ha destacado entre las especies nativas forestales de la zona central de Chile de mayor consideración, dada su importancia económica y ecológica (Alfaro, 1974; Gajardo y Verdugo, 1979; Maldonado, 1967; Smith et al., 1976 y Vita, 1974).

Su importancia económica radica principalmente en su corteza, existiendo dos tipos: una aprovechable o interna y otra desechable o externa, que se elimina al extraerse la primera. La corteza externa es rugosa y tiene un color pardo rojizo; la corteza interna es de color blanco amarillento, casi lisa, cristalina, con depresiones ocasionales. Esta corteza es de olor suave, sabor ocre y su aspiración produce irritación nasal. Contiene hasta 19% (Navas, 1976) de un alcaloide denominado saponina del tipo triterpenoide que tiene la propiedad de formar una jalea soluble con las sustancias grasas. Debido a esto, se utiliza en la fabricación de algunos detergentes, así como también en compuestos para la extinción de incendios, champú, dentífricos, cosméticos, etc.

Actualmente se sostiene que todo el árbol contiene cantidades significativas de saponina con respecto a la corteza. Si se toma un 100%, el va-

lor promedio de 18,99% de contenido de saponina que contiene la corteza de exportación, el tronco descortezado contiene 61,9% de saponina, la corteza de las ramas laterales un 94,6% y las ramas laterales descortezadas un 55,4% (Israel, 1972, 1983).

La exportación anual de 1.000 toneladas de corteza de quillay implica una explotación de 40.000 ejemplares de esta especie. Si se considera que el número medio de árboles por hectárea es de 10, significa que la superficie explotada es de 4.000 ha al año. La modalidad de explotación implica el volteo del árbol, la extracción de su corteza y fabricación de carbón con el resto (Vita, 1974). Si se utilizara todo el contenido de saponina del árbol para lograr la misma cantidad que se obtiene en la actualidad con 35 o más árboles, ya que un árbol pesa aproximadamente dos toneladas (Israel, 1983), la modalidad de exportación implica sólo trozos de corteza de 30 cm de largo por 7 cm de ancho y 2 mm de espesor, perdiéndose por este motivo, una cantidad enorme de saponina con los pequeños trozos que no son considerados y que podrían serlo. Otro cambio que podría introducirse en la explotación de Quillaja saponaria es la de utilizar solamente las ramas laterales, evitándose la destrucción del recurso con la actual modalidad de corte (Israel, 1983). La explotación de corte del árbol y la utilización sólo de la saponina de la corteza del tronco implica el riesgo de la extinción de la especie si se mantienen las 1.000 toneladas de corteza anuales de explotación y no hay intensos programas de reforestación. En la actualidad, quillay se ha extinguido casi totalmente de Valparaíso al norte.

Debido a la multiplicidad de usos de la saponina, desde muy antiguo se ha despertado el interés de otros países, especialmente europeos, por adquirir este producto. Como antes salía en barcos por Panamá, quedó con el nombre de corteza de Panamá o Bois de Panamá.

La flor de quillay, debido a sus cualidades melíferas, es cotizada en la producción apícola. Su madera es sólo de regular calidad, utilizándose se como carbón y en la fabricación de herramientas agrícolas, principalmente.

El género Quillaja es un género sudamericano, rico en saponina, de dispersión restringida y según Navas (1976), existirían tres especies, distribuyéndose en Brasil, Uruguay, Perú, Argentina y Chile. Bosse (1980) menciona a dos especies, existiendo Quillaja saponaria en Chile, Bolivia, Perú y Ecuador y la especie Quillaja brasiliensis en Brasil y Paraguay.

En Chile sólo existe Quillaja saponaria y hay cultivos de esta especie y del género en Alemania, India y en el sur de California (Navas, 1976).

Según Reiche (1934), la especie se distribuye en Chile entre los 30° 30' latitud sur y los 38° latitud sur. El área queda comprendida entre Ovalle y Collipulli aproximadamente y abarca condiciones climáticas diversas. En sus extremos latitudinales el clima se caracteriza por presentar 10 meses de sequía y 150 mm anuales de precipitación en el extremo septentrional, en Ovalle, y 3 meses de sequía y 1.500 mm anuales de precipitaciones en el extremo meridional, en Collipulli. En su extensión latitudinal la especie ocupa altitudes que comprenden desde 100 msnm en la Cordillera de la Costa hasta 1.500 msnm en la Cordillera de Los Andes. Debido a la intervención antrópica, ya sea para su uso directo o para despejar tierra para la agricultura y a incendios, su distribución ha sido interferida, siendo en parte relegada a lugares, en general, de difícil acceso y de escaso uso alternativo (Vita, 1974). Su capacidad de desarrollarse en zonas semiáridas mediterráneas, que son marginales para Pinus radiata y Eucalyptus globulus, le da consideración a la especie en programas de reforestación de esas zonas que, junto a las zonas áridas, ocupan en Chile casi el 50% del territorio continental (Prado, 1979).

En relación a su desarrollo, Quillaja saponaria crece como árbol y arbusto, alcanzando entre 20 y 30 metros en suelos profundos y planos y 1,5 metros de diámetro del tronco a la altura del pecho (Vita, 1966; Vita, 1974). En vivero, plántulas de 1 año de edad, alcanzan una estatura de 35 cm. Su crecimiento medio anual en diámetro, se estima en 0,8 cm para la zona de Valparaíso y Santiago. En base a lo anterior, su rotación para la corteza se calcula en 35 años, edad en que tendría un DAP de 28 cm y produciría 15 kg de corteza y 140 kg de carbón (Vita, 1966).

Quillaja saponaria se regenera principalmente a partir de retoños de tocón, formando un monte bajo, luego de ser explotado. Debido al sobrepastoreo y a otros factores que producen degradación del suelo, es raro encontrar regeneración natural proveniente de semilla (Vita, 1974). Esta sólo se produciría si el suelo está suficientemente mullido. Su tronco es casi cilíndrico y normalmente se ramifica entre los 2 y 5 m del suelo con gran frondosidad, por lo que es común emplearlo en el campo, para protección de ganado (Bosse, 1980).

La semilla de Quillaja saponaria es dispersada por el viento. El número de semillas puras por kg de muestra (semillas puras más semillas vanas) varía de 10.000 a 53.000, de acuerdo a su procedencia (Vita, 1969). Los valores de su capacidad germinativa se sitúan entre 22% y 80% y los de energía germinativa entre 5% y 35% (Vita, 1969). La semilla no requiere pretratamiento para su germinación y su viabilidad es buena, manteniéndose por más de un año.

Las características de los bosques que aún quedan en la región son resultado de intervenciones a menudo inconvenientes y destructivas que el hombre ha realizado tratando de obtener el máximo aprovechamiento posible. Usualmente no se consideran medidas tendientes a la conservación del recurso, eliminándose los ejemplares en otras ocasiones con el objeto de utilizar esos terrenos para la ganadería o la agricultura intensiva. El aspecto que presentan algunas formaciones de quillay es el de un bosque sobremaduro con escasez de ejemplares jóvenes, los que en la mayoría de los casos corresponden a un monte bajo.

La explotación de Quillaja saponaria, al igual que otras especies, está siendo regulada por la Unidad de Régimen y Control de la Corporación Nacional Forestal. El objetivo es lograr que la explotación se realice en forma racional, evitando así, no sólo la extinción, sino que logrando además, un progresivo aumento de bosques, mediante técnicas de explotación que permitirían la regeneración natural de las especies, o bien, mediante planes de reforestación (Gajardo y Verdugo, 1979).

Existe un decreto supremo, dictado por el Ministerio de Agricultura, para la protección de los recursos naturales del país que para quillay corresponde al N° 1247 con fecha 15 de septiembre de 1938. El D.L. 701 de 1974, establece que el propietario de un predio que ha sido explotado con quillayes, está obligado a efectuar plantaciones con la misma especie y mejorar los renovales que se produzcan (Bossé, 1980).

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

El estudio ecológico del hombre en la naturaleza se puede enfocar de manera diversa, ya sea considerando al hombre como una especie más componente de los ecosistemas, o bien, dividir arbitrariamente cualquier sistema en dos subsistemas: el hombre, por una parte, y el resto de la naturaleza por la otra (Margalef, 1977). El primer enfoque corresponde al de un sistema global y en el segundo, se considera al hombre y el resto de la naturaleza como dos subsistemas.

El ecosistema como concepto e imagen de la realidad, está desprovisto de una dimensión espacial tipo. Puede corresponder en la práctica, a diversas unidades. Frecuentemente resulta conveniente trabajar con espacios pequeños, cuyo mínimo tamaño debe ser tal, que no destruya la unidad, conservando todos los elementos básicos que constituyen el sistema. Estrictamente, sin embargo, ningún ecosistema es independiente de los demás, siendo

regulado por tasas de aporte y pérdida de elementos hacia y desde los ecosistemas circundantes y el hombre organizado (Nava et al., 1979).

En el estudio o resolución de problemas de recursos naturales, desde la etapa de planteamiento del problema, se requiere definir unidades de trabajo discretas. Usualmente se considera como tales, dentro del ecosistema, aquellas unidades geomorfológicas que presentan una cierta uniformidad. Además, las unidades biogeoestructurales deben presentar características biocenósicas similares. En general, se utiliza el concepto de homogeneidad a nivel de los componentes ecosistémicos más pertinentes.

Los sistemas, de cualquier naturaleza que éstos sean, se representan por medio de modelos. El modelo es la representación gráfica o abstracta de algún fenómeno, correspondiendo a la imagen del fenómeno real. La construcción del modelo se basa en la teoría matemática y la deducción lógica de teoremas obtenidos de axiomas preliminares (Kowall, 1971).

Para transformar el fenómeno en algún tipo de imagen, es necesario conocerlo y establecer una relación a través del proceso gnoseológico (Gastó, 1979a). Para describir el fenómeno a través de una imagen se requiere determinar el grado de complejidad y nivel de jerarquía pertinentes. Para un grado de complejidad y nivel de jerarquía dados, es posible establecer tres tipos de modelos o imágenes. Estos son los modelos a escala, isonórficos y homonórficos. Los tres tipos de imágenes son comúnmente utilizados en las ciencias empíricas. Los modelos a escala se utilizan frecuentemente en cartografía y los modelos homonórficos, en sus formas de caja negra y de compartimento principalmente, en la representación conceptual y los procesos de cambio de estado del ecosistema (Bledsoe y van Dyne, 1971 y Nava et al., 1979).

El enfoque del estudio puede ser cualitativo o cuantitativo, determinando así el estilo del modelo que se propone. Un enfoque cualitativo carece, en general, de precisión pero la acepción del fenómeno suele ser realista. La cuantificación generalmente demuestra y describe con precisión un fenómeno. A causa de las técnicas de cuantificación, éstas pueden, sin embargo, conducir a una falsa acepción del fenómeno. Así, una curva estadísticamente más cercana puede ser menos representativa que una curva con mayor error estadístico, pero que describa más apropiadamente la forma del fenómeno (Thom, 1975). Por último, debe considerarse la naturaleza del signalo, el que puede ser abierto o cerrado. Los sistemas abiertos, como es el caso del ecosistema, tienen intercambio de materia y energía con su entorno, a diferencia de los cerrados. También difieren en sus propiedades de equilibrio y procesos de cambio de estado.

Los procesos de cambio de estado pueden ser determinados como absolutos o probabilísticos, dependiendo de la concepción filosófica que se asuma de la naturaleza. Existen escuelas de pensamiento que afirman que es probabilística y que nada es absoluto. Como contrapartida está la concepción determinística que sostiene que la probabilidad es una medida de nuestra ignorancia.

Una forma de estudiar el modelo ecológico es separándolo en sus dos atributos fundamentales: arquitectura y funcionamiento. Cualquier clasificación que se haga de éstos, sin embargo, es selectiva y, por ello, también arbitraria. El funcionamiento de un ecosistema que se encuentra en un estado dado, implica necesariamente un cambio de arquitectura, cambio que se produce debido a un aumento o disminución en el contenido de materia, energía e información. Al proceso ordenado de cambio de arquitectura que ocurre en la naturaleza, se le denomina sistemogénesis (Locker, 1973), lo cual viene necesariamente acompañado de un cambio en el comportamiento y funcionamiento ecosistémico.

La sistemogénesis considera, además de los cambios morfogénicos o de arquitectura, los procesos de cambio de estímulos u operadores que actúan simultáneamente con la arquitectura propia de cada instante. Cualquier estudio ecosistémico debe considerar, por lo tanto, dos aspectos: el estado del ecosistema, definido a través de su arquitectura y funcionamiento, y el cambio de estado.

Un sistema ecológico está integrado por organismos y ambiente y se caracteriza por tener un número considerable de propiedades y atributos, algunos de los cuales no merecen, bajo algunas circunstancias, ser estudiados. Cualquier variable de estado que se seleccione entre las mínimas necesarias para la descripción del ecosistema, puede considerarse como observable. El complejo de observables puede denominarse estado del sistema (Maelzer, 1965a). En el caso que los observables cuantificados correspondan a las variables de estado y cambio de estado, el sistema se puede representar numéricamente en funciones algebraicas de manera que permita describir a los vectores de estado del sistema (Harre, 1960). El cambio de las variables de estado, en el tiempo, define la génesis de la arquitectura, la cual requiere de estudios básicos que permitan descubrir las funciones generales de cambio de cada una de estas variables. En la práctica, las variables principales de estado que se utilizan en el planteamiento y resolución de problemas ecosistémicos se centran en el individuo, población y biocenosis (Nava *et al.*, 1979).

De las relaciones antes expuestas, se puede visualizar que el con-

cepto de mayor relevancia para la identificación y caracterización del eco sistema es su arquitectura, ya que en ella se centran los procesos de funcionamiento y cambio de estado.

Un conjunto definido de componentes topológicos genera una función de arquitectura, la cual a su vez, está relacionada con una función de com portamiento. Físicamente es posible determinar la función aunque la cuantificación de ésta se haga vía homomórfica de la función de arquitectura. La función de arquitectura existe, pero es de naturaleza tan compleja que no es posible ni adecuada su terminación.

En la práctica, la forma de operar es establecer la relación entre los componentes topológicos, vía sus variables de estado y el com portamiento de este conjunto. Una vez establecida la relación entre las variables de estado y el comportamiento, el cambio de la arquitectura debe ser analizado en una serie de tiempo. Simultáneamente debe establecerse la relación entre cada una de las variables del conjunto y el tiempo directo del dominio establecido. En general, la génesis de arquitectura representa el conjunto de estímulo u operadores de transformación ordenados y utilizados bajo ciertas estrategias que produzcan los cambios de estado. En el esclarecimiento del proceso sistemogénico se requiere establecer la sin genética del ecosistema, fundamentalmente las sucesiones ecológicas, y el proceso an trópico de transformación.

Hay una base empírica para el estudio de la sucesión consistente en la observación de sucesiones, o la interpretación en términos de sucesión, de diferencias entre sucesiones. Por otra parte, la interpretación de los fenómenos que constituyen la verdadera trama dinámica de la función de los ecosistemas, conduce a postular una serie de principios que rigen los cambios en los ecosistemas y que constituyen el fundamento teórico del estudio de la sucesión. La síntesis de los dos aspectos: el puramente descriptivo y el de interpretación, requiere un proceso iterativo. Este proceso iterativo abarca más allá de lo que es el estudio estricto de la sucesión (Marga lef, 1977).

El estudio comparado de dos etapas diferentes de una misma sucesión, aún en el supuesto de no conocer cuál precede a cuál, permite en muchos casos determinar su secuencia correcta. Esto ocurre cuando se poseen criterios adecuados de tipo sinóptico o relativo al conjunto, basados en consi derar a la sucesión como un proceso de autoorganización o de maduración, con ciertas características de irreversibilidad. Sobre esta base se justifica hablar de sistemas menos maduros -etapas del com ienzo de la sucesión- y sistemas de mayor madurez -etapas más avanzadas de la sucesión-.

El proceso de transformación ecosistémica puede plantearse a través de la elaboración de algoritmos en los cuales se explicitan las etapas. El algoritmo es el proceso de plantear una secuencia finita de acciones bien definidas que conduzcan hacia un objetivo. El planteamiento algorítmico requiere la determinación de variables a medir y haber establecido rutas (1) y operadores funcionales (*) que permitan alcanzar los diferentes estados. Además, permite pronosticar el cambio de estado considerando que el estado resultante es una consecuencia probabilística de la aplicación de un operador funcional. El concepto de operador funcional involucra la aplicación en cierto trabajo (W) regido por una estrategia definida (Nava et al., 1979).

Comúnmente la forma más sencilla de expresar un algoritmo, es a través de un diagrama de flujo que es una representación gráfica de las diversas etapas del algoritmo. Para ello es necesario determinar, para cada elemento, el ecosistema al cual pertenece. Esto, en sí, representa una dificultad por no existir límites definidos y claros entre los ecosistemas.

Al efectuarse un cambio de estado de E_{jk} a través de un operador τ_{jk}^1 , este cambio de estado puede considerarse como un proceso continuo o discreto, dependiendo del tipo de proceso. El carácter probabilístico de esta transición indica la consideración de procesos estocásticos para la formulación y descripción de cambios de estados ecosistémicos. La naturaleza concreta de este tipo de procesos no ha sido formalmente dilucidada matemáticamente. Se han hecho, sin embargo, ciertas consideraciones preliminares (Nava et al., 1979).

Una transición de $E_j(t)$ a $E_k(s)$ en n etapas, puede ocurrir por diferentes rutas $E_j \rightarrow E_{j_1} \rightarrow E_{j_2} \dots \rightarrow E_{j_{n-1}} \rightarrow E_k$. La probabilidad condicionada de que el sistema pasa por esa ruta en particular, si se encuentra en el estado E_j en cierto tiempo, está dada por:

$$P_{jj_1} P_{j_1j_2} P_{j_2j_3} \dots P_{j_{n-1}k};$$

$$P_{jk}(s,t) = p E(s)_1 = kE(t) = j$$

La suma de las expresiones que corresponden a todas las rutas posibles es la probabilidad de encontrar el sistema al tiempo t_{ns} en el estado E_k dado que se encontraba en el estado E_j al tiempo t_n . En general, se tiene que:

$$P_{jk}(n, s) = \sum_i P_{ji}(n, m) P_{ik}(n, s)$$

La ecuación anterior es conocida como la ecuación de Chapman-Kolmogorov (Feller, 1957; Parzen, 1960) para la probabilidad de transición de un proceso markoviano. Conceptualmente, un proceso de Markov es el proceso probabilístico análogo al proceso de mecánica clásica en el cual el desarrollo de los eventos futuros está determinado por su estado actual. Las transformaciones de los ecosistemas en su forma más general puede no satisfacer la condición de los procesos markovianos. Lo anterior, sin embargo, no invalida el hecho que su estudio se inicie bajo la consideración de los procesos tipo Markov, para así buscar posteriormente el proceso más adecuado (Nava et al., 1979).

La transformación del estado del ecosistema, bajo la acción de un operador funcional, ocurre secuencialmente en un tiempo y en un número infinito de etapas, que en la práctica se pueden considerar como finitas y discretas. La transición desde un estado en una etapa cualquiera, a estado de la etapa siguiente es un proceso que presenta varias opciones de estado, cada una de las cuales tiene cierta probabilidad de alcanzarse. Esta secuencia de estados probables puede ser descrita analógicamente en forma de un algoritmo de transformación.

La aplicación de un operador s , a un ecosistema en un estado inicial E_1 , produce un conjunto finito de estados finales (E_j), caracterizados por tener ciertos valores de P , t y W . Tanto el conjunto de estados resultantes, como sus probabilidades de transición, son diferentes de acuerdo al operador que se aplique.

III. MATERIALES Y METODOS

El estudio se efectuó en la zona central de Chile, en un área comprendida entre los paralelos 33° y 34° latitud sur (Figura 3-1). El muestreo para determinar los estados y cambios de estado de los ecosistemas consideró 13 parcelas, 11 stands y otros estados derivados de observaciones de terreno. La información complementaria se obtuvo con material bibliográfico.

RECOLECCION DE DATOS

La selección de parcelas se hizo en base a diferencias fisiológicas dadas principalmente por las características de estratificación, composición botánica y abundancia de las especies, que determinarían para cada una, distintos estados sucesionales y de intervención antrópica. Se dio preferencia a aquellos estados caracterizados por la presencia de Quillaja saponaria en diversos estados de crecimiento y desarrollo. El área de cada parcela correspondió a aquella que incluía componentes homogéneos que permitirían considerarla como una unidad en términos de su descripción y cuyo tamaño se indica en cada caso. Las dimensiones de longitud y amplitud se midieron con una cinta métrica y en cada parcela se caracterizó la fitocenosis, el ecotopo y la intervención antrópica.

Las estratas vegetacionales se identificaron mediante el sistema de formas de vida de Raunkiaer, de acuerdo a la forma predominante para cada especie. En las estratas fanerófitas se colectaron muestras de las especies para determinar la composición botánica y para cada especie se contó el número de individuos para calcular la densidad. De acuerdo a las características de la parcela, se contó el número de individuos en un área menor representativa del área total. A los individuos se les midió la estatura y el diámetro de copa consideradas como variables de arquitectura pertinentes para la determinación de magnitudes de abundancia tales como volumen y cobertura, que indican a su vez, el grado de desarrollo y estabilidad del ecosistema.

En las parcelas con Quillaja saponaria se determinó la ubicación de cada uno de los individuos de la especie, en un sistema de coordenadas, mediante brújula y cinta métrica. A cada ejemplar se les midió variables de arquitectura de la planta, tales como el diámetro de copa, la estatura, lo cual se determinó con clisímetro y cinta de medir, el perímetro del



Figura 3-1. Zona de estudio

tronco a la altura del pecho, el diámetro del tronco a la altura de la base, el diámetro de rebrote y se contó el número de ramificaciones principales y el número de plántulas observadas por individuo adulto. En la parcela 11 no se determinó la ubicación espacial de los individuos de Quillaja saponaria y en la parcela 13 se les midió sólo el diámetro de copa y la estatura.

El muestreo de la estrata herbácea se realizó en cuadrantes de 0,25 m² cosechándose con tijeras a nivel del suelo. El muestreo se realizó en tre agosto y noviembre de 1982, considerada como la época adecuada, dado el estado fenológico de los diversos tipos de pradera en la culminación del período de madurez de las terófitas. No se cosecharon las parcelas 11 y 13, identificándose sólo las especies dominantes. Las parcelas 1 y 5; 3 y 4; 6 y 7; y 8 y 11 presentaban similitudes en la composición y abundancia de las especies de la estrata herbácea, por lo que se cosechó sólo un cuadrante representativo para cada par de parcelas.

Para la caracterización del ecotopo se consideró la ubicación en relación a un lugar conocido; la altitud medida con un altímetro; la posición fisiográfica; la pendiente medida con clisímetro; la exposición a la radiación solar; suelo; tipo geomorfológico de la formación; naturaleza del material generador; pedregosidad superficial y porcentaje del suelo cubierto por hojarasca.

La intervención antrópica se determinó según el tipo e intensidad de utilización y se fotografió cada parcela para mostrar sus características más representativas.

La selección de stands se realizó en los sectores de Tiltit, Lo Prado y Zapata y correspondieron a diversos estados del ecosistema en el espacio. Se consideraron las posiciones fisiográficas de cumbres, ladera alta, ladera media, ladera baja y piedemonte de exposición sur; cumbre, ladera alta, ladera media, ladera baja y piedemonte de exposición norte; cono de deyección superior y cono de deyección inferior; curso superior de quebrada, curso inferior de la quebrada, boca de la quebrada, llano y valle.

En cada posición fisiográfica se colectaron muestras de las especies fanerófitas para determinar la composición botánica, se identificó la forma de vida mediante el sistema de Raunkiaer y se estimó la abundancia de cada especie fanerófita y las especies herbáceas en conjunto, mediante el sistema de Braun-Blanquet. Se identificaron las especies dominantes de la estrata herbácea y fotografiaron los aspectos más característicos de cada stand.

Los estados derivados de observación de terreno consideraron posiciones fisiográficas y situaciones tales como lomajes, áreas entre lomajes en los alrededores de Algarrobo, coluvio de la Cordillera de los Andes en el Cajón del Maipo y sectores que presentaban características particulares xéricas o hidromórficas en algunas posiciones fisiográficas y otros estados de la zona comprendida entre los paralelos 33° latitud sur, y 34° latitud sur de Chile. La contrastación iterativa de la información obtenida de estos estados con la información de las parcelas y stands, constituyeron un complemento relevante y determinante para la dilucidación, elaboración y planteamiento de las hipótesis.

Mediante revisión de material bibliográfico se obtuvo el resto de la información necesaria. Esta consistió fundamentalmente en la utilización de cartas generales de la zona, cartas de suelo, antecedentes ecotópicos de las posiciones fisiográficas, información general de la fitocenosis, información específica de la especie Quillaja saponaria y características generales de la intervención antrópica en la zona.

ORDENAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

La determinación taxonómica de las especies vegetales fue realizada con el herbario del Departamento de Zootecnia de la Pontificia Universidad Católica de Chile. El secado de las muestras de vegetación herbácea se realizó en una estufa de aire forzado durante 72 horas a 60°C. Para la determinación de la materia seca, se usó balanza eléctrica con precisión de 0,01 g.

Con los datos de las especies fanerófitas de cada parcela, se determinó la cobertura de los individuos y la población. Se calculó la densidad, cobertura calculada como área circular y volumen calculado como volumen cilíndrico, totales e interestratas por especie y por hectárea. En base a los valores de coberturas y densidades obtenidos, se calculó el valor relativo de importancia, de cada especie y cada estrata, como la suma de ambos, tanto intraestrata como total. Las variables de estado, medidas y calculadas, de Quillaja saponaria se ordenaron de acuerdo al tipo de variables y se expresaron por individuos y por hectárea. La distribución espacial horizontal de los individuos de cada parcela se representó en una figura, determinando la distancia al individuo más cercano, la distancia promedio entre individuos y la desviación estándar.

La estrata herbácea se caracterizó por los valores absolutos y relativos de fitomasa, en kg/ha, de cada especie.

La distribución espacial vertical de las fitocenosis en parcelas con Quillaja saponaria se representó, a escala, en base al sistema de Dan-serau (1957), modificado. Los individuos de Quillaja saponaria se representaron con su estatura real, considerándose aquellos cuyo centro está ubicado dentro de un cuadrante de 10 m por 50 m en la parcela. La estrata arbustiva alta se representó con una estatura de 5 m y la estrata arbustiva media con una estatura de 1,5 m. Para incluir cada especie fanerófita asociada en una categoría, se utilizó la estatura promedio de los individuos. El área de la parcela considerada para el bisecto fue de 10 m por 50 m determinándose la densidad lineal de las especies fanerófitas asociadas a Quillaja saponaria. La estrata herbácea se representó con 0,50 m de estatura. La fotografía de cada parcela mostró las características generales más relevantes de su estado.

Las posiciones fisiográficas y los stands que las caracterizaron se representaron y ubicaron mediante aerofoto-interpretación estereoscópica. Las fotos aéreas utilizadas fueron para el sector de Lo Prado, las N^os. 021259 y 021260 y para el sector de Tiltil las N^os. 020938 y 020939, correspondientes al vuelo SAF 80. Para el sector de Zapata se utilizaron las fotos aéreas N^os. 028517 y 028518, correspondientes al vuelo SAF 81.

La información del material de constitución del suelo de las diferentes posiciones fisiográficas, donde estaban ubicados los stands, se ordenó en esquemas de gradientes. Las fotografías de los stands se dispusieron conjuntamente, para representar una visión general de los diferentes estados.

Las características edáficas de la zona de estudio se representaron en una carta que muestra los grandes grupos de ecosistemas en relación a la presencia de Quillaja saponaria. La proporción de la proyección horizontal de la superficie de las geoformas se determinó por el método de intercepción de puntos sobre una carta en escala 1:500.000 de la zona.

El porcentaje estimado de los estados más relevantes para cada posición fisiográfica se representó en un esquema idealizado, considerando la superficie relativa estimada de cada posición fisiográfica.

Los datos del coluvio de Los Andes en el sector del Cajón del Maipo se representaron en esquemas idealizados, considerando características de la vegetación, del suelo, de la posición fisiográfica, de la altitud y de la geomorfología.

Se dibujó un transecto de la zona de estudio considerando puntos

pertinentes para la configuración de geofornas y estados dominantes de la vegetación.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS

La dilucidación, elaboración y planteamiento sistemogénico se basó en la contrastación iterativa, interpretación y ordenamiento de la información obtenida considerando el conocimiento de los procesos de génesis sucesional y antrópica generales de los estados ecosistémicos. El ordenamiento sucesional de estados ecosistémicos se basó en la interpretación de los aspectos descriptivos en términos de los principios que rigen la dinámica sucesional. El estudio comparado de los estados determina diferencias fisiológicas dadas, principalmente, por la estratificación vegetacional y la composición botánica. El proceso de cambio de estado ecosistémico se plantea a través de algoritmos en diagramas de flujo para cada posición fisiográfica.

Las grandes zonas de intervención antrópica, los estados predominantes del ecosistema, las rutas principales del proceso sistemogénico general, la abundancia estimada de Quillaja saponaria mediante isolíneas y las principales rutas de migración de la especie se representaron en superficies de respuesta utilizando como base el modelo propuesto por Reichle et al. (1975), que considera las variables de adversidad ambiental, grado de intervención antrópica y fitomasa en pie. La variable de fitomasa en pie se consideró en relación al volumen de la parte aérea de la vegetación y la adversidad ambiental y grado de intervención antrópica se relacionan con el desarrollo máximo que puede alcanzar un ecosistema en términos de su fitomasa y el estado en que se encuentra en relación a la vegetación natural original.

IV. RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS

Parcela 1

Matorral nanofanerófito denso de Baccharis sp. con estrata microfanerófito de Quillaja saponaria y Acacia caven en cono de deyección inferior (Figura 4-1).

Descripción general

Ubicación	:	Sector de Tiltil
Altitud	:	620 msnm
Tamaño	:	18.500 m ²
Posición fisiográfica	:	Cono de deyección inferior
Pendiente	:	2 - 4%
Exposición	:	Terreno casi plano sin exposición
Suelo	:	Formación de suelo granítico depositacional
Tipo geomorfológico de la formación	:	Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	:	Base rocosa con suelo
Pedregosidad superficial	:	Piedras de 5,00 a 20,00 cm de diámetro, distribuidas en la superficie 1,50 - 10,00 m aparte y ocupando 0,10 - 3,00% del área.
Porcentaje cubierto por hojarasca	:	0 - 10%
Tipo de utilización	:	Producción de leña y ganado
Intensidad de utilización	:	Intensa a severa

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-1). Presentan una estatura entre 3,00 y 9,60 m siendo mayoritariamente ejemplares inferiores a 8,00 m. El diámetro de la copa varía entre 2,65 y 10,00 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho



Figura 4-1. Vista general y parcial del matorral nanofanerófito denso de Baccharis sp. con estrata microfanerófitas de Quillaja saponaria y Acacia caven en cono de deyección inferior, de la parcela 1.

Cuadro 4-1. Variables de estado de los individuos de Quillaja seponaria del matorral nanofanerófito denso de Baccharis sp. con es
trata microfanerófito de Quillaja seponaria y Acacia caven en cono de deyección inferior, de la parcela 1.

Indi- viduo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la base (m)	Diámetro de rebro te (m)	Número de ramifica- ciones principa- les	Número de plân- tulas	Distribución espacial	
	Diámc- tro (m)	Area (m ²)								Indiv. más cer- cano	Distancia (m)
1	8,85	61,51	9,60	590,50	1,43	1,23	5,60	1	0	2	25,25
2	9,52	71,18	6,19	440,60	0,87	0,54	5,60	4	1	1	25,25
3	10,00	78,54	8,62	677,01	1,05	0,90	3,70	3	0	4	38,50
4	7,05	39,04	7,53	293,97	1,05	0,80	1,50	1	0	3	38,50
5	6,45	32,67	5,21	170,21	0,70	1,30	4,95	4	0	6	7,50
6	2,65	5,51	3,00	16,53	0,19	0,65	3,00	1	0	5	7,50

entre 0,19 y 1,43 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre 0,54 y 1,23 m. El diámetro de rebrote de los individuos varía entre 1,50 y 5,60 m y el número de ramificaciones principales entre 1 y 4. Bajo uno de los ejemplares de Quillaja saponaria se observa sólo una plántula de la especie, no observándose en los demás. La distancia entre individuos está comprendida entre 7,50 y 38,50 m.

Población (Cuadro 4-2). La densidad de Quillaja saponaria es 3,16 ind./ha presentando 7,37 ramificaciones principales/ha y 0,51 plántulas/ha.

La distancia promedio entre individuos es 23,75 m y la desviación estándar es 13,90 m. La distribución espacial horizontal de los ejemplares se muestra en la Figura 4-2.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es de 2,79 m/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 2,03 m²/ha. Tiene un área de rebrote de 40,88 m²/ha y la cobertura de la copa es 151,92 m²/ha. El volumen de la población es 1.152,79 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base es 74,84 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadro 4-3 y 4-4) que componen la parcela 1, son Quillaja saponaria, Baccharis sp., Muehlenbeckia hastulata y Acacia caven. Se disponen en dos estratas: una estrata de microfanerófitas con Quillaja saponaria y Acacia caven y una estrata de nanofanerófitas con Baccharis sp. y Muehlenbeckia hastulata (Figura 4-3).

La estrata de nanofanerófitas tiene un valor relativo de importancia de 182,48 y la especie dominante es Baccharis sp. con un valor relativo de importancia de 150,71. La estrata de microfanerófitas está dominada por Quillaja saponaria con un valor relativo de importancia de 103,46.

La estrata herbácea (Cuadro 4-5) tiene una fitomasa en pie de 882,16 kg/ha y está compuesta predominantemente por las terófitas Vulpia dertonensis y Erodium malacoide con 25,85% y 15,08% de la fitomasa en pie, respectivamente.

Cuadro 4-2. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria del matorral nanofanerófito denso de Baccharis sp. con es trata microfanerófito de Quillaja saponaria y Acacia caven en cono de deyección inferior, de la parcela 1.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	N° ind/ha	3,16
	Número de ramificaciones principales	N°/ha	7,37
		N°/ind.	2,33
		Número de plántulas	N°/ha
		N°/ind.	0,17
Lineal	Distancia promedio entre individuos	m	23,75
	Desviación estándar	m	13,90
	Perímetro del tronco a la altura del pecho	m/ha	2,79
		m/ind.	0,88
Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha	2,03
		m ² /ind.	0,64
	Área de rebrote	m ² /ha	40,88
		m ² /ind.	12,94
	Cobertura de la copa	m ² /ha	151,92
		m ² /ind.	48,08
Volumen	m ³ /ha	1.152,79	
	m ³ /ind.	364,81	
Compuesta	Cobertura de la copa/ Área de tronco a la altura de la base	veces	74,84

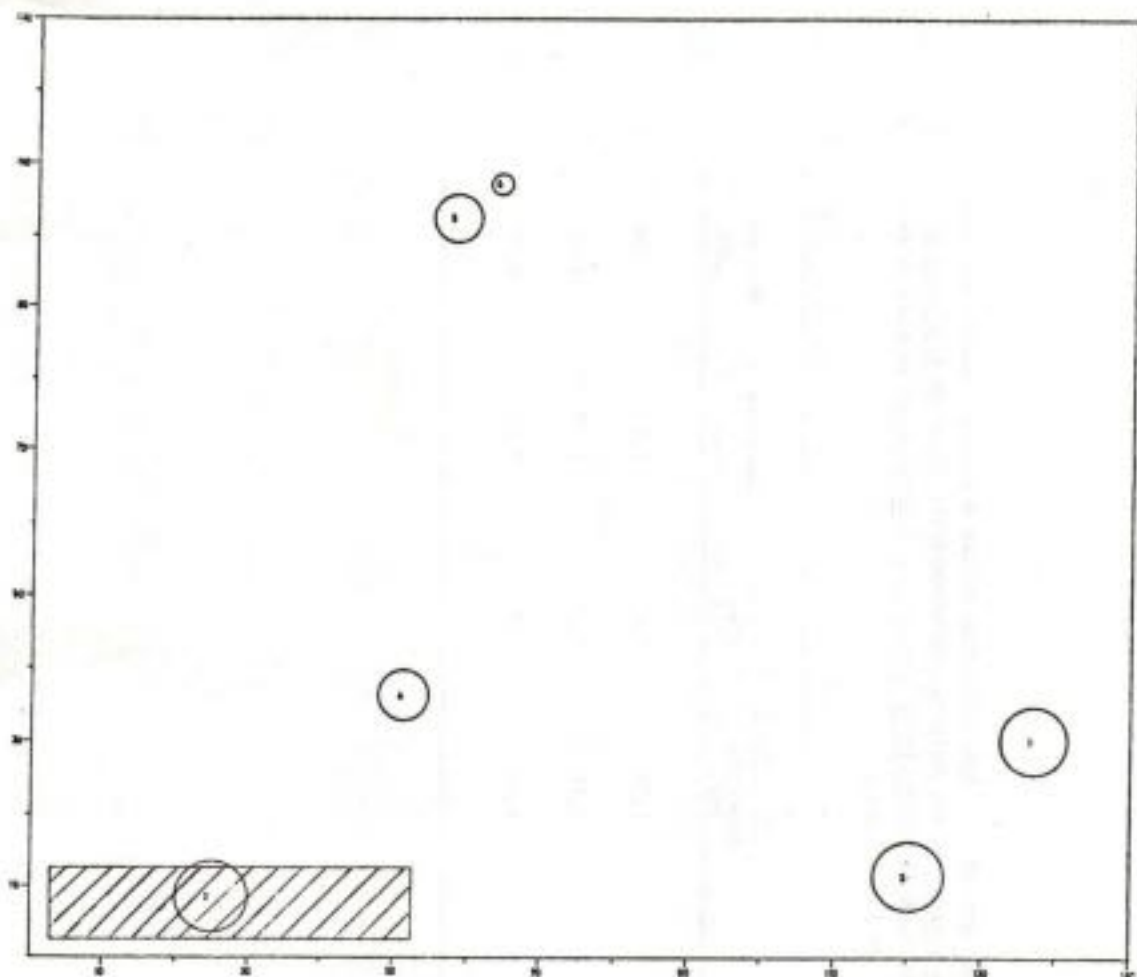


Figura 4-2. Distribución espacial horizontal de los individuos de Quillaja saponaria en el matorral nanofanerófito denso de Baccharis sp. con estrata microfanerófito de Quillaja saponaria y Acacia caven en cono de deyección inferior, de la parcela 1. El área achurada corresponde a la considerada para la representación vertical de la vegetación.

Cuadro 4-3. Variables de estado promedio de los individuos de las especies fanerófitas, asociadas a Quillaja saponaria, del matorral nanofanerófito denso de Baccharis sp. con estrata microfanerófitas de Quillaja saponaria y Acacia caven en cono de deyección inferior, de la parcela 1.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Baccharis sp.</u>	1,18	1,09	1,17	1,28
<u>Muehlenbeckia hestuiata</u>	4,15	13,72	1,08	14,82
<u>Acacia caven</u>	2,00	3,14	2,60	8,16

Quadro 4-4. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas del matorral nanofanerófito denso de Baccharis sp. con estrata microfanerófito de Quillaja saponaria y Acacia caven en cono de deyección inferior, de la parcelación 1.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia base 200				
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Intra-estrata	Total	Intra-estrata	Total	
		(Ind/ha)	(%)	(m ² /ha)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(x/200)	(x/200)	
Microfanerófito	<u>Quillaja saponaria</u>	3,16	22,14	0,53	151,52	81,32	12,28	1.152,79	92,71	47,36	103,46	12,81
	<u>Acacia caven</u>	11,11	77,86	1,88	34,89	18,68	2,82	90,66	7,29	3,72	96,54	4,70
	TOTAL ESTRATA	14,24	100,00	2,41	186,81	100,00	15,10	1.243,45	100,00	51,08	200,00	17,51
Nanofanerófito	<u>Baccharis</u> sp.	544,44	94,23	91,96	593,44	56,48	47,95	696,88	58,52	28,63	150,71	139,91
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	33,33	5,77	5,62	457,29	43,52	36,95	493,95	41,48	20,29	48,29	42,57
	TOTAL ESTRATA	577,77	100,00	97,58	1.050,73	100,00	84,90	1.190,83	100,00	48,92	200,00	182,48
TOTAL GENERAL		592,04		100,00	1.237,54		100,00	2.434,28		100,00	200,00	200,00

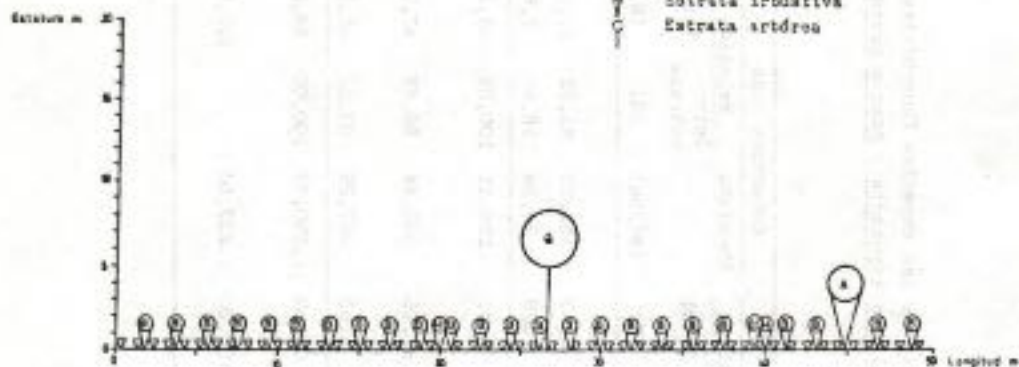


Figura 4-3. Distribución espacial vertical de la vegetación del matorral nanofanerófito denso de *Baccharis* sp. con estrata microfanerófito de *Quillaja saponaria* y *Acacia caven* en cono de deyección inferior, de la parcela 1.

Cuadro 4-5. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea del matorral nanofané-
rófito denso de Baccharis sp. con estrata microfanerófito de Quillaja saponaria y
Acacia caven en cono de deyección inferior, de la parcela 1.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>	228,07	25,85
Terófito	<u>Erodium malacoides</u>	133,02	15,06
Terófito	<u>Erodium botrys</u>	114,06	12,93
Terófito	<u>Erodium cicutarium</u>	114,06	12,93
Terófito	<u>Piptocaraya linearis</u>	114,06	12,93
Terófito	<u>Clarkia tenella</u>	95,05	10,77
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>	46,99	5,33
Terófito	<u>Plantago tunida</u>	36,81	4,17
	TOTAL	882,18	100,00

Parcela 2

Bosque denso de Quillaja saponaria en cono de deyección inferior (Figura 4-4).

Descripción general

Ubicación	: Sector de Tiltil
Altitud	: 660 msnm
Tamaño	: 2.857,5 m ²
Posición fisiográfica	: Cono de deyección inferior
Pendiente	: 2 - 4%
Exposición	: Terreno casi plano sin exposición
Suelo	: Formación de suelo granítico deposita cional
Tipo geomorfológico de la formación	: Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	: Base terrosa
Pedregosidad superficial	: No hay
Porcentaje cubierto por hojarasca	: Abundante bajo <u>Quillaja saponaria</u> (31 - 60%)
Tipo de utilización	: Producción de leña y carbón
Intensidad de utilización	: Alta

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-5). Presentan una estatura entre 2,97 y 13,30 m, sien
do mayoritariamente ejemplares superiores a 8,00 m. El diámetro de la copa
varía entre 3,30 y 11,55 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho
entre 0,12 y 1,90 m. El diámetro del tronco a la altura de la base varía
entre 0,80 y 1,95 m. El diámetro de rebrote fluctúa entre 0,00 y 3,10 m y
el número de ramificaciones principales es de 1, salvo en tres individuos.
Más de la mitad de los individuos no presentan plántulas bajo su copa, exis
tiendo numerosas plántulas en aquella que se presentan.

Población (Cuadro 4-7). La densidad de Quillaja saponaria es de 76,99 ind./ha
presentando 132,98 ramificaciones principales/ha y 367,45 plántulas/ha.



Figura 4-4. Vistas parciales del bosque denso de Quillaja saponaria en cono de deyección inferior de la parcela 2.

Cuadro 4-6. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria del bosque denso de Quillaja saponaria en cono de deyección inferior, de la parcela 2.

Individuo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la base (m)	Diámetro de rebro de rebro (m)	Número de ramificaciones principales	Número de plátanos	Distribución espacial horizontal	
	Diámetro (m)	Área (m ²)								más cer- cano	Distancia
1	5,85	26,88	12,28	330,09	1,00	1,20	3,90	1	8	2	8,75
2	7,40	43,01	10,94	470,52	1,50	1,60	6,60	1	5	10	6,00
3	9,20	66,48	13,30	884,18	1,90	1,60	8,10	1	50	11	8,50
4	8,60	58,09	8,29	481,57	1,70	1,70	4,10	9	0	12	22,75
5	3,30	8,55	2,97	25,39	0,12	1,50	0,00	1	5	6	2,75
6	4,90	18,86	10,05	189,54	0,95	1,20	3,10	3	0	5	2,75
7	4,00	12,57	11,46	144,05	0,75	1,30	3,30	1	7	9	1,50
8	4,80	18,10	10,54	190,77	0,80	1,32	0,00	1	0	11	2,50
9	4,30	14,52	11,80	171,37	0,95	1,20	0,00	1	0	7	1,50
10	3,80	11,34	9,26	105,01	0,80	0,80	5,00	1	0	8	3,50
11	6,40	32,17	10,67	343,25	1,05	1,30	4,80	1	4	8	2,50
12	11,50	103,87	12,28	1.275,52	1,90	1,55	3,10	1	10	13	8,50
13	6,95	37,94	11,78	446,93	1,70	1,15	5,40	1	11	12	8,50
14	9,35	68,66	11,96	821,05	1,60	1,10	4,50	1	0	16	9,00
15	8,75	60,13	10,80	649,40	1,30	1,95	4,40	1	0	16	2,50
16	4,95	19,24	11,23	216,06	1,00	1,20	2,70	1	3	15	1,50
17	4,20	13,85	10,55	146,12	1,10	0,90	3,60	1	0	20	2,25
18	8,43	55,81	9,93	554,19	1,50	1,10	4,85	1	2	19	1,50
19	3,80	11,34	5,50	62,37	0,20	1,50	3,95	7	0	18	1,50
20	7,28	41,62	11,45	476,55	1,10	0,90	3,50	1	0	17	2,25
21	7,30	41,85	10,43	435,50	1,30	0,90	3,80	1	0	22	4,75
22	11,55	104,77	11,15	1.168,19	1,20	1,40	5,50	1	0	21	4,75

Cuadro 4-7. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria del bosque denso de Quillaja saponaria en cono de deyección inferior, de la parcela 2.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	N° ind/ha	79,99
	Número de ramificaciones principales	N°/ha	133,12
		N°/ind.	1,73
	Número de plántulas	N°/ha	367,45
N°/ind.		4,77	
Lineal	Distancia promedio entre individuos	m	5,05
	Desviación estándar	m	4,90
	Perímetro del tronco a la altura del pecho	m/ha	89,31
		m/ind.	1,16
Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha	100,86
		m ² /ind.	1,31
	Área de rebrote	m ² /ha	886,92
		m ² /ind.	11,52
	Cobertura de la copa	m ² /ha	3.043,41
		m ² /ind.	39,53
Volumen	m ³ /ha	33.556,09	
	m ³ /ind.	435,85	
Compuesta	Cobertura de la copa/ Área de tronco a la altura de la base	veces	30,17

La distancia promedio entre individuos es 5,05 m y la desviación estándar es 4,80 m. La distribución espacial horizontal de los ejemplares se muestra en la Figura 4-5.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es de 89,31 m/ha y el área del tronco a la altura de la base, alcanza 10 m²/ha. Tiene un área de rebrote de 886,92 m²/ha y la cobertura de la copa es de 3.043,41 m²/ha. El volumen de la población es de 33.556,09 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base, es 30,17 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-8 y 4-9) que componen la parcela 2, son Quillaja saponaria, Acacia caven y Baccharis sp. Se disponen en estratas: una estrata mesofanerófito con Quillaja saponaria y una estrata nanofanerófito con Acacia caven y Baccharis sp. (Figura 4-6).

La estrata mesofanerófito tiene un valor de importancia relativa de 156,10, siendo la estrata dominante. En la estrata nanofanerófito la especie dominante es Baccharis sp. con un valor de importancia relativa de 111,71.

La estrata herbácea (Cuadro 4-10), tiene una fitomasa en pie de 1.283,34 kg/ha y predominan las especies Avena barbata y Stellaria cuspidata con 30,52 y 29,87% de la fitomasa en pie, respectivamente.

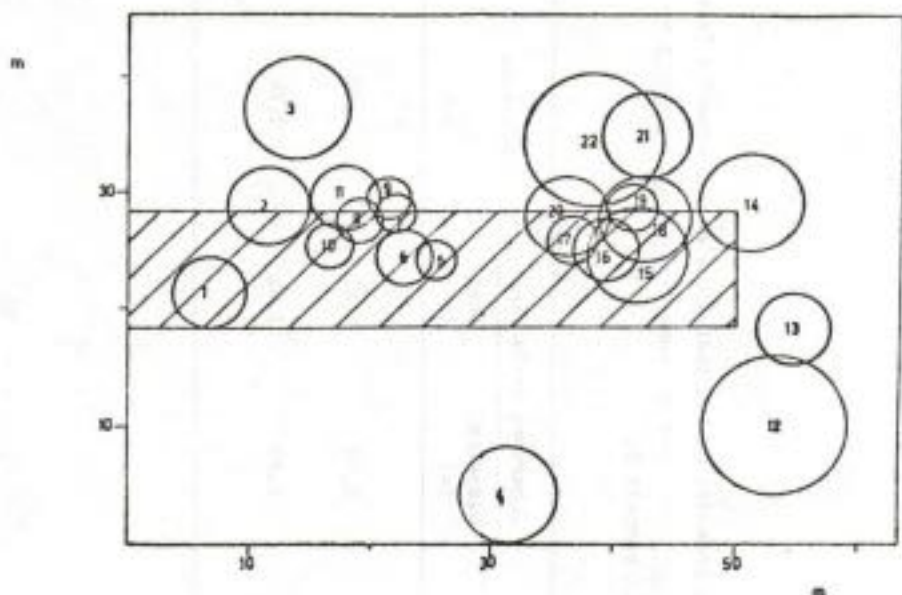


Figura 4-5. Distribución espacial horizontal de los individuos de Quillaja saponaria del bosque denso de Quillaja saponaria en cono de deyección inferior, de la parcela 2.

Cuadro 4-8. Variables de estado promedio de los individuos de las especies fanerófitas asociadas a Quillaja saponaria del bosque denso de Quillaja saponaria en como de deyección inferior, de la parcela 2.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Área (m ²)		
<u>Baccharis sp.</u>	0,74	0,43	1,00	0,43
<u>Acacia caven</u>	1,29	1,31	1,76	2,31

Quadro 4-9. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas del bosque denso de Quillaja saponaria en co- no de deyección inferior, de la parcela 2.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia				
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Intra-estrata	Total			
		(Ind/ha)	(%)	(m ² /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(%)	(x/200)	(x/200)		
Mesofanerófito	<u>Quillaja saponaria</u>	76,99	100,00	3.043,41	100,00	98,70	98,70	33.556,09	100,00	99,83	200,00	156,10
	TOTAL ESTRATA	76,99	100,00	3.043,41	100,00	98,70	98,70	33.556,09	100,00	99,83	200,00	156,10
Mesofanerófito	<u>Acacia caven</u>	17,58	30,77	23,03	57,52	0,75	0,75	40,61	70,48	0,12	88,29	13,86
	<u>Baccharis sp.</u>	39,56	69,23	29,49	42,48	0,55	0,55	17,01	29,52	0,05	111,71	30,04
	TOTAL ESTRATA	57,14	100,00	42,60	40,04	1,30	1,30	57,62	100,00	0,17	200,00	43,90
	TOTAL GENERAL	134,13		100,00	3.083,45		100,00	33.613,71		100,00	200,00	200,00

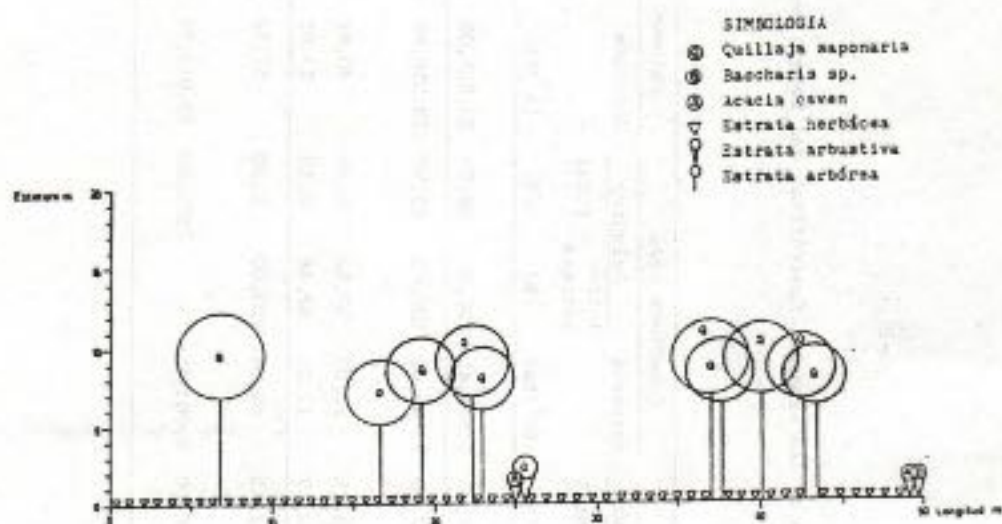


Figura 4-6. Distribución espacial vertical de la vegetación del bosque denso de *Quillaja saponaria* en cono de deyección inferior, de la parcela 2.

Cuadro 4-10. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea del bosque denso de Quillaja saponaria en cono de deyección inferior, de la parcela 2.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Avena barbata</u>	391,67	30,52
Terófito	<u>Stellaria cuspidata</u>	383,33	29,87
Terófito	<u>Malva sp.</u>	150,00	11,69
Terófito	<u>Genarium core-core</u>	125,00	9,74
Terófito	<u>Medicago polymorpha</u>	83,33	6,49
Terófito	<u>Urtica urens</u>	66,67	5,20
Terófito	<u>Lolium multiflorum</u>	66,67	5,20
Terófito	<u>Galium aparine</u>	16,67	1,30
TOTAL		1.263,34	100,00

Parcela 3

Matorral microfanerófito denso de Lithraea caustica y Quillaja saponaria con estrata de nanofanerófitas en cono de deyección inferior (Figura 4-7).

Descripción general

Ubicación	: Sector de Tiltit
Altitud	: 610 msnm
Tamaño	: 9.612 m ²
Posición fisiográfica	: Cono de deyección inferior
Pendiente	: 5 - 9%
Exposición	: NE
Suelo	: Formación de suelo granítico depositacional
Tipo geomorfológico de la formación	: Poligénico coluvial
Naturaleza del material generador	: Base terrosa y piedra
Pedregosidad superficial	: Piedras de 5,00 a 15,00 cm de diámetro distribuidos en la superficie 0,70 - 1,50 m sparse y ocupando 5-15% del área.
Porcentaje cubierto por hojarasca	: 0 - 10%
Tipo de utilización	: Ganado y producción de leña
Intensidad de utilización	: Severa

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-11). Presentan una estatura entre 3,18 y 8,45 m, siendo mayoritariamente ejemplares inferiores a 8,00 m. El diámetro de la copa varía entre 2,40 y 7,10 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho entre 0,20 y 0,67 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre 0,25 y 1,60 m. No se observa rebrote en 10 de los 22 individuos y en el resto el diámetro de rebrote varía entre 0,40 m. El número de ramificaciones principales fluctúa entre 1 y 7, siendo mayoritariamente 1 ó 2. Se observa 1 plántula bajo 5 de los 22 ejemplares.



Figura 4-7. Vistas parciales del matorral microfanerófito denso de Lithraea caustica y Quillaja saponaria con estrata de nanofanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 3.

Cuadro 4-11. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso de Lithraea caustica y Quillaja saponaria con estrata de nanofanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 3.

Individuo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura de la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la altura del pecho (m)	Diámetro de rebrote (m)	Número de ramificaciones principales	Número de plátulas individuo adulto	Distribución espacial horizontal	
	Diámetro (m)	Área (m ²)								Indiv. más cercano	Distancia (m)
1	3,90	11,95	6,38	78,63	0,55	0,38	1,35	1	0	12	9,50
2	3,25	8,30	4,72	39,18	0,27	0,35	0,65	3	0	15	5,25
3	4,80	19,10	5,28	95,56	0,20	0,97	2,10	7	0	6	9,25
4	3,30	8,55	4,26	36,38	0,20	0,44	0,00	1	1	6	3,25
5	3,40	9,08	3,18	28,87	0,20	0,31	0,00	2	1	6	3,50
6	3,00	7,07	3,35	23,68	0,33	0,25	0,00	2	0	4	3,25
7	4,56	16,33	5,45	89,00	0,67	0,35	0,00	2	1	17	11,00
8	5,28	21,90	5,45	119,36	0,45	0,95	0,00	1	0	7	21,25
9	4,95	19,24	8,45	162,58	0,56	1,05	0,90	1	0	11	9,50
10	2,90	6,61	5,35	35,36	0,40	0,75	0,00	3	0	19	8,00
11	3,75	11,04	4,47	49,35	0,28	0,68	0,80	7	0	9	9,50
12	2,40	4,52	5,89	26,62	0,22	0,22	0,00	1	0	13	5,00
13	6,20	30,19	5,87	177,22	0,47	0,38	0,58	1	0	12	5,00
14	2,80	6,16	5,56	34,25	0,55	0,40	0,00	1	0	15	5,25
15	4,10	13,20	4,80	63,36	0,38	0,40	2,20	1	0	14	5,25
16	2,55	5,02	3,30	16,60	0,25	0,20	0,40	1	1	17	5,50
17	3,50	9,62	5,05	46,58	0,40	0,55	1,30	2	1	16	5,50
18	5,15	20,83	7,00	145,81	0,40	0,65	0,00	5	0	10	10,00
19	7,10	38,59	6,22	246,25	0,45	1,60	2,00	2	0	16	8,00
20	3,00	7,07	5,39	38,11	0,33	0,37	0,00	2	0	21	12,50
21	3,50	9,62	4,34	41,75	0,47	0,56	3,10	1	0	20	12,50
22	3,55	9,90	3,58	34,44	0,32	0,40	1,95	1	0	20	12,50

Población (Cuadro 4-12). La densidad de Quillaja saponaria es 22,89 ind/ha, presentando 49,94 ramificaciones principales/ha y 5,20 plántulas/ha.

La distancia promedio entre individuos es 8,33 m y la desviación estándar es 4,28 m. La distribución espacial horizontal de los ejemplares se muestra en la Figura 4-8.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es de 8,76 m/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 5,72 m²/ha. Tiene un área de rebrote de 11,15 m²/ha y la cobertura de la copa es 305,81 m²/ha. El volumen de la población es 1.696,81 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base es 53,46 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-13 y 4-14) que componen la parcela 3, son Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Baccharis sp., Porlieria chilensis, Proustia pungens, Acacia caven, Solanum tomatillo, Cestrum parqui y Colliguaya odorifera.

Se disponen en dos estratas: una estrata de microfanerófita compuesta de Lithraea caustica, Quillaja saponaria y Acacia caven, y una estrata de nanofanerófita compuesta de Baccharis sp., Porlieria chilensis, Colliguaya odorifera, Proustia pungens, Cestrum parqui y Solanum tomatillo (Figura 4-9).

La estrata de microfanerófitas tiene un valor relativo de 136,25 y en ella la especie dominante es Lithraea caustica con un valor relativo de importancia de 172,18. La estrata de nanofanerófita tiene como especie dominante a Baccharis sp. con un valor relativo de importancia de 104,39.

La estrata herbácea (Cuadro 4-15) tiene una fitomasa en pie de 949,99 kg/ha y las especies dominantes son Plantago tunida y Vulpia dertonensis con 59,56 y 28,16% de la fitomasa en pie, respectivamente.

Cuadro 4-12. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso de Lithraea caustica y Quillaja saponaria con estrata de nanofanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 3.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	N° ind/ha	22,89
	Número de ramificaciones principales	N°/ha	49,94
		N°/ind.	2,18
	Número de plántulas	N°/ha	5,20
		N°/ind.	0,23
Lineal	Distancia promedio entre individuos	m	8,33
	Desviación estándar	m	4,28
	Perímetro del tronco a la altura del pecho	m/ha	8,76
		m/ind.	0,38
	Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha
m ² /ind.			0,25
Área de rebrote		m ² /ha	11,15
		m ² /ind.	0,49
Cobertura de la copa		m ² /ha	305,81
		m ² /ind.	13,36
Volumen		m ³ /ha	1.696,84
	m ³ /ind.	74,13	
Compuesta	Cobertura de la copa/área de tronco a la altura de la base	veces	53,46

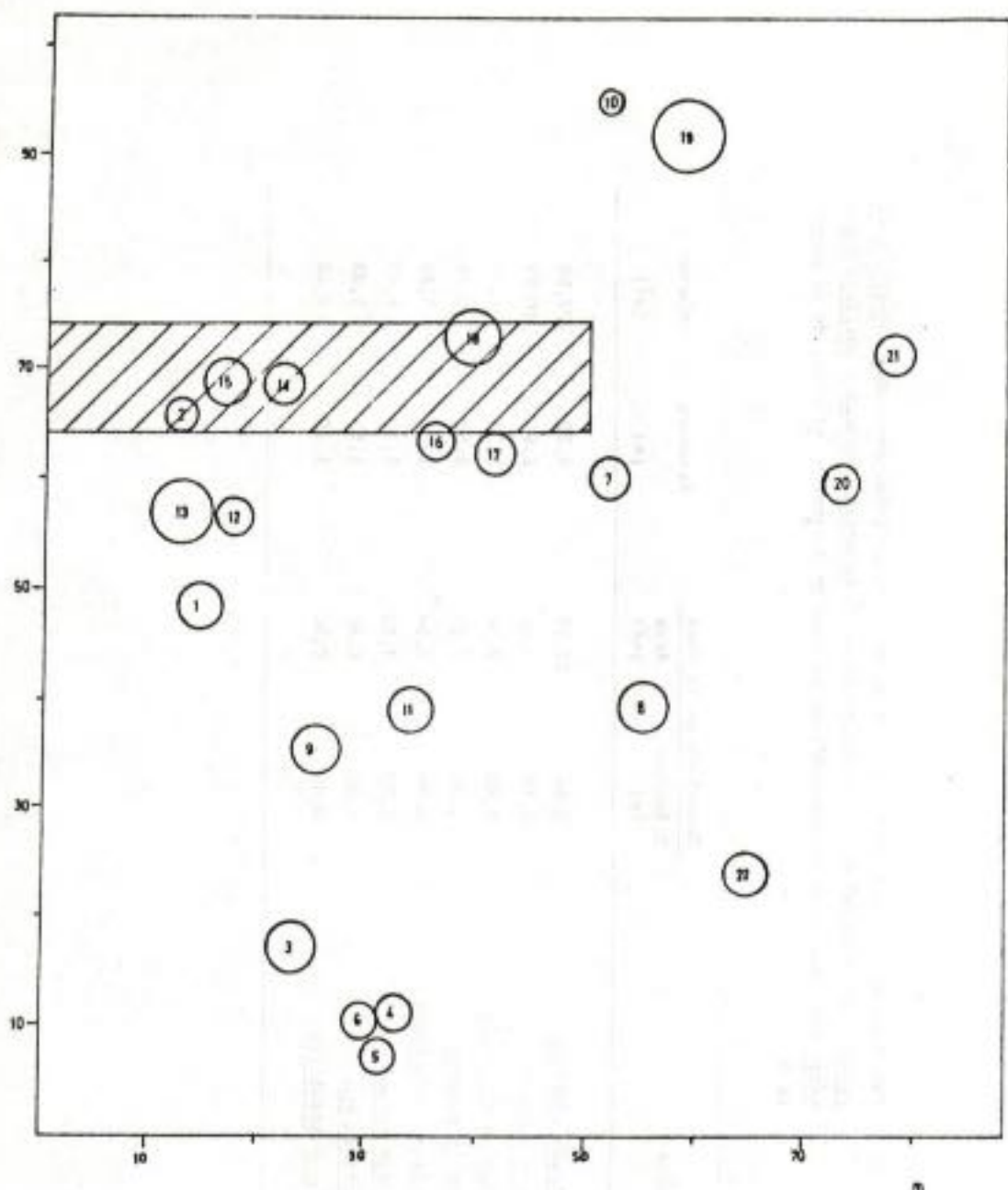


Figura 4-8. Distribución espacial horizontal de los individuos de *Quillaja saponaria* en el matorral microfanerófito denso de *Lithraea caustica* y *Quillaja saponaria* con estrata de nanofanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 3. El área achurada corresponde a la considerada para la representación vertical de la vegetación.

Cuadro 4-13. Variables de estado promedio de las especies fanerófitas asociadas a Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso de Lithraea caustica y Quillaja saponaria con estrata de nanofanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 3.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volúmen (m ³)
	Diámetro (m)	Área (m ²)		
<u>Lithraea caustica</u>	3,60	10,18	3,20	32,58
<u>Acacia caven</u>	2,10	3,46	2,90	10,03
<u>Porlieria chilensis</u>	1,80	2,54	1,70	4,32
<u>Proustia pungens</u>	1,70	2,27	1,50	3,41
<u>Colliguaya odorifera</u>	1,80	2,54	1,30	3,30
<u>Cestrum parqui</u>	1,20	1,13	1,30	1,47
<u>Baccharis sp.</u>	1,10	0,95	1,50	1,43
<u>Solanum tomatillo</u>	0,80	0,50	1,10	0,55

Cuadro 4-14. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas del matorral microfanerófito denso de Lithraea caustica y Quillaja saponaria con estrata de nanofanerófitas en como de deyección inferior, de la parcela 3.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia				
		Absoluta (Ind/ha)	Relativa Intra- estrata (%)	Absoluta (m ² /ha)	Relativa Intra- estrata (%)	Absoluta (m ³ /ha)	Relativa Intra- estrata (%)	Total (x/200)	Total (x/200)			
Microfanerófito	<u>Lithraea caustica</u>	255,56	85,00	41,17	2.601,60	87,18	76,55	8.326,14	81,26	76,74	172,18	117,72
	<u>Quillaja saponaria</u>	22,89	7,61	3,69	305,81	10,25	9,00	1.696,84	16,56	15,64	17,86	12,69
	<u>Acacia caven</u>	22,22	7,39	3,58	76,88	2,58	2,26	223,86	2,18	2,06	9,97	5,84
	TOTAL ESTRATA	300,67	100,00	48,34	2.984,29	100,00	87,81	10.246,84	100,00	94,44	200,00	136,25
Nanofanerófito	<u>Baccharis sp.</u>	211,11	65,97	34,01	200,55	48,42	5,90	301,89	50,07	2,78	104,39	39,91
	<u>Perleria chilensis</u>	6,93	2,79	1,44	22,68	5,48	0,67	38,58	6,40	0,36	9,27	2,11
	<u>Colliguaya odorifera</u>	33,33	10,41	5,37	84,66	20,44	2,49	109,99	18,24	1,01	30,85	7,86
	<u>Proustia pungens</u>	33,33	10,41	5,37	75,66	18,27	2,22	113,66	18,85	1,05	28,68	7,59
	<u>Cestrum parqui</u>	22,22	6,94	3,58	25,11	6,06	0,74	32,66	5,42	0,30	13,00	4,32
	<u>Solanum tonatillo</u>	11,11	3,47	1,79	5,56	1,34	0,16	6,11	1,01	0,06	4,80	1,95
TOTAL ESTRATA	320,03	100,00	51,56	414,22	100,00	12,18	602,89	100,00	5,56	100,00	63,74	
TOTAL GENERAL	620,07	100,00	3.398,51	100,00	10.849,73	100,00	200,00	100,00	200,00	200,00	200,00	

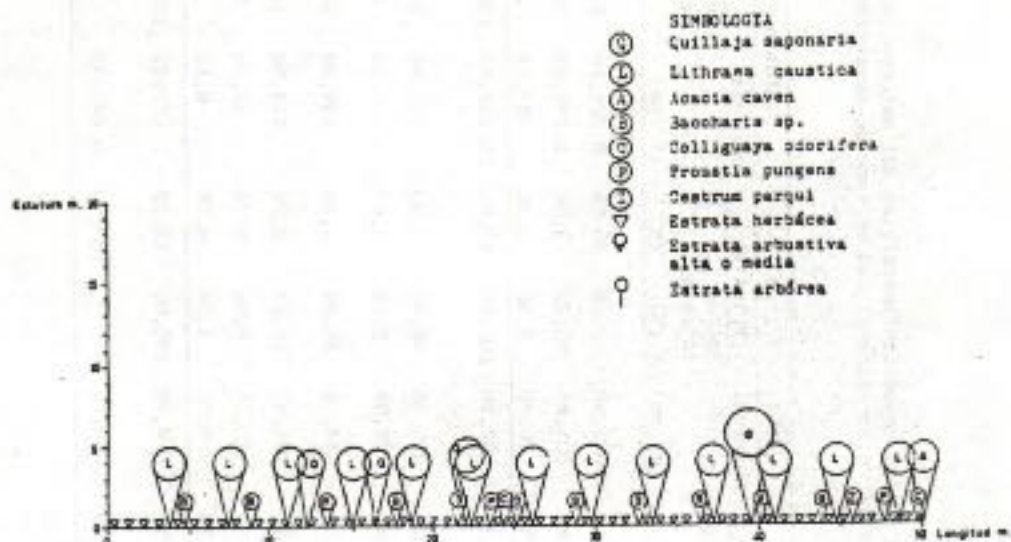


Figura 4-9. Distribución espacial de la vegetación del matorral microfanerófito denso de Lithraea caustica y Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito en cono de deyección inferior, de la parcela 3.

Cuadro 4-15. Composición botánica y fitonasa en pie de la estrata herbácea del matorral microfanerófito de Lithrea caustica y Quillaja saponaria con estrata de nanofanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 3.

Forma de vida	Especie	Fitonasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Plantago tunida</u>	565,83	59,56
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>	267,50	28,16
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>	109,33	11,40
Terófito	<u>Erodium botrys</u>	8,33	0,88
	TOTAL	949,99	100,00

Parcela 4

Plantación de Atriplex repanda con fanerófitas en cono de deyección inferior (Figura 4-10).

Descripción general

Ubicación	: Sector de Tiltil
Altitud	: 600 msnm
Tamaño	: 180 m ²
Posición fisiográfica	: Cono de deyección inferior
Pendiente	: 2 - 4%
Exposición	: Terreno casi plano sin exposición
Suelo	: Formación de suelo granítico deposicional
Tipo geomorfológico de la formación	: Poligénico coluvial
Naturaleza del material generador	: Base terrosa y piedras
Pedregosidad superficial	: Piedras de 5,00 a 15,00 cm de diámetro distribuidas en la superficie 0,70 - 1,50 m aparte ocupando y 3,00 - 15% del área.
Porcentaje cubierto por hojarasca	: 0 - 10%
Tipo de utilización	: Plantación de <u>Atriplex repanda</u>
Intensidad de utilización	: Intenso

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-16 y 4-17) que componen la parcela 4, son Acacia caven, Proustia pungens, Baccharia sp., Muehlenbeckia hastulata, Solanum tonatillo y Cestrum parqui. Se disponen en dos estratos: una estrata microfanerófita de Acacia caven y una estrata de nanofanerófitas con Proustia pungens, Baccharia sp., Muehlenbeckia hastulata, Solanum tonatillo y Cestrum parqui.

La estrata microfanerófita tiene un valor relativo de importancia de 137,26. La estrata de nanofanerófita tiene como especie dominante a Proustia pungens con 159,89 de valor relativo de importancia.

La estrata herbácea (Cuadro 4-18) tiene una fitomasa en pie de 949,99 kg/ha y las especies dominantes son Plantago tunida y Vulpia dertonensis con 59,56 y 28,16% de la fitomasa en pie, respectivamente.



Figura 4-10. Vista parcial de la plantación de Atriplex repanda con fanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 4.

Cuadro 4-16. Variables de estado promedio de los individuos de las especies fanerófitas de la plantación de Atriplex repanda con fanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 4.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Acacia caven</u>	1,67	2,19	1,10	4,60
<u>Proustia pungens</u>	1,57	1,94	1,13	2,13
<u>Baccharis sp.</u>	1,20	1,13	1,00	1,13
<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	1,10	0,95	1,20	1,14
<u>Solanum tonatillo</u>	0,80	0,50	1,00	0,50
<u>Cestrum parqui</u>	0,90	0,64	1,10	0,70

Quadro 4-17. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas de la plantación de Atriplex repanda con fanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 4.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia base 200		
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Intra-estrata	Total	
		(Ind/ha)	(%)	(m ² /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(%)	(x/200)	(x/200)
Microfanerófito	<u>Acacia caven</u>	322,22	100,00	705,66	100,00	1.482,21	100,00	79,49	200,00	137,26
	TOTAL ESTRATA	322,22	100,00	705,66	100,00	1.482,21	100,00	79,49	200,00	137,26
Nanofanerófito	<u>Proustia pungens</u>	155,56	73,69	301,79	86,20	331,34	86,63	17,77	159,89	57,75
	<u>Baccharis sp.</u>	22,22	10,53	25,11	7,17	25,11	6,57	1,35	17,70	6,55
	<u>Muehlenbeckia</u>	11,11	5,26	10,55	3,01	12,67	3,31	0,68	8,27	3,08
	<u>Hestula</u>	11,11	5,26	7,11	2,03	7,78	2,03	0,42	7,29	2,75
	<u>Cestrum parqui</u>	11,11	5,26	5,56	1,59	5,56	1,45	0,30	6,85	2,61
	<u>Solanum tonatillo</u>	211,11	100,00	350,12	100,00	15,004	100,00	20,52	200,00	72,74
	TOTAL ESTRATA	533,33	100,00	1.055,78	100,00	1.854,67	100,00	100,00	200,00	200,00

Cuadro 4-18. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea de la plantación de Atriplex repanda con fanerófitas en cono de deyección inferior, de la parcela 4.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Plantago tumida</u>	565,83	59,56
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>	267,50	28,16
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>	108,33	11,40
Terófito	<u>Erodium botrys</u>	8,33	0,80
	TOTAL	949,99	100,00

Parcela 5

Pradera natural de terófitas con estrata nanofanerófita de Baccharis sp. en cono de deyección inferior (Figura 4-11).

Descripción general

Ubicación	:	Sector de Tiltil
Altitud	:	615 msnm
Tamaño	:	1.650 m ²
Posición fisiográfica	:	Cono de deyección inferior
Pendiente	:	2 - 4%
Exposición	:	Terreno casi plano sin exposición
Suelo	:	Formación de suelo granítico deposita cional
Tipo geomorfológico de la formación	:	Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	:	Base rocosa con suelo
Pedregosidad superficial	:	Piedras de 5,00 a 20,00 cm distribui das en la superficie 1,50 m aparte y ocupando 40,10 - 3% del área.
Porcentaje cubierto con hojarasca	:	0 - 10%
Tipo de utilización	:	Ganado
Intensidad de utilización	:	Moderado post-aradura

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-19 y 4-20) que componen la parcela 5, son Baccharis sp. y Acacia caven. Se disponen en una estrata nanofanerófita y la especie dominante es Baccharis sp. con 162,66 de valor relativo de importancia.

La estrata herbácea (Cuadro 4-21) tiene una fitomasa en pie de 882,18 kg/ha y está compuesta predominantemente por las terófitas Vulpia dertonensis y Erodium malacoides con 25,85 y 18,08% de la fitomasa en pie, respectivamente.



Figura 4-11. Vista general de la pradera natural de terófitos con estrata nanofanerófito de Baccharis sp. en cono de deyección inferior, de la parcela 5.

Cuadro 4-19. Variables de estado promedio de los individuos de las especies fanerófitas de la pradera natural de terófitas con estrata nanofanerófitas de Baccharis sp. en cono de deyección inferior, de la parcela 5.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Área (m ²)		
<u>Baccharis sp.</u>	0,75	0,44	1,00	0,44
<u>Acacia caven</u>	0,51	0,20	0,41	0,06

Quadro 4-20. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas de la pradera natural de terófitas con estrata nanofanerófitas de *Baccharis* sp. en cono de deyección inferior, de la parcela 5.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia base 200	
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Intra-estrata	Total
		(Ind/ha)	(%)	(m ² /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(x/200)	(x/200)
Nanofanerófitas	<i>Baccharis</i> sp.	448,48	75,51	197,33	87,15	197,33	94,43	162,66	162,66
	<i>Acacia caven</i>	145,45	24,49	29,09	12,85	11,64	5,57	97,34	97,34
	TOTAL ESTRATA	593,93	100,00	226,42	100,00	208,97	100,00	200,00	200,00
	TOTAL GENERAL	593,93	100,00	226,42	100,00	208,97	100,00	200,00	200,00

Cuadro 4-21. Composición botánica y fitonasa en pie de la estrata herbácea de la pradera natural de terófitas con estrata nanofanerófitas de Baccharis sp. en cono de deyección inferior, de la parcela 5.

Forma de vida	Especie	Fitonasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófitas	<u>Vulpia dertonensis</u>	228,07	25,85
Terófitas	<u>Erodium malacoide</u>	133,02	15,08
Terófitas	<u>Erodium botrys</u>	114,08	12,93
Terófitas	<u>Erodium cicutarium</u>	114,08	12,93
Terófitas	<u>Peptocarya alba</u>	114,08	12,93
Terófitas	<u>Clarkia tenella</u>	95,05	10,77
Terófitas	<u>Trisetobromus hirtus</u>	46,99	5,33
Terófitas	<u>Plantago tumida</u>	36,81	4,17
TOTAL		882,18	100,00

Parcela 6

Matorral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven en piedemonte (Figura 4-12)

Descripción general

Ubicación	: Sector de Zapata
Altitud	: 450 msnm
Tamaño	: 8.712,5 m ²
Posición fisiográfica	: Piedemonte
Pendiente	: 2 - 4%
Exposición	: Norte
Suelo	: Formación de suelo granítico de lomas y cerros
Tipo geomorfológico de la formación	: Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	: Base terrosa
Pedregosidad superficial	: No hay
Porcentaje cubierto por hojarasca	: 0 - 10%
Tipo de utilización	: Ganado
Intensidad de utilización	: Moderado

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-22). Presentan una estatura entre 0,25 y 12,12 m siendo mayoritariamente ejemplares inferiores a 8,00 m. El diámetro de la copa varía entre 0,18 y 13,30 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho entre 0,00 y 2,13 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre 0,05 y 1,30 m. Sólo no se observa rebrote en los cuatro individuos de menor estatura, variando el diámetro de rebrote en los demás entre 0,90 y 3,70 m. El número de ramificaciones principales es 1 en 28 ejemplares y en los restantes son 2 y 7. En 23 individuos no se observan plántulas bajo la copa y los demás varían entre 1 y 8 plántulas.

Población (Cuadro 4-23). La densidad de Quillaja saponaria es 34,43 ind/ha presentando 42,35 ramificaciones principales/ha y 24,10 plántulas/ha.



Figura 4-12. Vistas parciales del matorral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven en piedemonte, de la parcela 6.

Cuadro 4-22. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven en piedemonte, de la parcela 6.

Individuo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la base (m)	Diámetro de rebrote (m)	Número de ramificaciones principales	Número de plátulas	Distribución espacial horizontal	
	Diámetro (m)	Área (m ²)								Indiv. más cercanos	Distancia (m)
1	8,20	52,81	6,27	331,12	1,25	0,70	1,40	1	0	2	10,00
2	7,15	40,15	5,61	225,24	1,30	0,95	2,30	1	0	1	10,00
3	9,65	73,14	8,73	638,51	1,58	0,90	2,10	1	0	4	17,50
4	5,30	22,08	9,92	218,84	0,82	0,45	2,70	1	0	5	9,00
5	8,65	58,77	8,28	486,62	1,45	1,30	2,80	1	0	4	9,00
6	9,80	75,43	7,05	531,78	1,25	0,70	2,70	1	1	5	9,25
7	8,60	58,09	6,77	393,27	1,14	0,70	2,70	1	0	2	11,50
8	13,30	136,93	12,12	1.683,83	2,13	1,25	2,20	1	0	9	10,75
9	6,50	33,18	4,78	158,60	1,08	0,75	2,10	1	2	11	5,75
10	8,65	58,77	6,95	408,49	1,30	0,90	3,20	1	0	9	7,25
11	5,75	25,97	5,44	141,28	1,12	0,70	1,80	1	0	9	5,75
12	6,05	28,75	8,43	242,36	1,02	0,55	2,05	1	5	17	10,50
13	5,35	22,48	5,66	127,24	0,82	0,60	2,70	1	0	15	9,75
14	6,40	32,17	5,71	183,69	0,91	0,80	2,80	2	1	12	12,25
15	4,15	13,53	3,99	53,98	0,65	1,20	3,10	1	0	30	5,50
16	6,45	32,67	6,37	208,11	0,82	0,65	2,00	1	0	30	4,75
17	5,75	25,97	5,72	148,55	0,75	0,45	0,90	1	0	18	8,90
18	5,90	27,34	6,23	170,33	0,80	0,70	3,70	7	0	19	10,75
19	6,35	31,67	6,86	217,89	0,98	0,80	1,80	1	0	20	5,25
20	8,30	54,11	7,86	425,30	1,33	0,90	2,80	1	1	19	5,25
21	7,00	38,48	4,85	186,63	1,00	0,85	1,90	1	0	22	5,25
22	8,15	52,17	9,06	472,66	1,42	0,90	3,70	1	0	21	5,25
23	7,10	39,59	5,59	221,31	1,10	0,85	2,80	1	0	19	6,00
24	8,55	57,41	5,58	320,35	1,10	0,80	2,50	1	3	28	9,25
25	9,10	65,04	7,49	487,15	1,25	1,00	2,05	1	0	29	5,00
26	7,90	49,02	7,63	374,02	1,25	1,20	3,05	1	8	29	5,75
27	1,50	1,77	2,25	3,98	0,01	0,05	0,00	1	0	25	6,50
28	0,18	0,03	0,25	0,01	0,00	0,05	0,00	1	0	24	9,25
29	0,30	0,07	0,80	0,06	0,00	0,05	0,00	1	0	25	5,00
30	0,50	0,20	0,90	0,18	0,00	0,05	0,00	1	0	16	5,50

Cuadro 4-23. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven en pie denonte, de la parcela 6.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	Nº ind/ha	34,43
	Número de ramificaciones principales	Nº/ha	42,35
		Nº/ind.	1,23
	Número de plántulas	Nº/ha	24,10
		Nº/ind.	0,70
Lineal	Distancia promedio entre individuos	m	8,05
		m	2,96
	Perímetro del tronco a la altura del pecho	m/ha	34,01
		m/ind.	0,99
Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha	14,41
		m ² /ind.	0,42
	Área de rebrote	m ² /ha	122,68
		m ² /ind.	3,56
	Cobertura de la copa	m ² /ha	1.388,56
		m ² /ind.	40,33
	Volumen	m ³ /ha	10.399,58
m ³ /ind.		302,05	
Compuesta	Cobertura de la copa/área de tronco a la altura de la base	veces	96,36

La distancia promedio entre individuos es 8,05 m y la desviación estándar es 2,96 m. La distribución espacial horizontal se muestra en la Figura 4-13.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es 34,01 m/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 14,41 m²/ha. Tiene un área de rebrote de 122,68 m²/ha y la cobertura de la copa es de 1.388,56 m²/ha. El volumen de la población es de 10.399,58 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base es 96,36 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-24 y 4-25) que componen la parcela 6, son Quillaja saponaria, Acacia caven, Proustia pungens, Baccharis racemosa y Baccharis rosmarinifolia.

Se disponen en dos estratas: una estrata de microfanerófita compuesta de Quillaja saponaria y una estrata de nanofanerófita compuesta de Proustia pungens, Baccharis rosmarinifolia, Baccharis racemosa y Acacia caven (Figura 4-14).

La estrata de microfanerófitas tiene un valor relativo de importancia de 42,04. La estrata de nanofanerófita tiene como especie dominante a Acacia caven con 129,45 de valor relativo de importancia.

La estrata herbácea de terófitas (Cuadro 4-27) tiene una fitomasa en pie de 1.233,21 kg/ha y está dominada por Erodium moschatum y Anthemis cotula con 19,50 y 14,32% de la fitomasa en pie, respectivamente.

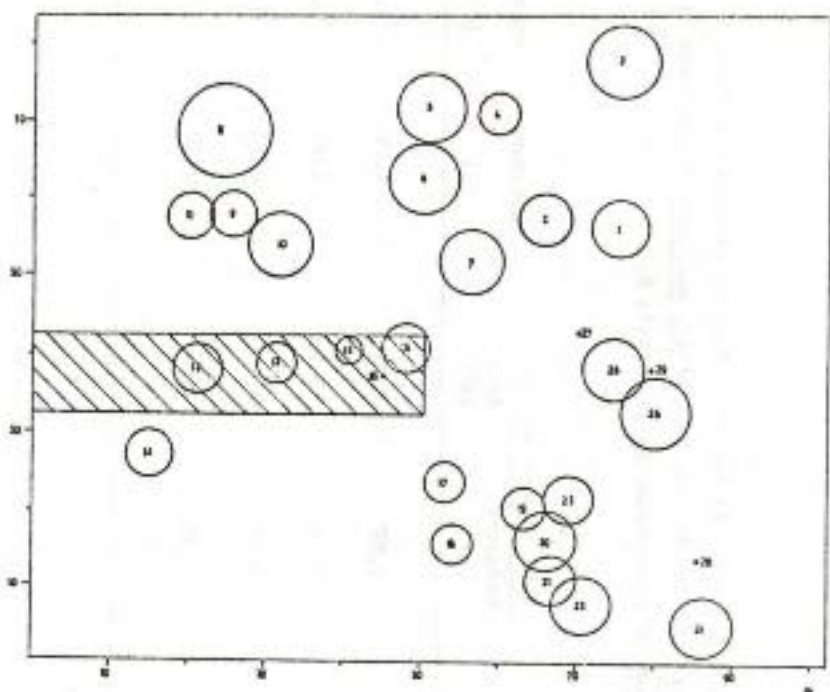


Figura 4-13. Distribución espacial horizontal de los individuos de Quillaja saponaria en el matorral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven en piedemonte, de la parcela 6. El área achurada corresponde a la considerada para la representación vertical de la vegetación.

Cuadro 4-24. Variables de estado promedio de los individuos de las especies fanerófitas del ma torral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófi ta de Acacia caven en pie demonte, de la parcela 6.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Acacia</u> <u>caven</u>	1,92	2,90	1,71	4,96
<u>Proustia</u> <u>pungens</u>	3,10	7,55	1,40	10,57
<u>Baccharis</u> <u>rocenosa</u>	0,75	0,44	0,90	0,40
<u>Baccharis</u> <u>rosarinifolia</u>	1,40	1,54	1,20	1,64

Cuadro 4-25. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas del matorral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófitas de Acacia caven en piedemonte de la parcela 6.

Forma de vida	Especie	Densidad				Cobertura copa				Volumen planta				Valor relativo de importancia base 200	
		Absoluta		Relativa		Absoluta		Relativa		Absoluta		Relativa		Intra-estrata (x/200)	Total (x/200)
		(Ind/ha)	(%)	Intra-estrata (%)	Total (%)	(m ² /ha)	(%)	Intra-estrata (%)	Total (%)	(m ³ /ha)	(%)	Intra-estrata (%)	Total (%)		
Microfanerófitas	<u>Quillaja saponaria</u>	34,43	100,00	4,96	1.388,56	100,00	37,08	10.399,58	100,00	73,73	200,00	42,04			
	TOTAL ESTRATA	34,43	100,00	4,96	1.388,56	100,00	37,08	10.399,58	100,00	73,73	200,00	42,04			
Nanofanerófitas	<u>Acacia caven</u>	471,45	71,43	67,89	1.367,21	58,02	36,51	2.338,39	63,11	16,58	129,45	104,40			
	<u>Proustia pungens</u>	121,23	18,37	17,46	915,29	36,84	24,44	1.281,40	34,58	9,08	47,21	41,90			
	<u>Baccharis rosm-rinifolia</u>	40,41	6,12	5,82	62,23	2,64	1,66	74,76	2,02	0,53	8,76	7,48			
	<u>Baccharis racemosa</u>	26,94	4,08	3,88	11,85	0,50	0,32	10,78	0,29	0,08	4,58	4,20			
	TOTAL ESTRATA	660,03	100,00	95,05	2.356,58	100,00	62,93	3.705,33	100,00	26,27	200,00	157,98			
	TOTAL GENERAL	694,46		100,00	3.745,14		100,00	14.104,91		100,00	200,00	200,00			

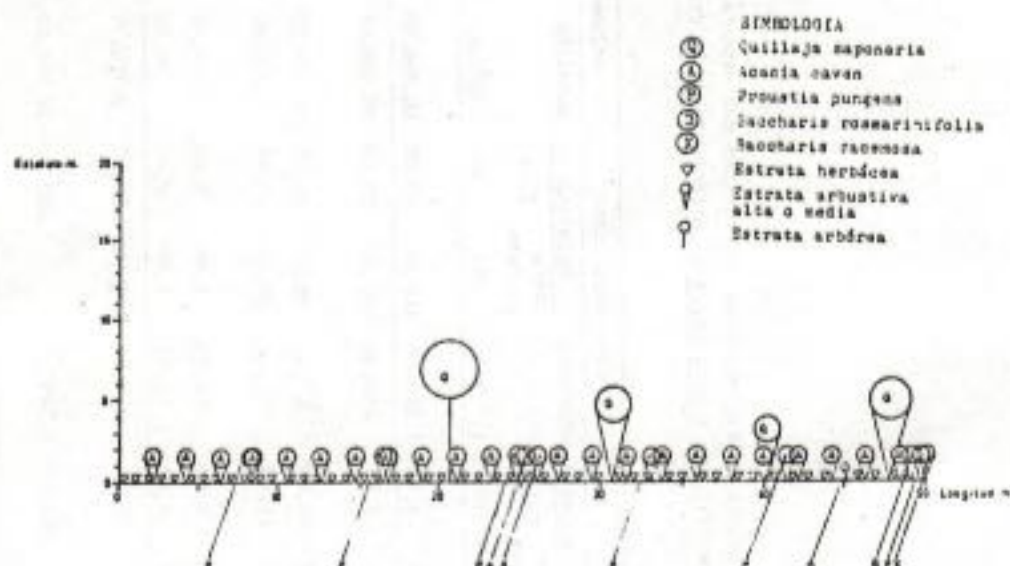


Figura 4-14. Distribución espacial vertical de la vegetación del matorral microfanerófito latifoliado de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven en piedemonte, de la parcela 6.

Cuadro 4-26. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea del matorral microfita nerófito latifoliado de Quilaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia ca- ven en pie de la parcela 6.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Erodium moschatum</u>	240,50	19,50
Terófito	<u>Anthemis cotula</u>	176,76	14,32
Terófito	<u>Erodium botrys</u>	166,87	13,53
Terófito	<u>Silene gallica</u>	150,84	12,23
Terófito	<u>Hordeum molinum</u>	148,37	12,03
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>	135,42	10,98
Terófito	<u>Amsinckia hispida</u>	74,25	6,02
Terófito	<u>Trifolium glomeratum</u>	68,45	5,55
Terófito	<u>Koeleria phleoides</u>	38,60	3,13
Terófito	<u>Geranium core-core</u>	33,30	2,70
	TOTAL	1.233,21	100,00

Parcela 7

Savana mesofanerófito de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata en lomaje suave (Figura 4-15).

Descripción general

Ubicación	: Sector de Zapata
Altitud	: 460 msnm
Tamaño	: 5.810 m ²
Posición fisiográfica	: Lomaje suave
Pendiente	: No determinada
Exposición	: Sin exposición
Suelo	: Formación de suelo granítico de lomaje y cerros
Tipo geomorfológico de la formación	: Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	: Base terrosa
Pedregosidad	: No hay
Porcentaje cubierto con hojarasca	: 0 - 10%
Tipo de utilización	: Ganado
Intensidad de utilización	: Moderado

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-27). Presentan una estatura entre 8,87 y 12,22 m. El diámetro de la copa varía entre 7,05 y 18,30 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho entre 1,10 y 2,66 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre 0,90 y 2,10 m.

Todos los individuos presentan rebrote cuyo diámetro varía entre 2,40 y 3,50 m. En tres individuos existe una ramificación principal y en el cuarto individuo hay 3 ramificaciones principales. Bajo la copa de un ejemplar hay 28 plántulas y en los tres restantes varía entre 0 y 4 plántulas.

Población (Cuadro 4-28). La densidad de Quillaja saponaria es 6,88 ind/ha



Figura 4-15. Vista parcial de la sabana mesofanerófito de Quilla-
ja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia
saven y Muehlenbeckia hastulata en lomaje suave, de
la parcela 7.

Cuadro 4-27. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria de la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con es trata nanofanerófito de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata en loma suave, de la parcela 7.

Individuo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la base (m)	Diámetro de rebrote (m)	Número de ramificaciones principales	Número de tallos	Distribución espacial	
	Diámetro (m)	Área (m ²)								Indiv. más cercano	Distancia horizontal (m)
1	18,30	253,02	12,22	3.214,10	2,66	2,10	2,60	1	0	4	28,00
2	11,20	98,52	10,17	1.001,95	1,70	1,60	2,40	1	1	4	37,00
3	15,55	189,91	10,19	1.935,18	2,56	1,50	2,45	1	4	4	27,50
4	7,05	39,04	8,87	345,28	1,10	0,90	3,50	3	28	1	28,00

Cuadro 4-25. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria de sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata en lonaje suave, de la parcela 7.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	N° ind/ha	6,88
	Número de ramificaciones principales	N°/ha	10,32
		N°/ind.	1,50
	Número de plántulas	N°/ha	58,76
		N°/ind.	8,25
Lineal	Distancia promedio entre individuos	m	30,13
	Desviación estándar	m	4,59
	Perímetro del tronco a la altura del pecho	m/ha	13,83
		m/ind.	2,01
Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha	12,57
		m ² /ind.	1,83
	Área de rebrote	m ² /ha	40,52
		m ² /ind.	5,89
	Cobertura de la copa	m ² /ha	1.015,63
		m ² /ind.	147,62
	Volumen	m ³ /ha	11.175,72
m ³ /ind.		824,38	
Compuesta	Cobertura de la copa/área de tronco a la altura de la base	veces	80,80

presentando 10,32 ramificaciones principales/ha y 56,76 plántulas/ha.

La distancia promedio entre individuos es 30,13 m y la desviación estándar es de 4,59 m. La distribución espacial horizontal de los ejemplares se muestra en la Figura 4-16.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es 13,83 m/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 12,57 m²/ha. Tiene área de rebrote de 40,52 m²/ha y la cobertura de la copa es 1.015,63 m²/ha. El volumen de la población es 11.175,72 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base es 80,80 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-29 y 4-30) que componen la parcela 7, son Quillaja saponaria, Proustia pungens, Acacia caven, Muehlenbeckia hastulata y Cestrum parqui. Se disponen en dos estratas: una estrata mesofanerófita con Quillaja saponaria y una estrata nanofanerófita con Proustia pungens, Acacia caven, Muehlenbeckia hastulata y Cestrum parqui (Figura 4-17).

La estrata mesofanerófita tiene un valor relativo de importancia de 105,12. La estrata de nanofanerófita tiene como especie dominante a Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata con valores relativos de importancia de 96,68 y 66,98, respectivamente.

La estrata herbácea de terófitas (Cuadro 4-31) tiene una fitonasa en pie de 1.233,21 kg/ha y está dominada por Erodium moschatum y Anthemis cotula con 19,50 y 14,32% de la fitonasa en pie, respectivamente.

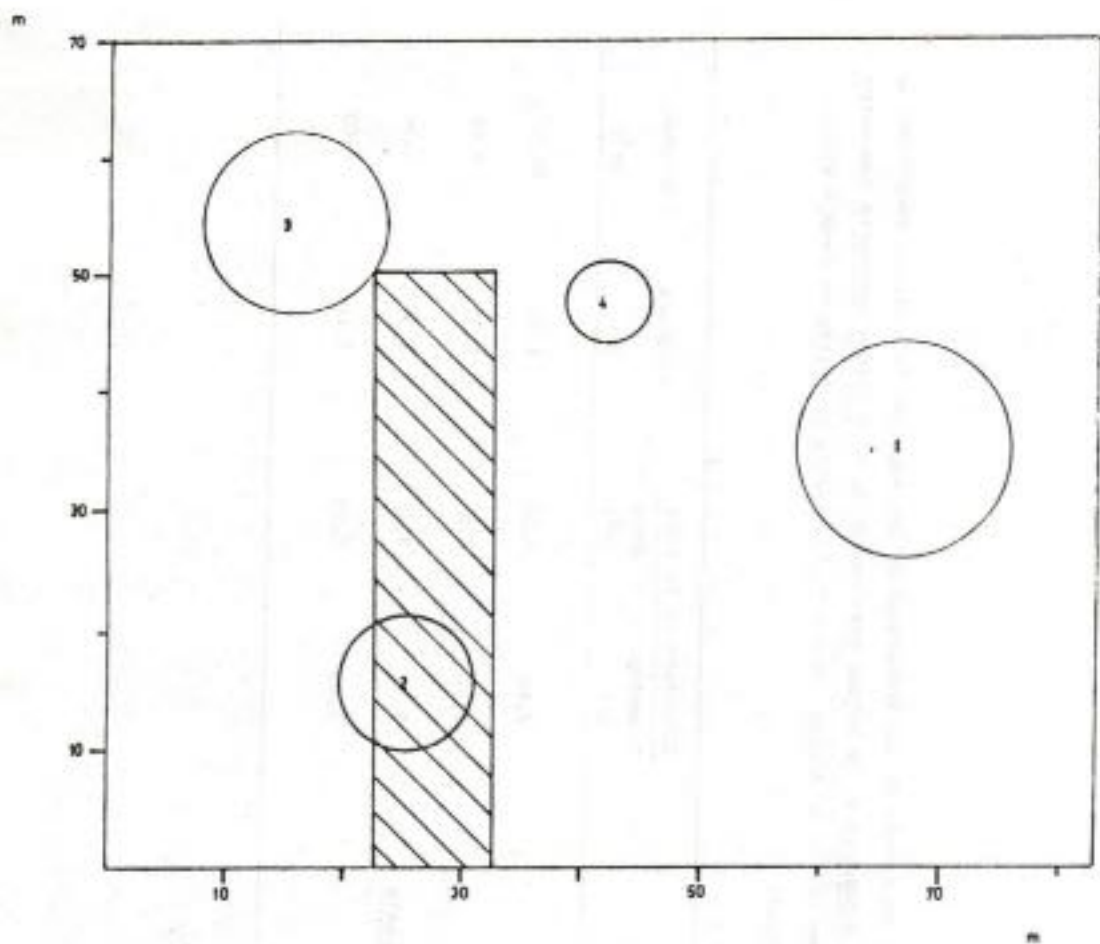


Figura 4-16. Distribución espacial horizontal de los individuos de Quillaja saponaria de la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con estrata mesofanerófito de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata en lomaje suave, de la parcela 7. El área achurada corresponde a la considerada para la representación vertical de la vegetación.

Cuadro 4-29. Variables de estado de los individuos de las especies fanerófitas asociadas a Quillaja saponaria de la sabana mesofanerófitas de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófitas de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata en loma de suave, de la parcela 7.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Proustia pungens</u>	3,10	7,55	1,40	10,57
<u>Acacia caven</u>	1,92	2,90	1,71	4,96
<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	2,10	3,45	1,30	4,50
<u>Cestrum parqui</u>	1,00	0,79	1,10	0,87

Cuadro 4-30. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas de la esbana mesofanerófitas de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófitas de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata en lomaje suave, de la parcela 7.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia base 200	
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Intra-estrata	Total
		(Ind/ha)	(%)	(m ² /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(x/200)	(x/200)
Mesofanerófitas	<u>Quillaja saponaria</u>	6,88	100,00	1.015,63	100,00	89,13	100,00	98,36	200,00
	TOTAL ESTRATA	6,88	100,00	1.015,63	100,00	89,13	100,00	98,36	200,00
Nanofanerófitas	<u>Prostratis pungens</u>	3,44	9,52	25,97	20,95	2,28	19,55	0,32	30,47
	<u>Acacia caven</u>	18,93	52,36	44,00	44,30	4,82	50,48	0,83	95,68
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	12,05	33,34	28,01	33,64	3,66	29,16	0,48	66,98
	<u>Cestrum parqui</u>	1,72	4,76	4,00	1,10	0,12	1,50	0,01	5,86
	TOTAL ESTRATA	36,14	100,00	84,01	123,92	11,70	185,98	1,64	200,00
TOTAL GENERAL	43,02	100,00	1.139,55	100,00	11.361,70	100,00	100,00	200,00	

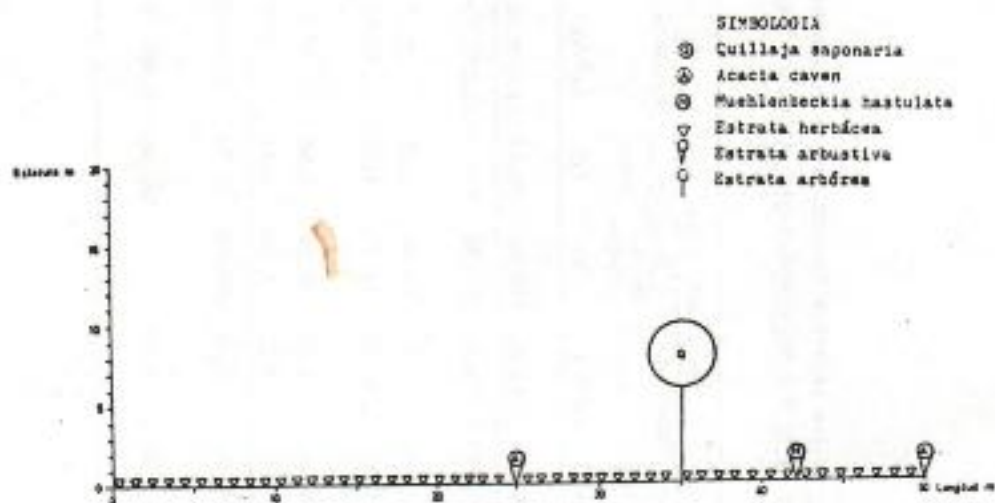


Figura 4-17. Distribución espacial vertical de la vegetación de la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata en lonaje suave, de la parcela 7.

Cuadro 4-31. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea de la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con estrata nanofanerófito de Acacia cavendishii y Lenbeckia hastulata en lomaje suave, de la parcela 7.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Erodium moschatum</u>	240,50	19,50
Terófito	<u>Anthemis cotula</u>	176,61	14,32
Terófito	<u>Erodium botrys</u>	166,87	13,53
Terófito	<u>Silene gallica</u>	150,84	12,23
Terófito	<u>Hordeum molinum</u>	148,37	12,03
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>	135,42	10,98
Terófito	<u>Amsinckia hispida</u>	74,25	6,02
Terófito	<u>Trifolium glomeratum</u>	68,45	5,55
Terófito	<u>Koeleria phleoides</u>	38,60	3,13
Terófito	<u>Cenchrus core-core</u>	33,30	2,70
	TOTAL	1.233,21	100,00

Parcela 8

Sabana mesofanerófita de Quillaja saponaria con estrata de terófitas en llano (Figura 4-18).

Descripción general

Ubicación	:	Sector de Zapata
Altitud	:	300 msnm
Tamaño	:	54.600 m ²
Posición fisiográfica	:	Llano
Pendiente	:	Terreno plano
Exposición	:	Sin exposición
Suelo	:	Formación de suelo granítico deposita cional
Tipo geomorfológico de la formación	:	Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	:	Base terrosa
Pedregosidad superficial	:	No hay
Porcentaje cubierto por hojarasca	:	0 - 10%
Tipo de utilización	:	Ganado
Intensidad de utilización	:	Moderado

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-32). Presentan una estatura entre 14,48 y 21,86 m. El diámetro de la copa varía entre 15,35 y 23,75 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho entre 3,02 y 4,36 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre 2,00 y 2,80 m. Los ejemplares no presentan rebrote y no se observaron plántulas bajo sus copas. Todos presentan sólo una ramificación principal.

Población (Cuadro 4-33). La densidad de Quillaja saponaria es 1,47 ind/ha y 0,00 plántulas por ha.

La distancia promedio entre individuos es 51,61 m y la desviación estándar es 20,01 m. La distribución espacial de los ejemplares se muestra en la Figura 4-19.

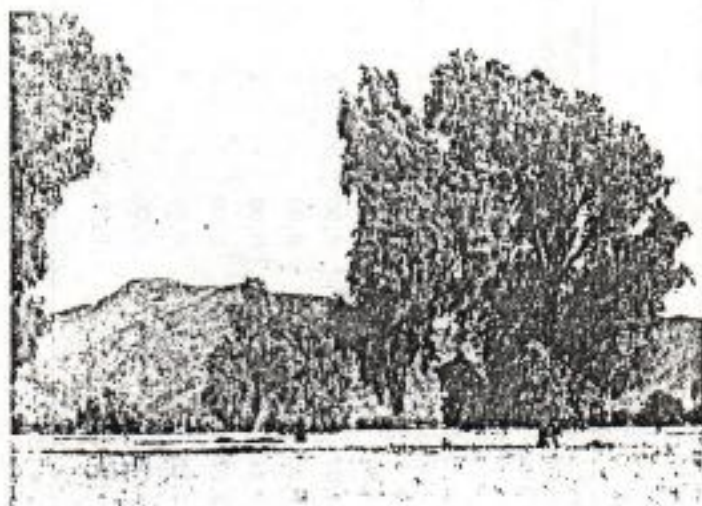


Figura 4-18. Vista parcial de la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con estrata de terófitas en llano, de la parcela 8.

Cuadro 4-32. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria de la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con eg trata de terófitos en llano, de la parcela 8.

Individuo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la base (m)	Número de ramificaciones principales	Diámetro de rebrote (m)	Número de plantas	Distribución espacial horizontal	
	Diámetro (m)	Área (m ²)								más cercano	Distancia (m)
1	16,45	212,53	14,48	3,077,43	3,30	2,00	1	0,00	0	2	39,00
2	21,50	363,05	18,68	6,781,77	4,07	2,80	1	0,00	0	4	30,00
3	20,10	317,31	17,76	5,635,43	4,36	2,30	1	0,00	0	4	85,15
4	23,75	443,01	21,86	9,684,20	3,52	2,15	1	0,00	0	2	30,00
5	15,35	185,06	17,71	3,277,41	3,02	2,00	1	0,00	0	1	75,00
6	17,10	229,66	21,06	4,836,64	3,20	2,50	1	0,00	0	7	56,25
7	18,10	257,30	16,70	4,296,91	3,54	2,15	1	0,00	0	8	48,75
8	16,55	215,12	18,03	3,878,61	3,40	2,60	1	0,00	0	7	48,75

Cuadro 4-33. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria de sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria con estrata de terófitas en llano, de la parcela 8.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	N° ind/ha	1,47
	Número de ramificaciones principales	N°/ha	1,47
		N°/ind.	1,00
	Número de plántulas	N°/ha	0,00
		N°/ind.	0,00
	Lineal	Distancia promedio entre individuos	m
Desviación estándar		m	20,01
Perímetro del tronco a la altura del pecho		m/ha	5,22
		m/ind.	3,55
Cuadrática	Area del tronco a la altura de la base	m ² /ha	6,17
		m ² /ind.	4,20
	Area de rebrote	m ² /ha	0,00
		m ² /ind.	0,00
	Cobertura de la copa	m ² /ha	408,48
		m ² /ind.	277,88
	Volumen	m ³ /ha	7.619,81
		m ³ /ind.	5.183,55
Compuesta	Cobertura de la copa/ área de tronco a la altura de la base	veces	66,20

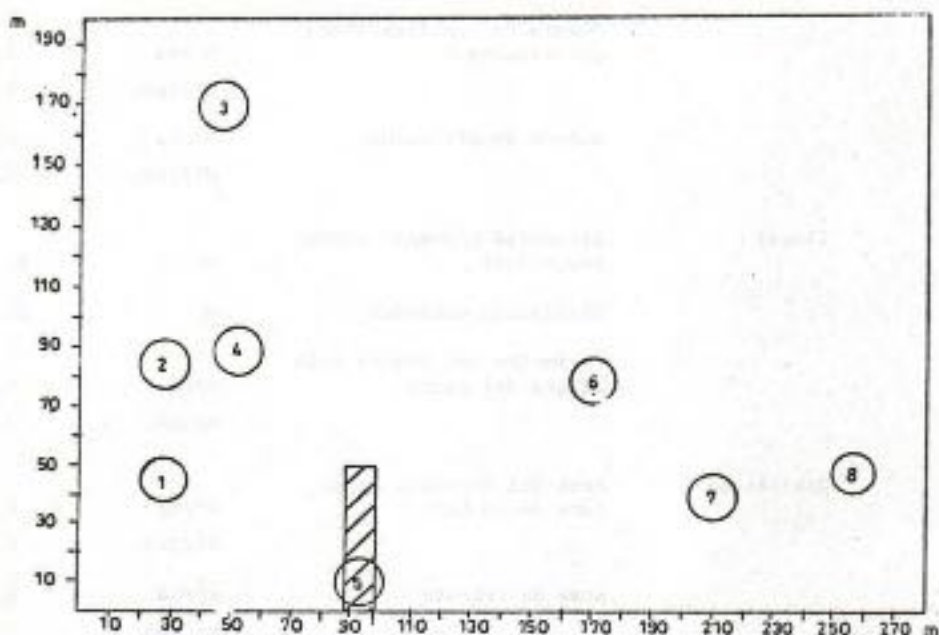


Figura 4-19. Distribución espacial horizontal de los individuos de Quillaja saponaria en la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria de la parcela 8. El área achurada corresponde a la considerada para la representación vertical de la vegetación.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es 5,22 m/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 6,17 m²/ha. No presenta rebrote y la cobertura de la copa es 408,48 m²/ha. El volumen de la población es 7.619,81 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base es 66,20 veces.

Descripción de la fitocenosis

La especie fanerófito que compone la parcela 8, es Quillaja saponaria (Figura 4-20).

La estrata herbácea con terófito (Cuadro 4-34) tiene una fitomasa en pie de 2.520,55 kg/ha y está dominada por Vulpia dertonensis con 18,70% de la fitomasa en pie.

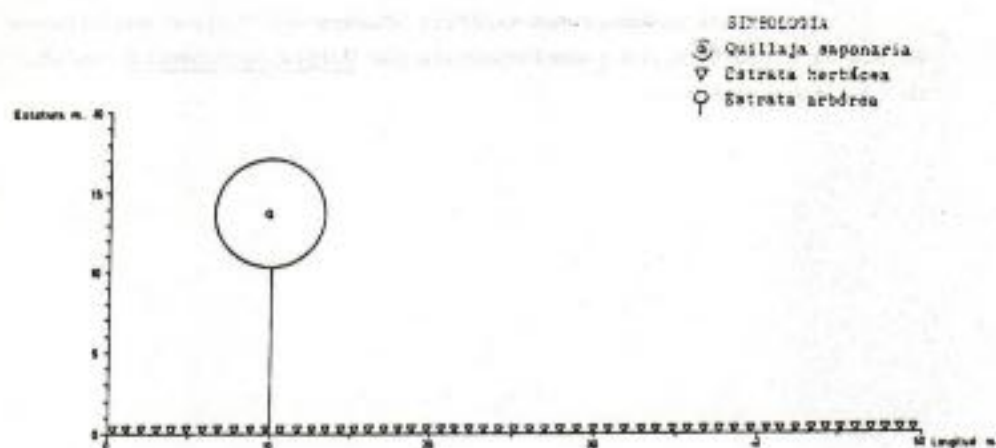


Figura 4-10. Distribución espacial vertical de la vegetación de la sabana mesofanerófito de Quillaja saponaria de la parcela 8.

Quadro 4-34. Composición botánica y fitonasa en pie de la estrata herbécea de la sabana mesofanerófita de Guilaja saponaria con estrata de terófitas en llano, de la parcela B.

Forma de vida	Especie	Fitonasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>	470,92	16,70
Terófito	<u>Trisetochromus hirtus</u>	451,53	17,83
Terófito	<u>Erodium malacoides</u>	432,39	17,17
Terófito	<u>Medicago polymorpha</u>	428,11	17,00
Terófito	<u>Erodium moschatum</u>	409,22	16,25
Terófito	<u>Hypochoeris radicata</u>	328,30	13,04
	TOTAL	2.520,55	100,00

Parcela 9

Comunidad pluriestratificada con estrata microfa
nerófito de Trevoa trinervis dominante en ladera
media y baja de exposición sur (Figura 4-21).

Descripción general

Ubicación	:	Sector de Lo Prado
Altitud	:	550 msnm
Tamaño	:	1.021,5 m ²
Posición fisiográfica	:	Ladera media y baja
Pendiente	:	2 - 4%
Exposición	:	Sur
Suelo	:	Formación de suelo granítico deposita cional
Tipo geomorfológico de la formación	:	Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	:	Base terrosa y piedras
Pedregosidad superficial	:	Piedras de 5,00 a 20,00 cm de diáme- tro, distribuidas en la superficie 0,70 - 1,50 m aparte y ocupando 3,00 - 15% del área.
Porcentaje cubierto de hojarasca	:	0 - 10%
Tipo de utilización	:	Ganado
Intensidad de utilización	:	Leve

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-35). Presentan una estatura entre 0,45 y 20,26 m dis-
tribuyéndose uniformemente en ese rango. El diámetro de la copa varía en-
tre 0,45 y 20,20 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho entre
0,00 y 3,50 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre
0,08 y 3,90 m. Existen tres individuos con rebrote, fluctuando el diámetro
de éste entre 0,60 y 7,20 m. Presentan una ramificación principal 27 indi-
viduos y los tres restantes presentan 2 ramificaciones principales. No se
observaron plántulas bajo la copa de ningún individuo.

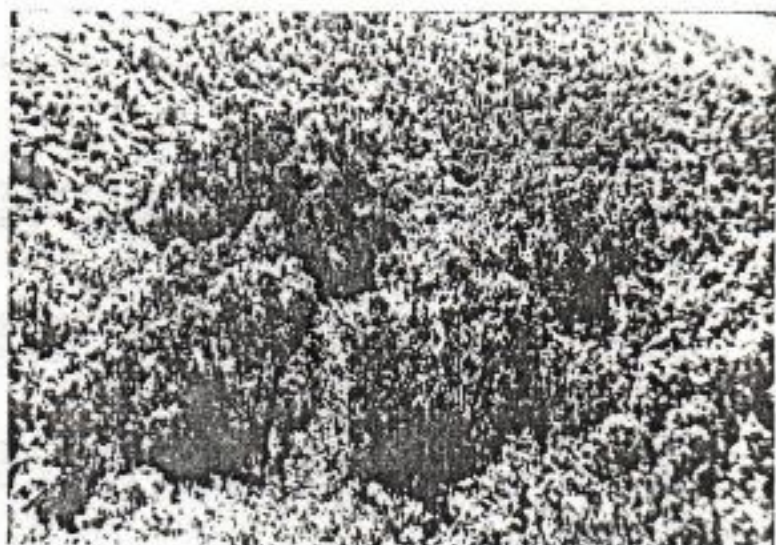


Figura 4-21. Vista parcial de la comunidad pluriestratificada con estrata microfanerófita de Trevoa trinervis en ladera media y baja de exposición sur, de la parcela 9.

Cuadro 4-35. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria de la comunidad pluriestratificada con estrata microfanerófitas de Trevoa trinervis dominante en ladera media y baja de exposición sur, de la parcela 9.

Individuo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la base (m)	Diámetro de rebrote (m)	Número de ramificaciones principales	Número de plátanos	Distribución espacial	
	Diámetro (m)	Área (m ²)								Indiv. más cercano	Distancia horizontal (m)
1	20,20	320,47	20,10	6,441,45	2,54	3,90	5,00	2	0	2	24,25
2	15,40	186,27	20,26	3,773,83	2,95	2,30	7,20	1	0	20	20,00
3	2,20	3,80	4,02	15,28	0,27	0,13	0,00	1	0	7	4,25
4	4,80	18,10	4,40	79,64	0,50	0,35	0,70	1	0	5	3,25
5	2,60	5,31	3,60	19,12	0,15	0,17	0,00	1	0	6	1,75
6	1,78	2,49	1,55	3,86	0,00	0,04	0,00	1	0	5	1,75
7	3,40	9,08	4,14	37,59	0,43	0,25	0,00	1	0	6	1,25
8	1,70	2,27	3,20	7,26	0,15	0,80	0,00	1	0	9	1,25
9	0,90	0,64	0,85	0,54	0,00	0,10	0,00	1	0	8	1,25
10	2,40	4,52	3,05	13,79	0,20	0,20	0,00	1	0	9	1,75
11	1,20	1,13	1,15	1,30	0,00	0,03	0,00	1	0	10	2,50
12	2,10	3,46	2,50	8,65	0,10	0,09	0,00	1	0	13	3,00
13	2,65	5,52	3,50	19,32	0,14	0,07	0,00	2	0	12	3,00
14	4,60	16,62	5,10	84,76	0,45	0,40	0,00	1	0	15	2,00
15	3,40	9,08	6,20	56,30	0,44	0,35	0,00	1	0	16	1,75
16	2,38	4,34	2,10	9,11	0,11	0,19	0,00	1	0	15	1,75
17	11,30	100,29	14,09	1,413,09	1,85	1,60	0,00	1	0	18	15,00
18	4,30	14,52	3,50	50,82	0,20	0,13	0,00	1	0	19	7,75
19	5,10	20,43	4,15	84,78	0,60	0,45	0,00	1	0	18	7,75
20	1,90	2,84	3,20	9,09	0,09	0,15	0,00	1	0	18	12,50
21	1,60	2,01	2,50	5,03	0,08	0,05	0,00	1	0	22	1,25
22	0,90	0,64	0,90	0,58	0,00	0,20	0,00	1	0	21	1,25
23	3,40	9,08	3,00	27,24	0,22	0,40	0,00	1	0	26	2,50
24	0,45	0,16	0,50	0,08	0,00	0,08	0,00	1	0	3	6,50
25	5,70	25,52	3,51	89,58	0,45	0,45	0,00	1	0	4	4,00
26	0,50	0,20	0,45	0,09	0,00	0,10	0,00	1	0	30	2,50
27	17,10	229,66	18,14	4,166,03	3,50	2,60	0,00	2	0	14	30,50
28	17,80	248,85	14,84	3,652,93	2,15	1,40	0,00	1	0	29	9,50
29	12,25	117,86	12,88	1,529,82	1,55	1,60	0,00	1	0	28	9,50
30	1,90	2,84	1,30	3,69	0,00	0,13	0,00	1	0	25	4,00

Población (Cuadro 4-36). La densidad de Quillaja saponaria es 29,38 ind/ha presentando 32,32 ramificaciones principales/ha y 0,00 plántulas/ha.

La distancia promedio entre individuos es 6,31 m y la desviación estándar es 7,37 m. La distribución espacial horizontal de los ejemplares se muestra en la Figura 4-22.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es 18,80 m/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 18,21 m²/ha. El área de rebrote es 12,63 m²/ha y la cobertura de la copa es 1.339,73 m²/ha. El volumen de la población es 21.197,38 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base es 73,57 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-37 y 4-38) que componen la parcela 9, son Quillaja saponaria, Trevoa trinervis, Eupatorium salvia, Podanthus nitiqui, Acacia caven y Proustia pungens. Se dispone en tres estratas: una estrata mesofanerófita de Quillaja saponaria; una estrata microfanerófita con Trevoa trinervis y una estrata de nanofanerófita con Eupatorium salvia, Podanthus nitiqui, Acacia caven y Proustia pungens (Figura 4-23).

La estrata mesofanerófita tiene un valor relativo de importancia de 23,32 y la estrata microfanerófita de 112,32, siendo la estrata dominante. La estrata de nanofanerófita tiene un valor relativo de importancia de 64,31 y la especie dominante es Eupatorium salvia con un valor relativo de importancia de 83,87.

La estrata herbácea (Cuadro 4-39) de terófitas tiene una fitomasa en pie de 1.766,53 kg/ha y está compuesta predominantemente por Euphorbia sp. y Conium maculatum con 24,35 y 20,37% de la fitomasa en pie total, respectivamente.

Cuadro 4-36. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria de la comunidad pluriestratificada con estrata nanofanerófito de Trevoa trinervis dominante en laderas media y baja de exposición sur, de la parcela 9.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	N° ind/ha	29,38
	Número de ramificaciones principales	N°/ha	32,32
		N°/ind.	1,10
	Número de plántulas	N°/ha	0,00
		N°/ind.	0,00
Lineal	Distancia promedio entre individuos	m	6,31
	Desviación estándar	m	7,37
	Perímetro del tronco a la altura del pecho	m/ha	18,80
		m/ind.	0,64
Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha	18,21
		m ² /ind.	0,62
	Área de rebrote	m ² /ha	12,63
		m ² /ind.	0,43
	Cobertura de la copa	m ² /ha	1.339,73
		m ² /ind.	45,60
Volumen	m ³ /ha	21.197,38	
	m ³ /ind.	721,49	
Compuesta	Cobertura de la copa/área de tronco a la altura de la base	veces	73,57

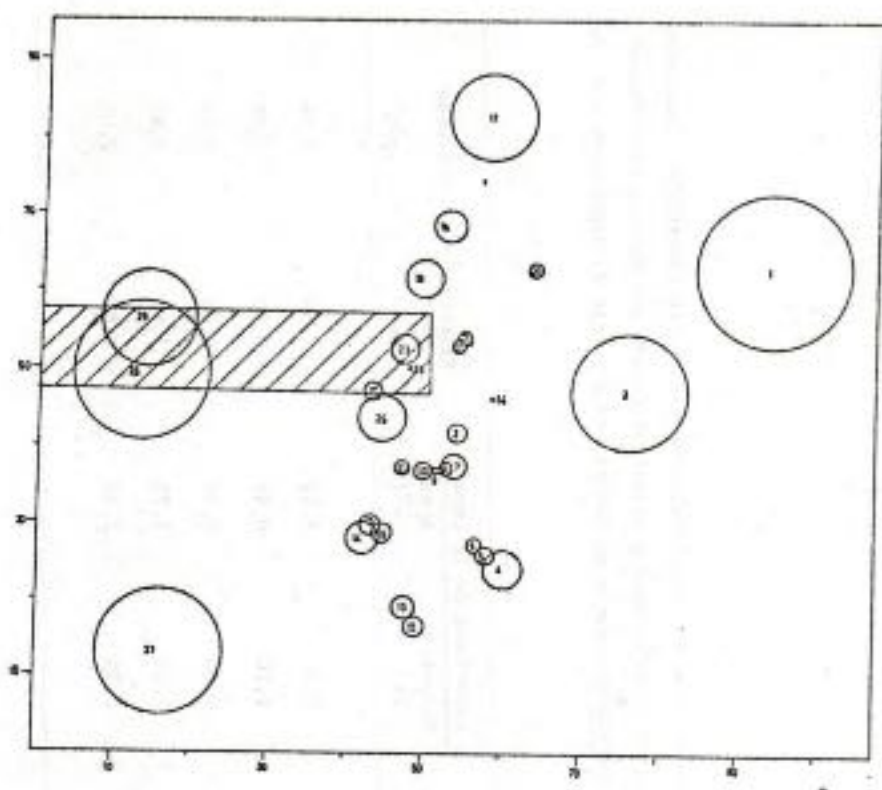


Figura 4-22. Distribución espacial horizontal de los individuos de Quillaja saponaria en la comunidad pluriestratificada con estrata microfanerófito de Trevoa trinervis en la dera media y baja de exposición sur de la parcela 9. El área achurada corresponde a la considerada para la representación vertical de la vegetación.

Cuadro 4-37. Variables de estado promedio de los individuos de especies fanerófitas asociadas a Quillaja saponaria de la comunidad pluriestratificada con estrata microfanerófitas de Trevoa trinervis dominante en ladera media y baja de exposición sur, de la parcela 9.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Trevoa trinervis</u>	2,30	4,15	2,40	9,96
<u>Eupatorium salvia</u>	1,10	0,95	0,80	0,76
<u>Podanthus mitiqui</u>	0,80	0,50	1,00	0,50
<u>Acacia caven</u>	1,50	1,77	1,60	2,83
<u>Proustia pungens</u>	1,30	1,33	1,50	2,00

Cuadro 4-38. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas de la comunidad pluriestratificada con estrata microfanerófitas de Trevoa trinervis dominante en ladera media y baja de exposición sur, de la parcela 9.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia base 200				
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Intra-estrata	Total			
		(Ind/ha)	(%)	(m ² /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(%)	(x/200)	(x/200)		
Mesofanerófitas	<u>Quillaja esponsaria</u>	29,38	100,00	1,50	1.339,73	100,00	21,82	21.197,38	100,00	67,13	200,00	23,32
	TOTAL ESTRATA	29,38	100,00	1,50	1.339,73	100,00	21,82	21.197,38	100,00	67,13	200,00	23,32
Microfanerófitas	<u>Trevoa trinervis</u>	933,33	100,00	49,23	3.873,32	100,00	63,09	9.295,97	100,00	29,44	200,00	112,32
	TOTAL ESTRATA	933,33	100,00	49,23	3.873,32	100,00	63,09	9.295,97	100,00	29,44	200,00	112,32
Nanofanerófitas	<u>Eupatorium salvia</u>	400,00	42,86	21,10	380,00	41,01	6,19	304,00	26,12	0,96	83,87	27,29
	<u>Podanthus mitiqui</u>	266,60	28,57	14,06	113,30	14,39	2,17	133,30	12,33	0,42	32,96	16,23
	<u>Acacia caven</u>	133,30	14,28	7,03	235,94	25,46	3,84	377,24	34,89	1,19	39,74	10,87
	<u>Proustia pungens</u>	133,30	14,28	7,03	177,29	19,13	2,89	166,60	24,66	0,84	33,41	9,92
TOTAL ESTRATA	933,20	100,00	49,22	926,53	100,00	15,09	1.081,14	100,00	3,42	100,00	64,31	
TOTAL GENERAL	1.896,04	100,00	100,00	6.139,98	100,00	31.574,44	100,00	200,00	100,00	200,00	200,00	

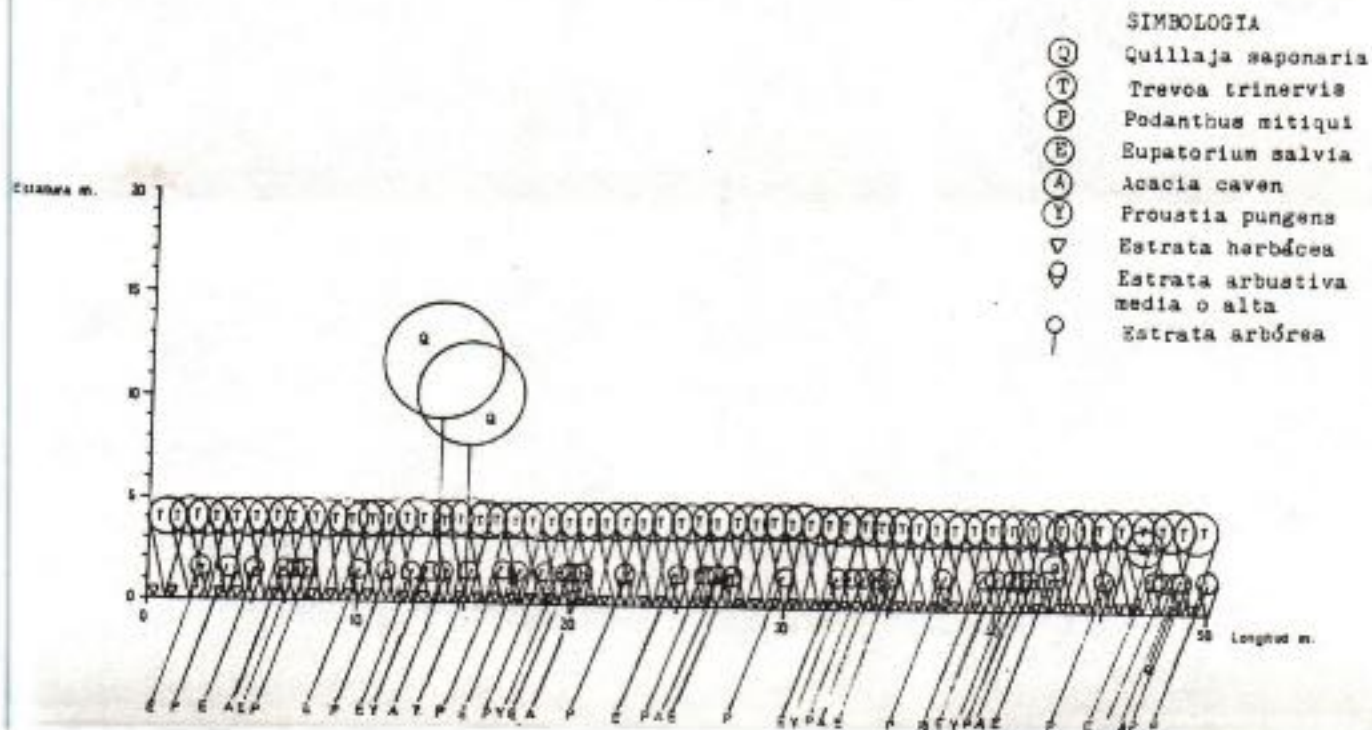


Figura 4-23. Distribución espacial vertical de la vegetación de la comunidad pluriestratificada con estrata microfanerófita de Trevoa trinervis en ladera media y baja de exposición sur, de la parcela 9.

Cuadro 4-39. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea de la comunidad pluriestratificada con estrata microfanerófitas de Trevos trinervis dominante en ladeara media y baja de exposición sur, de la parcela 9.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Euphorbia sp.</u>	430,19	24,35
Terófito	<u>Conium maculatum</u>	359,88	20,37
Terófito	<u>Medicago polymorpha</u>	323,31	18,30
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>	269,25	15,24
Terófito	<u>Koeleria phleoides</u>	204,76	11,59
Terófito	<u>Loasa triloba</u>	179,14	10,14
TOTAL		1.766,53	100,00

Parcela 10

Matorral microfanerófito denso de Trevoa trinervis
en ladera media con exposición sur (Figura 4-24).

Descripción general

Ubicación	: Sector de Lo Prado
Altitud	: 580 msnm
Tamaño	: 4.000 m ²
Posición fisiográfica	: Ladera media
Pendiente	: 37 - 49%
Exposición	: Sur
Suelo	: Formación de suelo granítico deposita cional
Tipo geomorfológico de la formación	: Poligénico coluvial
Naturaleza del material generador	: Base terrosa
Pedregosidad superficial	: No hay
Porcentaje cubierto de hojarasca	: 11 - 30%
Tipo de utilización	: Ganado
Intensidad de utilización	: Leve

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-40). Presentan una estatura entre 6,18 y 18,51 m siendo mayoritariamente superiores a 8,00 m. El diámetro de la copa varía entre 6,30 y 16,20 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho entre 0,50 y 2,70 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre 0,60 y 1,80 m. No existe rebrote y el número de ramificaciones principales varía entre 1 y 10. Bajo la copa de sólo un individuo se observa una plántula.

Población (Cuadro 4-41). La densidad de Quillaja saponaria es 25,00 ind/ha presentando 115,00 ramificaciones principales/ha y 2,50 plántulas/ha.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es 34,00 m/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 43,00 m²/ha. No presenta rg

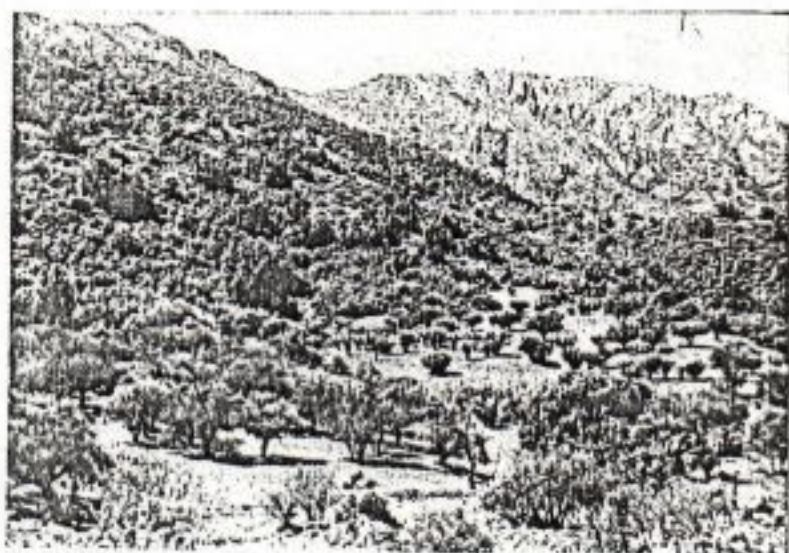


Figura 4-24. Vista general del matorral microfanerófito denso de Trevoa trinervis en ladera media de exposición sur, de la parcela 10. En la mitad inferior de la foto se observa el espinal de Acacia cavan en ladera baja.

Quadro 4-40. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso de Trevo trinervie en ladera media de exposición sur, de la parcela 10.

Indi- viduo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altu- ra del pc- cho (m)	Diámetro del tronco a la altu- ra de la base (m)	Diámetro de rebro- te (m)	Número de ramifica- ciones principa- les	Número de plân- tuas individuo adulto
	Diáme- tro (m)	Area (m ²)							
1	13,55	144,20	18,51	2,659,14	2,70	1,70	0,00	1	1
2	14,10	156,15	30,77	1,681,74	1,00	1,40	0,00	7	0
3	12,20	116,90	14,65	1,712,59	0,90	1,80	0,00	9	0
4	12,90	130,70	9,22	1,205,05	1,05	1,80	0,00	10	0
5	16,20	206,12	13,32	2,745,52	2,25	2,70	0,00	6	0
6	11,80	109,36	13,40	1,465,42	1,80	1,20	0,00	1	0
7	6,30	31,17	6,65	207,28	0,50	0,60	0,00	2	0
8	7,90	49,02	6,18	302,94	0,55	1,40	0,00	7	0
9	9,00	63,62	11,44	727,81	1,12	1,05	0,00	1	0
10	11,30	100,29	9,66	968,80	1,70	1,10	0,00	2	0

Cuadro 4-41. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso de Trevoa trinervis en ladera media de exposición sur, de la parcela 10.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	Nº ind/ha	25,00
	Número de ramificaciones principales	Nº/ha	115,00
		Nº/ind.	4,60
	Número de plántulas	Nº/ha	2,50
		Nº/ind.	0,10
Lineal	Perímetro del tronco a la altura del pecho	n/ha	34,00
		n/ind.	1,36
Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha	43,00
		m ² /ind.	1,72
	Área de rebrote	m ² /ha	0,00
		m ² /ind.	0,00
	Cobertura de la copa	m ² /ha	2.768,75
		m ² /ind.	110,75
	Volumen	m ³ /ha	34.215,75
m ³ /ind.		1.368,63	
Compuesta	Cobertura de la copa/Área de tronco a la altura de la base	veces	64,39

brote y la cobertura de la copa es 2.768,75 m²/ha. El volumen de la población es 34.215,75 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la altura de la base es 64,39 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-42 y 4-43) que componen la parcela 10, son Quillaja saponaria, Trevoa trinervis y Podanthus mitiquí. Se disponen en tres estratas: una estrata mesofanerófitas de Quillaja saponaria, una estrata de microfanerófitas de Trevoa trinervis y una estrata nanofanerófitas de Podanthus mitiquí.

La estrata mesofanerófitas tiene un valor relativo de importancia de 27,39, la estrata microfanerófitas es dominante y tiene un valor relativo de importancia de 166,03 y la estrata nanofanerófitas tiene un valor relativo de importancia de 6,52.

La estrata herbácea de terófitas (Cuadro 4-44) tiene una fitomasa en pie de 1.748,15 kg/ha y está compuesta predominantemente de Euphorbia sp. con 22,12% de la fitomasa en pie total.

Cuadro 4-42. Variables de estado promedio de los individuos de las especies fanerófitas asociadas a Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso de Trevoa trinervis en ladera media de exposición sur, de la parcela 10.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Trevoa trinervis</u>	3,00	7,07	2,77	19,58
<u>Podanthus nitiqui</u>	1,50	1,77	1,70	3,01

CUADRO 4-43. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas del matorral microfanerófito denso de Trevoa trinervis en ladera media de exposición sur, de la parcela 10.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia					
		Relativa		Relativa		Relativa		base 200					
		Absoluta (Ind/ha)	Intra- estrata (%)	Absoluta (m ² /ha)	Intra- estrata (%)	Absoluta (m ³ /ha)	Intra- estrata (%)	Total (x/200)	Total (x/200)				
Mesofanerófito	<u>Quillaja saponaria</u>	25,00	100,00	2,04	100,00	2.768,75	100,00	25,40	34.215,75	100,00	60,44	200,00	27,44
	TOTAL ESTRATA	25,00	100,00	2,04	100,00	2.768,75	100,00	25,40	34.215,75	100,00	60,44	200,00	27,44
Mesofanerófito	<u>Trevoa trinervis</u>	1.133,33	100,00	92,52	100,00	8.012,64	100,00	73,51	22.190,60	100,00	39,20	200,00	166,03
	TOTAL ESTRATA	1.133,33	100,00	92,52	100,00	8.012,64	100,00	73,51	22.190,60	100,00	39,20	200,00	166,03
Nanofanerófito	<u>Podanthus mitiqui</u>	66,67	100,00	5,44	100,00	118,01	100,00	1,08	200,68	100,00	0,35	200,00	6,52
	TOTAL ESTRATA	66,67	100,00	5,44	100,00	118,01	100,00	1,08	200,68	100,00	0,35	200,00	6,52
TOTAL GENERAL		1.225,00		100,00		10.899,40		100,00	56.607,03		100,00		200,00

Quadro 4-44. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea del matorral microfanerófito denso de Trevoa trinervis en ladera media de exposición sur, de la parcela 10.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Euphorbia portulacoides</u>	390,64	22,12
Terófito	<u>Oxalis roses</u>	240,88	13,64
Terófito	<u>Loasa triloba</u>	224,28	12,70
Terófito	<u>Conium maculatum</u>	200,44	11,35
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>	192,49	10,90
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>	155,41	8,80
Terófito	<u>Aira caryophylla</u>	126,09	7,14
Terófito	<u>Koeleria phleoides</u>	126,09	7,14
Terófito	<u>Clarkia tenuis</u>	91,83	5,20
TOTAL		1.748,15	100,00

Matorral microfanerófito denso con Quillaja saponaria y Maytenus boaria en llano (Figura 4-25).

Descripción general

Ubicación	: Sector de Zapata
Altitud	: 300 msnm
Tamaño	: 1.000 m ²
Posición fisiográfica	: Llano
Pendiente	: Terreno plano
Exposición	: Sin exposición
Suelo	: Formación suelo granítico depositacional
Tipo geomorfológico de la formación	: Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	: Base terrosa
Pedregosidad superficial	: No hay
Porcentaje cubierto de hojarasca	: 0 - 10%
Tipo de utilización	: Abandonado
Intensidad de utilización	: No usado

Descripción de Quillaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-45). Presentan una estatura entre 6,80 y 8,55 m. El diámetro de la copa varía entre 2,85 y 3,20 m y el perímetro del tronco a la altura del pecho entre 0,30 y 0,50 m. El diámetro del tronco a la altura de la base fluctúa entre 0,17 y 0,30 m. No existe rebrote y el número de ramificaciones principales varía en 1 y 3. No se observaron plántulas.

Población (Cuadro 4-46). La densidad de Quillaja saponaria es de 191,67 ind/ha presentando 384,34 ramificaciones principales/ha y 0,00 plántulas/ha.

El perímetro del tronco a la altura del pecho es 76,67 m²/ha y el área del tronco a la altura de la base alcanza 7,97 m²/ha. No tiene rebrote y la cobertura de la copa es 1.403,02 m²/ha. El volumen de la población es 10.647,27 m³/ha y la relación cobertura de la copa/área del tronco a la



Figura 4-25. Vista parcial del matorral microfanerófito denso con Quillaja saponaria y Maytenus boaria en llano de la parcela 11.

Cuadro 4-45. Variables de estado de los individuos de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso con Quillaja saponaria y Maytenus boaria en llano, de la parcela 11.

Individuo	Cobertura		Estatura (m)	Volumen (m ³)	Perímetro del tronco a la altura del pecho (m)	Diámetro del tronco a la altura de la base (m)	Diámetro de rebro te (m)	Número de ramifica- ciones principa- les	Número de plán- tulas individuo adulto
	Diámetro (m)	Area (m ²)							
1	3,20	8,04	8,55	68,74	0,40	0,37	0,00	3	0
2	2,85	6,38	7,30	46,57	0,50	0,35	0,00	1	0
3	3,10	7,55	6,80	51,34	0,30	0,25	0,00	2	0

Cuadro 4-46. Variables de estado de la población de Quillaja saponaria del matorral microfanerófito denso con Quillaja saponaria y Maytenus boaria en llano, de la parcela 11.

Tipo de variable	Variable	Unidad	Magnitud
Numérica	Densidad poblacional	N° ind/ha	191,67
	Número de ramificaciones principales	N°/ha	363,34
		N°/ind.	2,00
	Número de plántulas	N°/ha	0,00
N°/ind.		0,00	
Lineal	Perímetro del tronco a la altura del pecho	m/ha	76,67
		m/ind.	0,40
Cuadrática	Área del tronco a la altura de la base	m ² /ha	15,33
		m ² /ind.	0,08
	Área de rebrote	m ² /ha	0,00
		m ² /ind.	0,00
	Cobertura de la copa	m ² /ha	1.403,02
		m ² /ind.	7,32
Volumen	m ³ /ha	10.647,27	
	m ³ /ind.	55,55	
Compuesta	Cobertura de la copa/área de tronco a la altura de la base	veces	91,52

altura de la base es 176,03 veces.

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-47 y 4-48) que componen la parcela 11, son Quillaja saponaria, Maytenus boaria, Muehlenbeckia hastulata y Acacia caven. Se disponen en dos estratas: una estrata microfanerófitas con Quillaja saponaria y Maytenus boaria y una estrata nanofanerófitas con Muehlenbeckia hastulata y Acacia caven.

La estrata microfanerófitas tiene un valor relativo de importancia de 112,44 y domina Quillaja saponaria con 128,41. La estrata nanofanerófitas es dominada por Muehlenbeckia hastulata con 114,26.

La estrata herbácea con terófitas (Cuadro 4-19) tiene una fitomasa en pie de 2.570,55 kg/ha, domina Vulpia dertonensis con un 18,90% de la fitomasa en pie total.

Cuadro 4-47. Variables de estado de las especies fanerófitas asociadas a Quillaja saponaria del sotobosque microfanerófito denso con Quillaja saponaria y Maytenus boaria en llano, de la parcela 11.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Maytenus boaria</u>	2,60	5,31	3,40	18,05
<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	1,60	2,01	1,60	3,22
<u>Acacia caven</u>	1,50	1,77	1,65	2,92

Cuadro 4-48. Composición botánica y asóidas de abundancia de las especies fanerófitas del sotobosque microfanerófito denso con Quillaja saponaria en llano, de la parcela 11.

Forma de vida	Especie	Densidad				Cobertura copa				Volumen planta				Valor relativo de importancia base 200	
		Absoluta		Relativa		Absoluta		Relativa		Absoluta		Relativa		Intra-estrata (x/200)	Total (x/200)
		(Ind/ha)	(%)	Intra-estrata (%)	Total (%)	(m ² /ha)	(%)	Intra-estrata (%)	Total (%)	(m ³ /ha)	(%)	Intra-estrata (%)	Total (%)		
Microfanerófito	<u>Quillaja saponaria</u>	191,67	60,53	48,94	1.403,02	67,88	63,50	10.647,27	82,51	81,68	128,41	112,44			
	<u>Maytenus boaria</u>	125,00	39,47	31,92	663,75	32,11	30,04	2.256,25	17,49	17,31	71,58	61,95			
	TOTAL ESTRATA	316,67	100,00	80,85	2.066,77	100,00	93,54	12.903,52	100,00	98,99	200,00	174,39			
Nanofanerófito	<u>Muehlenbeckia huastulata</u>	41,67	55,56	10,64	83,76	58,68	3,79	134,18	57,96	1,03	114,26	14,43			
	<u>Acacia caven</u>	33,33	44,44	8,51	58,99	41,32	2,67	97,32	42,04	0,75	85,72	11,18			
	TOTAL ESTRATA	75,00	100,00	19,15	142,75	100,00	6,46	231,50	100,00	1,78	200,00	25,61			
TOTAL GENERAL	391,67		100,00	2.209,52		100,00	13.035,02		100,00	200,00	200,00				

Cuadro 4-49. Composición botánica y fitomasa en pie de la estrata herbácea del matorral microfito denso con Quillaja saponaria y Maytenus boaria en llano, de la parcela 11.

Forma de vida	Especie	Fitomasa	
		Valor absoluto (kg/ha)	Valor relativo (%)
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>	470,02	18,70
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>	451,53	17,93
Terófito	<u>Erodium malacoides</u>	432,39	17,17
Terófito	<u>Medicago polymorpha</u>	428,11	17,00
Terófito	<u>Erodium moschatum</u>	409,22	16,25
Terófito		328,38	13,04
	TOTAL	2.520,55	100,00

Parcela 12

Materral microfanerófito de Acacia caven y
Proustia pungens en llano (Figura 4-26).

Descripción general

Ubicación	:	Estación Experimental Rinconada de Maipú
Altitud	:	400 msnm
Tamaño	:	1.000 m ²
Posición fisiográfica	:	Llano
Pendiente	:	Terreno plano
Exposición	:	Sin exposición
Suelo	:	Formación de suelo granítico deposicional
Tipo geomorfológico de la formación	:	Poligénico coluvial aluvial
Naturaleza del material generador	:	Base terrosa
Pedregosidad superficial	:	No hay
Porcentaje cubierto de hojarasca	:	0 - 10%
Tipo de utilización	:	Exclusión natural
Intensidad de utilización	:	No utilizada durante 26 años

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-50 y 4-51) que componen la parcela 12, son Acacia caven, Proustia pungens, Baccharis sp. y Solanum tonatillo. Se disponen en dos estratas: una estrata de microfanerófito con Acacia caven y Proustia pungens y una estrata nanofanerófito con Baccharis sp. y Solanum tonatillo.

La estrata microfanerófito tiene un valor relativo de importancia de 196,35 y es dominada por Acacia caven con 122,98 de valor relativo de importancia. La estrata nanofanerófito es dominada por Baccharis sp. con un valor relativo de importancia de 169,11.

La estrata herbácea (Cuadro 4-52) de terófito está dominado por Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus, Erodium cicutarium y Gnaphalium ramosum.

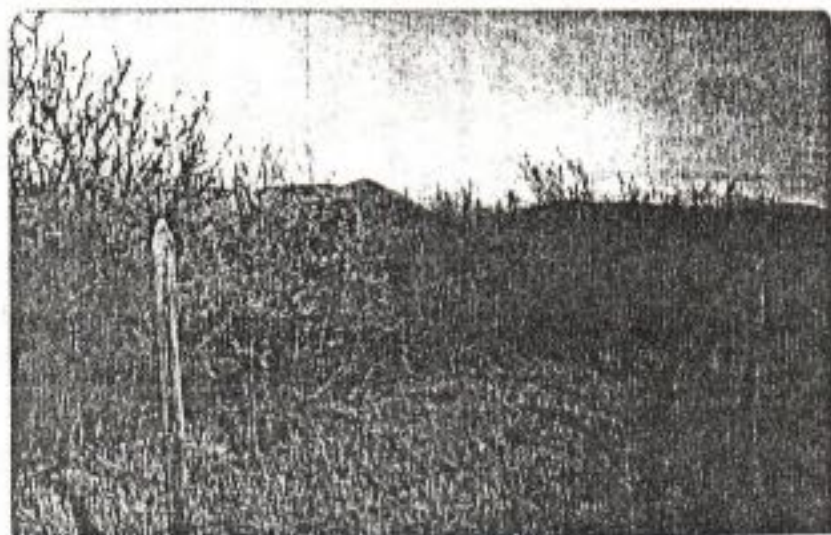


Figura 4-26. Vista parcial del matorral microfanerófito de Acacia caven y Proustia pungens en llano de la parcela 12.

Cuadro 4-50. Variables de estado promedio de los individuos de especies fanerófitas del ma-
 torral microfanerófito de Acacia caven y Proustia pungens en llano, de la par-
 cela 12.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro (m)	Área (m ²)		
<u>Acacia caven</u>	2,65	5,52	2,93	16,17
<u>Proustia pungens</u>	2,23	3,91	1,71	6,69
<u>Baccharis sp.</u>	1,35	1,43	1,85	2,65
<u>Solanum tomatillo</u>	0,86	0,58	0,92	0,53

Cuadro 4-51. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas del matorral microfanerófito de Acacia caven y Proustia pungens en llano, de la parcela 12.

Forma de vida	Especie	Densidad		Cobertura copa		Volumen planta		Valor relativo de importancia base 200				
		Absoluta {Ind/ha}	Relativa Intra- estrata (%)	Absoluta (m ² /ha)	Relativa Intra- estrata (%)	Absoluta (m ³ /ha)	Relativa Intra- estrata (%)		Total Intra- estrata (%)	Total (x/200) (x/200)		
Microfanerófito	<u>Acacia caven</u>	1.320,00	57,39	55,72	7.286,40	65,54	65,05	21.344,40	76,23	75,84	122,98	120,77
	<u>Proustia pungens</u>	980,00	42,61	41,37	3.831,80	34,46	34,21	6.656,20	23,77	23,65	47,07	75,58
	TOTAL ESTRATA	2.300,00	100,00	97,09	11.118,20	100,00	99,29	28.000,60	100,00	99,59	200,00	196,35
Nanofanerófito	<u>Baccharis sp.</u>	50,00	72,46	2,11	71,50	86,65	0,64	132,50	82,94	0,47	169,11	2,75
	<u>Solanum tomatillo</u>	19,00	27,54	0,80	11,02	13,35	0,10	10,07	7,06	0,04	40,89	0,90
	TOTAL ESTRATA	69,00	100,00	2,91	82,52	100,00	0,71	142,57	100,00	0,51	200,00	3,65
TOTAL GENERAL	2.369,00	100,00	100,00	11.200,72	100,00	100,00	28.143,17	100,00	100,00	200,00	200,00	

Cuadro 4-52. Composición botánica de la estrata herbácea del matorral micro fanerófito de Acacia caven y Froustia pungens en llano, de la parcela 12.

Forma de vida	Especies dominantes en orden decreciente
Terófito	<u>Trisetobromus hirtus</u>
Terófito	<u>Vulpia dertonensis</u>
Terófito	<u>Erodium cicutarium</u>
Terófito	<u>Gnaphalium ramosum</u>
Terófito	<u>Cotula australis</u>
Terófito	<u>Koeleria phleoides</u>
Terófito	<u>Erodium malacoides</u>
Terófito	<u>Sativa sessilis</u>
Terófito	<u>Leuceria oligocephala</u>

Parcela 13

Matorral nanofanerófito denso con Colliguaya edo-
rifera y estrata microfanerófito abierta de Qui-
llaaja saponaria en ladera media con exposición
norte (Figura 4-27).

Descripción general

Ubicación	:	Sector de Zapata
Altitud	:	650 msnm
Tamaño	:	1.200 m ²
Posición fisiográfica	:	Ladera media
Pendiente	:	37 - 49%
Exposición	:	Norte
Suelo	:	Formación de suelo granítico deposi- tacional
Tipo geomorfológico de la formación	:	Poligénico coluvial
Naturaleza del material generador	:	Base terrosa con piedras
Pedregosidad superficial	:	Piedras de 5,00 a 10,00 cm de diáme- tro distribuidas en la superficie 0,70 - 1,50 m aparte y ocupando 3 - 15% del área.
Porcentaje cubierto de hojarasca	:	0 - 10%
Tipo de utilización	:	Ganado
Intensidad de utilización	:	Leve

Descripción de Quillaaja saponaria

Individuos (Cuadro 4-53). Presentan una estatura promedio de 5,00 m y un diámetro de copa promedio de 6,50 m.

Población (Cuadro 4-54). La densidad de Quillaaja saponaria es de 4,50 ind./ha presenta una cobertura de copa de 149,31 m²/ha y un volumen de 746,55 m³/ha.



Figura 4-27. Vista parcial del matorral nanofanerófito denso con Colliguaya odorifera y estrata microfanerófito abierta de Quillaja saponaria en ladera media de exposición norte, de la parcela 13.

Quadro 4-53. Variables de estado promedio de los individuos de las especies fanerófitas del sectoral mesofanerófito denso con Colliguaya odorifera y estrata microfanerófitas abierta de Quillaja saponaria en la zona media de exposición norte, de la parcela 13.

Especie	Cobertura de la copa		Estatura (m)	Volúmen (m ³)
	Diámetro (m)	Area (m ²)		
<u>Quillaja saponaria</u>	6,50	33,18	5,00	165,90
<u>Colliguaya odorifera</u>	1,00	0,79	0,70	0,55
<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	0,90	0,64	0,70	0,45
<u>Podanthus nitiqui</u>	0,70	0,38	0,80	0,30
<u>Baccharis sp.</u>	0,80	0,50	0,90	0,45
<u>Puya berteroniana</u>	1,40	1,54	1,70	2,62

Cuadro 4-54. Composición botánica y medidas de abundancia de las especies fanerófitas del matorral nanofanerófito denso con Colliguays odorifera y estrata microfanerófito abierta de Quillaja saponaria en ladera media de exposición norte, de la parcela 13.

Formas de vida	Especie	Densidad				Cobertura copa				Volumen planta			Valor relativo de importancia base 200
		Absoluta		Relativa		Absoluta		Relativa		Absoluta			
		Intra-estrata (%)	Total (%)	(Ind/ha)	(a ² /ha)	Intra-estrata (%)	Total (%)	(a ³ /ha)	Intra-estrata (%)	Total (%)	Intra-estrata (x/200)	Total (x/200)	
Microfanerófito	<u>Quillaja saponaria</u>	4,50	100,00	0,06	149,31	100,00	2,90	746,55	100,00	15,46	200,00	2,96	
	TOTAL ESTRATA	4,50	100,00	0,06	149,31	100,00	2,90	746,55	100,00	15,46	200,00	2,96	
Nanofanerófito	<u>Colliguays odorifera</u>	2.848,10	38,59	38,57	2.250,00	45,00	43,70	1.566,46	38,37	32,44	83,59	82,27	
	<u>Muehlenbeckia has- tata</u>	2.187,50	29,64	29,62	1.400,00	28,00	27,19	984,38	24,11	20,39	57,64	56,81	
	<u>Podanthus mitiqui</u>	1.050,63	14,26	14,25	400,00	8,00	7,77	315,79	7,74	6,54	32,24	22,02	
	<u>Baccharis sp.</u>	1.000,00	13,55	13,54	500,00	10,00	9,71	450,00	11,02	9,32	23,55	23,25	
	<u>Puya berteroniana</u>	292,20	3,96	3,96	449,99	9,00	8,74	765,56	18,75	15,85	12,96	12,70	
	TOTAL ESTRATA	7.380,43	100,00	99,94	4.999,99	100,00	97,01	4.082,19	100,00	84,54	200,00	197,05	
	TOTAL GENERAL	7.384,93		100,00	5.149,30		100,00	4.638,74		100,00	200,00		

Descripción de la fitocenosis

Las especies fanerófitas (Cuadros 4-53 y 4-54) que componen la parcela 13, son Quillaja saponaria, Colliguaya odorifera, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus nitiqui, Baccharis sp. y Puya berteroniana. Se disponen en dos estratas: una estrata microfanerófita con Quillaja saponaria y una estrata nanofanerófita con Colliguaya odorifera, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus nitiqui, Baccharis sp. y Puya berteroniana.

La estrata microfanerófita tiene un valor relativo de importancia de 2,96. La estrata nanofanerófita tiene un valor relativo de importancia de 197,05 y está dominada por Colliguaya odorifera con un valor relativo de importancia de 83,59.

La estrata herbácea con terófitas (Cuadro 4-55) está dominada por Koeleria phleoides, Vulpia dertonensis y Avena barbata.

Cuadro 4-55. Composición botánica de la estrata herbácea del matorral nanofanerófito denso con Colliguaya odorifera y estrata microfanerófito abierta de Quillaja saponaria en ladera media de exposición norte, de la parcela 13.

Forma de vida	Especies dominantes en orden decreciente
Terófito	<u>Koeleria phleoides</u>
Terófito	<u>Vulpis dertonensis</u>
Terófito	<u>Avena barbata</u>

Standas del sector de Tiltit
(Figura 4-28)

Stand 1: Cono de deyección inferior (Cuadro 4-56)

Existen tres estratas vegetacionales: una estrata de microfanerófita compuesta de Quillaja saponaria y Acacia caven; una estrata de nanofanerófita compuesta de Baccharis sp. y Muehlenbeckia hastulata y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Vulpia dertonensis, Erodium malacoide, Erodium cicutarium, Peptocarya linearis, Clarkia tenella, Trisetobromus hirtus y Plantago tumida

La especie fanerófita dominante es Baccharis sp. con 5 - 25% y las especies Quillaja saponaria y Muehlenbeckia hastulata presentan cada una <5% de abundancia estimada. Las terófitas en conjunto presentan una abundancia estimada de 75 - 100%.

Stand 2: Cono de deyección inferior (Cuadro 4-57)

Existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de mesofanerófitas con Quillaja saponaria; una estrata de microfanerófitas con Acacia caven; una estrata de terófitas con Avena barbata, Stellaria cuspidata, Malva sp., Geranium core-core, Medicago polinorpha, Urtica urens, Lolium multiflorum y Galium aparine.

La especie fanerófita dominante es Quillaja saponaria con 25 - 50%. Acacia caven y Baccharis sp. tienen una abundancia estimada que corresponde a la categoría de presente y las especies terófitas de 75 - 100%.

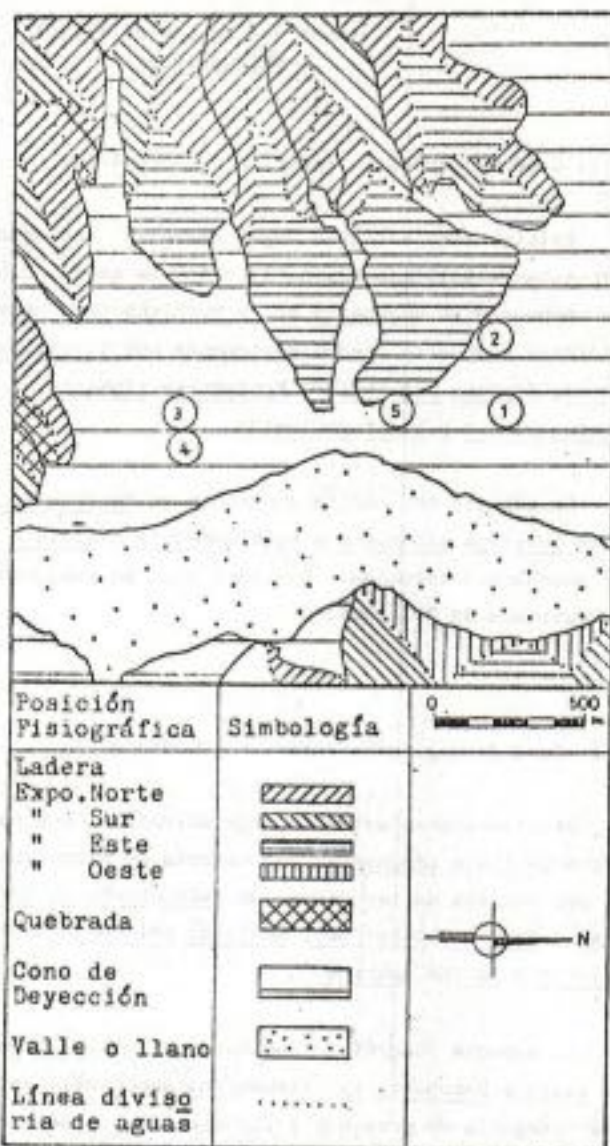


Figura 4-26. Aerofotointerpretación de las principales posiciones fisiográficas y ubicación de los stands 1, 2, 3, 4 y 5 muestreados en el sector de Tiltit.

Cuadro 4-56. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en el stand 1 de cono de deyección inferior en el sector de Tiltit.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Microfanerófita	<u>Quillaja saponaria</u>	< 5%
	<u>Acacia caven</u>	Presente
Nanofanerófita	<u>Baccharis sp.</u>	5 - 25%
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	< 5%
Terófito		75 - 100%
	<u>Vulpia dertonensis</u>	
	<u>Erodium malacoide</u>	
	<u>Erodium cicutarium</u>	
	<u>Peptocarya linearis</u>	
	<u>Clarkia tenella</u>	
	<u>Trisetobromus hirtus</u>	
	<u>Plantago tunida</u>	

Cuadro 4-57. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en el stand 2 de cono de deyección inferior en el sector de Tiltit.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Mesofanerófita	<u>Quillaja saponaria</u>	25 - 50%
Microfanerófita	<u>Acacia caven</u>	Presente
Nanofanerófita	<u>Baccharis sp.</u>	Presente
Terófito		75 - 100%
	<u>Avena barbata</u>	
	<u>Stellaria cuspidata</u>	
	<u>Malva sp.</u>	
	<u>Geranium core-core</u>	
	<u>Medicago polymorpha</u>	
	<u>Urtica urens</u>	
	<u>Lolium multiflorum</u>	
	<u>Galium aparine</u>	

Stand 3: Cono de deyección inferior (Cuadro 4-58)

Existen tres estratas vegetacionales: una estrata microfanerófita con Lithraea caustica, Quillaja saponaria y Acacia caven; una estrata nanofanerófita con Baccharis sp., Porlieria chilensis, Proustia pungens, Cestrum parqui, Colliguaya odorifera y Solanum tomatillo y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Plantago tunida, Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus y Erodium botrys.

La especie fanerófita dominante es Lithraea caustica con 25 - 50%. Las especies Quillaja saponaria, Baccharis sp. y Porlieria chilensis tienen una abundancia estimada de <5% y las especies terófitas de 50 - 75%.

Stand 4: Cono de deyección inferior (Cuadro 4-59)

Existen tres estratas vegetacionales: una estrata de microfanerófitas con Acacia caven; una estrata de nanofanerófitas con Proustia pungens, Baccharis sp., Muehlenbeckia hastulata, Cestrum parqui y Solanum tomatillo y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Plantago tunida, Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus y Erodium botrys.

La especie fanerófita dominante es Acacia caven con 5 - 25%. Baccharis sp. y Proustia pungens tienen una abundancia estimada de presente y las especies terófitas de 50 - 75%.

Cuadro 4-58. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en el stand 3 de cono de deyección inferior en el sector de Tiltit.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Microfanerófito	<u>Lithraea caustica</u>	25 - 50%
	<u>Quillaja saponaria</u>	<5%
	<u>Acacia caven</u>	Presente
Nanofanerófito	<u>Baccharis sp.</u>	<5%
	<u>Porlieria chilensis</u>	<5%
	<u>Proustia pungens</u>	Presente
	<u>Cestrum parqui</u>	Presente
	<u>Colliguaya odorifera</u>	Presente
	<u>Solanum tomatillo</u>	Rara
Terófito	<u>Plantago tunida</u>	50 - 75%
	<u>Vulpia dertonensis</u>	
	<u>Trisetobromus hirtus</u>	
	<u>Erodium botrys</u>	

Cuadro 4-59. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en el stand 4 de cono de deyección inferior en el sector de Tiltit.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Microfanerófito	<u>Acacia caven</u>	5 - 25%
Nanofanerófito	<u>Proustia pungens</u>	Presente
	<u>Baccharis sp.</u>	Presente
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	Rara
	<u>Cestrum parqui</u>	Rara
	<u>Solanum tomatillo</u>	Rara
Terófito	<u>Plantago tunida</u>	50 - 75%
	<u>Vulpia dertonensis</u>	
	<u>Trisetobromus hirtus</u>	
	<u>Erodium botrys</u>	

Stand 5: Cono de deyección inferior (Cuadro 4-60)

Existen dos estratas vegetacionales: un estrata de nanofanerófitas con Baccharis sp. y Acacia caven, y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Vulpia dertonensis, Erodium botrys, Erodium malacoide, Erodium cicutarium, Peptocarya linearis, Clarkia tenella, Trisetobromus hirtus y Plantago tunida.

La especie fanerófita dominante es Baccharis sp. con una abundancia estimada de presente. Las especies terófitas tienen una abundancia estimada de 75 - 100%.

Cuadro 4-60. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en el stand 5 de cono de deyección inferior en el sector de Tiltil.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Nanofanerófita	<u>Baccharis sp.</u>	Presente
	<u>Acacia caven</u>	Rara
Terófito		75 - 100%
	<u>Vulpia dertonensis</u>	
	<u>Erodium botrys</u>	
	<u>Erodium malacoide</u>	
	<u>Erodium cicutarium</u>	
	<u>Peptocarya linearis</u>	
	<u>Clarkia tenella</u>	
	<u>Trisetobromus hirtus</u>	
	<u>Plantago tunida</u>	

Stand 1: Quebrada (Cuadro 4-61)

En el curso superior de quebrada existen dos estratas vegetacionales: una estrata de mesofanerófitas con Cryptocarya alba, Peumus boldus y Quillaja saponaria y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Erodium moschatum, Erodium malacoide, Trisetobromus hirtus y Loasa triloba.

La especie fanerófito dominante es Cryptocarya alba con 75-100%. Peumus boldus presenta una abundancia estimada de 5-25% y Quillaja saponaria de <5% y las especies terófitas de 25-50%.

En el curso inferior de quebrada existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de mesofanerófitas con Cryptocarya alba, Peumus boldus y Quillaja saponaria; una estrata de microfanerófito con Acacia caven, Maytenus boaria, Lithraea caustica, Salix chilensis, Trevoa trinervis, Schinus molle y Schinus polygamus; una estrata de nanofanerófitas con Baccharis sp., Azara petiolaris y Cestrum parqui y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Erodium moschatum, Erodium malacoide, Trisetobromus hirtus y Loasa triloba.

La especie fanerófito predominante es Cryptocarya alba con 50-75%. Peumus boldus y Quillaja saponaria tienen una abundancia estimada de 25-50% y <5% respectivamente. Las especies que componen las estratas microfanerófitas y nanofanerófitas tienen una abundancia estimada de rara. Las especies terófitas tienen una abundancia estimada de 50-75%.

En la boca de la quebrada existen cinco estratas vegetacionales: una estrata mesofanerófito con Cryptocarya alba, Peumus boldus y Quillaja saponaria; una estrata microfanerófito con Acacia caven, Maytenus boaria, Lithraea caustica, Salix chilensis, Trevoa trinervis, Schinus molle, Schinus polygamus; una estrata de nanofanerófitas con Baccharis sp., Azara petiolaris, Cestrum parqui, Kageneckia oblonga, Muehlenbeckia hastulata y Proustia pungens; una estrata hemicriptófito con Nassella chilensis y una estrata de terófitas con Erodium moschatum, Erodium malacoide, Trisetobromus hirtus y Loasa triloba.

La especie fanerófito dominante es Cryptocarya alba con 25-50%. Peumus boldus presenta una abundancia estimada de 5-25% y Quillaja saponaria

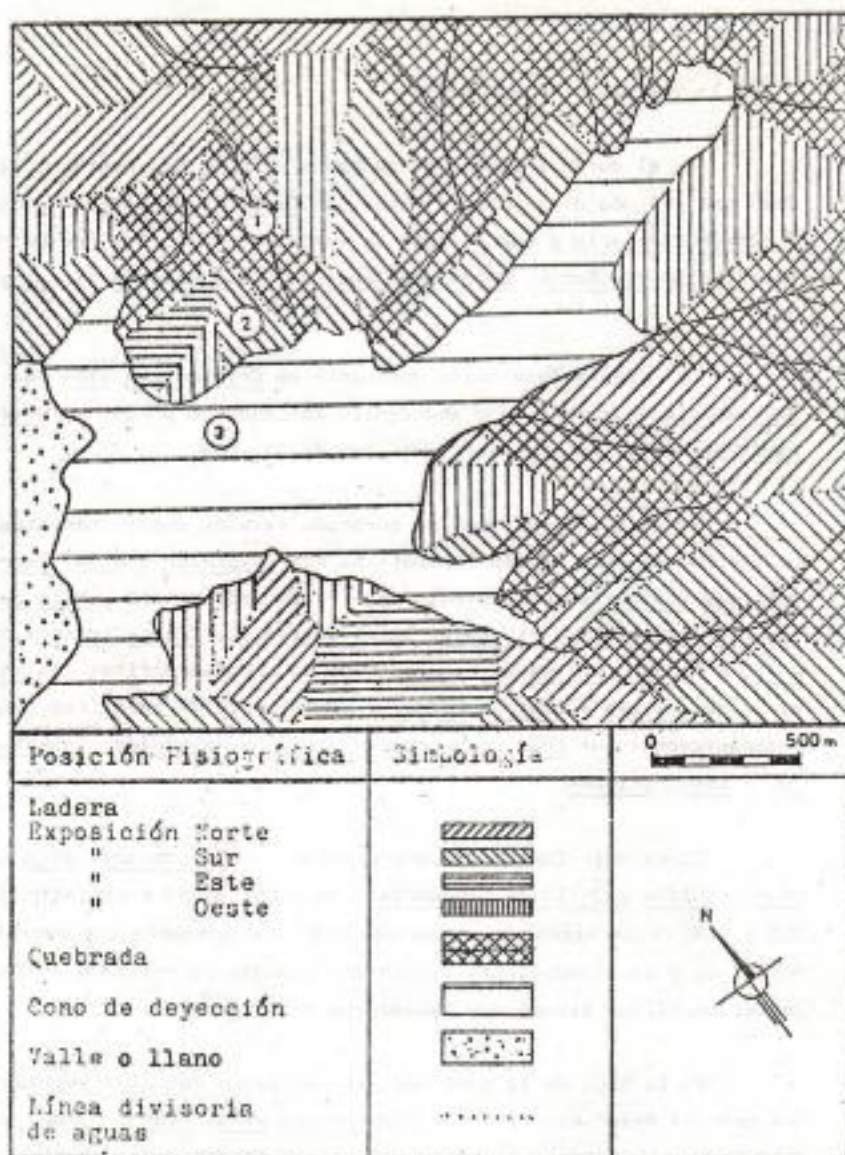


Figura 4-29. Aerofotointerpretación de las principales posiciones fisiográficas y ubicación de los stands 1, 2 y 3 muestreados en el sector de Lo Prado.

La especie fanerófita dominante es Cryptocarya alba con 25-50%. Peumus boldus presenta una abundancia estimada de 5-25% y Quillaja saponaria, Acacia caven, Maytenus boaria, Salix chilensis, Trevoa trinervis y Baccharis sp. de <5%. Las restantes fanerófitas presentan una abundancia estimada de rara. La especie hemicriptófita Nassella chilensis presenta una abundancia estimada de rara y las especies terófitas de 50-75%.

Cuadro 4-61. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en quebrada del sector de Lo Prado.

Forma de vida	Especie	Posición fisiográfica Quebrada		
		Curso superior	Curso inferior	Boca de quebrada
Mesofanerófita	<u>Cryptocarya alba</u>	75-100%	50-75%	25-50%
	<u>Peumus boldus</u>	5-25%	25-50%	5-25%
	<u>Quillaja saponaria</u>	< 5%	< 5%	< 5%
Microfanerófita	<u>Acacia caven</u>	-	Rara	< 5%
	<u>Maytenus boaria</u>	-	Rara	< 5%
	<u>Lithraea caustica</u>	-	Rara	Rara
	<u>Salix chilensis</u>	-	Rara	< 5%
	<u>Trevoa trinervis</u>	-	Rara	< 5%
	<u>Schinus molle</u>	-	Rara	Rara
	<u>Schinus polygamus</u>	-	Rara	Rara
Nanofanerófita	<u>Baccharis sp.</u>	-	Rara	< 5%
	<u>Azara petiolaris</u>	-	Rara	Rara
	<u>Cestrum parqui</u>	-	Rara	Rara
	<u>Kageneckia oblonga</u>	-	-	Rara
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	-	-	Rara
	<u>Proustia pungens</u>	-	-	Rara
Hemicriptófita	<u>Nassella chilensis</u>	-	-	Rara
Terófita		25-50%	50-75%	50-75%
	<u>Erodium moschatum</u>			
	<u>Erodium malacoide</u>			
	<u>Trisetobromus hirtus</u>			
	<u>Loasa triloba</u>			

Stand 2: Ladera de exposición sur (Cuadro 4-62)

En la cumbre existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de mesofanerófitas con Quillaja saponaria; una estrata de microfanerófitas con Trevoa trinervis; una estrata de nanofanerófitas con Acacia caven y una estrata de terófitas compuesta fundamentalmente de Euphorbia portulacoides, Conium maculatum, Medicago polymorpha, Vulpia dertonensis, Koeleria phleoides y Loasa triloba.

La especie fanerófita dominante es Trevoa trinervis con 25 - 50%. Las especies Quillaja saponaria y Acacia caven tienen una abundancia estimada de 5 - 25% rara respectivamente. Las especies terófitas tienen una abundancia estimada de 50 - 75%.

En ladera alta existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de mesofanerófitas con Quillaja saponaria; una estrata de microfanerófita con Trevoa trinervis, una estrata de nanofanerófitas con Acacia caven, Baccharis sp. y Podanthus nitiqui; una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Euphorbia portulacoides, Conium maculatum, Medicago polymorpha, Vulpia dertonensis, Koeleria phleoides y Loasa triloba.

Las especies fanerófitas dominantes son Quillaja saponaria y Trevoa trinervis con 25 - 50%. Las especies nanofanerófitas tienen una abundancia estimada de rara y las especies terófitas de 50 - 75%.

En ladera media existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata mesofanerófitas con Quillaja saponaria, Cryptocarya alba y Peumus boldus; una estrata microfanerófita con Trevoa trinervis; una estrata nanofanerófita con Acacia caven, Baccharis sp., Eupatorium salvia, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus nitiqui y Proustia pungens y una estrata de terófitas con Euphorbia portulacoides, Conium maculatum, Medicago polymorpha, Vulpia dertonensis, Koeleria phleoides y Loasa triloba.

La especie fanerófita dominante es Trevoa trinervis con 75 - 100% y Quillaja saponaria presenta una abundancia estimada de 25 - 50%. Las especies Acacia caven y Podanthus nitiqui presentan una abundancia estimada de <5% y las fanerófitas restantes de rara. Las especies terófitas tienen una abundancia de 50 - 75%.

En ladera baja existen cuatro estratas: una estrata de mesofanerófitas con Quillaja saponaria, Cryptocarya alba y Peumus boldus; una estrata microfanerófita con Lithraea caustica, Maytenus boaria, Schinus molle, Schi-

mus poligamus, Trevoa trinervis; una estrata de nanofanerófitas con Acacia caven, Baccharis sp., Cestrum parqui, Eupatorium salvia, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus mitiqui y una estrata de terófitas compuesta predominantemente de Euphorbia portulacoides, Conium maculatum, Medicago polymorpha, Vulpia dertonensis, Koeleria phleoides y Loasa triloba.

La especie fanerófito dominante es Trevoa trinervis con 25 - 50% y la especie Quillaaja saponaria tiene una abundancia estimada de 5 - 25%. Las especies Acacia caven, Eupatorium salvia, Podanthus mitiqui y Proustia pungens tiene una abundancia estimada de <5% y las especies terófitas de 75 - 100%.

En piedemonte existen cuatro estratas vegetacionales: mesofanerófitas con Quillaaja saponaria y Peumus boldus; una estrata de microfanerófitas con Acacia caven, Baccharis sp., Cestrum parqui, Eupatorium salvia, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus mitiqui, Proustia pungens y una estrata de terófitas con Euphorbia portulacoides, Conium maculatum, Medicago polymorpha, Vulpia dertonensis, Koeleria phleoides y Loasa triloba.

La especie fanerófito dominante es Trevoa trinervis con 25 - 50% y Quillaaja saponaria y Acacia caven tienen una abundancia estimada de 5 - 25%. Las especies Eupatorium salvia, Podanthus mitiqui y Proustia pungens tienen una abundancia estimada de <5% y las especies terófitas de 75 - 100%.

Cuadro 4-62. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en ladera de exposición sur en el sector de Lo Prado.

Forma de vida	Especie	Posición fisiográfica				
		Cumbre	Ladera alta	Ladera media	Ladera baja	Piedemonte
Mesofanerófito	<u>Quillaja saponaria</u>	5-25%	25-50%	25-50%	5-25%	5-25%
	<u>Cryptocarya alba</u>	-	-	Rara	Rara	-
	<u>Peumus boldus</u>	-	-	Rara	Rara	Rara
Microfanerófito	<u>Lithraea caustica</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Maytenus boaria</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Schinus molle</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Schinus polygamus</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Trevoa trinervis</u>	25-50%	25-50%	75-100%	25-50%	25-50%
Nanofanerófito	<u>Acacia caven</u>	Rara	Rara	<5%	<5%	5-25%
	<u>Baccharis sp.</u>	-	Rara	Rara	Presente	Presente
	<u>Cestrum parqui</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Eupatorium salvia</u>	-	-	Rara	<5%	<5%
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	-	-	Rara	Presente	Presente
	<u>Podanthus mitiqui</u>	-	Rara	<5%	<5%	<5%
	<u>Proustia pungens</u>	-	-	Rara	<5%	<5%
Terófito		50-75%	50-75%	50-75%	75-100%	75-100%
	<u>Euphorbia portulacoides</u>					
	<u>Conium maculatum</u>					
	<u>Medicago polymorpha</u>					
	<u>Vulpia dertonensis</u>					
	<u>Koeleria phleoides</u>					
	<u>Loasa triloba</u>					

Existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata mesofanerófita con Peumus boldus, Quillaja saponaria y Cryptocarya alba; una estrata de microfanerófitas con Acacia caven, Lithraea caustica, Schinus molle, Schinus polyganus y Maytenus boaria; una estrata de nanofanerófitas con Trevoa trinervis, Baccharis sp., Cestrum parqui, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus mitiqui, Proustia pungens y Retamilla ephedra y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Avena barbata, Brisa minor, Clarkia tenella, Erodium botrys, Erodium moschatum, Hordeum molinum, Medicago polymorpha, Trisetobromus hirtus y Vulpia dertonensis.

Las especies fanerófitas dominantes son Peumus boldus, Quillaja saponaria, Acacia caven y Lithraea caustica, con 5 - 25%. Schinus molle, Schinus polyganus y Trevoa trinervis tienen una abundancia estimada de <5% y las especies terófitas de 50 - 75%.

Cuadro 4-63. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en cono de deyección inferior en el sector de Lo Prado.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Mesofanerófita	<u>Quillaja saponaria</u>	5 - 25%
	<u>Peumus boldus</u>	5 - 25%
	<u>Cryptocarya alba</u>	Rara
Microfanerófita	<u>Acacia caven</u>	5 - 25%
	<u>Schinus molle</u>	< 5%
	<u>Schinus polygamus</u>	< 5%
	<u>Lithraea caustica</u>	5 - 25%
	<u>Maytenus boaria</u>	Rara
Nanofanerófita	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	Presente
	<u>Podanthus mitiqui</u>	Rara
	<u>Proustia pungens</u>	Presente
	<u>Retanilla ephedra</u>	Rara
	<u>Baccharis sp.</u>	Presente
	<u>Cestrum parqui</u>	Presente
	<u>Trevoa trinervis</u>	< 5%
Terófita	<u>Avena barbata</u>	50 - 75%
	<u>Brisa minor</u>	
	<u>Clarkia tenella</u>	
	<u>Erodium botrys</u>	
	<u>Erodium malacoide</u>	
	<u>Erodium moschatum</u>	
	<u>Hordeum molinum</u>	
	<u>Medicago polymorpha</u>	
	<u>Trisetobromus hirtus</u>	
	<u>Vulpia dertonensis</u>	

Stands del sector de Zapata
(Figura 4-30)

Stand 1: Cono de deyección inferior (Cuadro 4-64)

Existen cinco estratas vegetacionales; una estrata de mesofanerófitas con Quillaja saponaria y Cryptocarya alba; una estrata de microfanerófitas con Acacia caven y Azara petiolaris, Lithraea caustica, Maytenus boaria, Peumus boldus, Schinus molle, Schinus polygamus, Trevoa trinervis, una estrata de nanofanerófitas con Baccharis sp., Cestrum parqui, Kageneckia oblonga, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus mitiqui, Porlieria chilensis y Proustia pungens; una estrata de hemicriptófitas con Nassella chilensis y una estrata de terófitas con Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus, Erodium malacoide y Clarkia tenella.

La especie fanerófita más abundante es Peumus boldus con 25-50% y las especies Quillaja saponaria, Acacia caven y Lithraea caustica tienen una abundancia estimada de 5-25%. La especie hemicriptófito Nassella chilensis tiene una abundancia estimada de rara y las especies terófitas de 50-75%.

Stand 2: Llano (Cuadro 4-65)

Existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de mesofanerófitas con Quillaja saponaria; una estrata de microfanerófitas con Acacia caven, Maytenus boaria y Schinus molle; una estrata de nanofanerófitas con Baccharis sp. y Muehlenbeckia hastulata y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus, Erodium malacoide, Medicago polymorpha, Erodium moschatum, Hipchoeris radicata, Trifolium glomerata, Convolvulus arvensis, Hordeum vulgare, Trifolium filiforme, Avena barbata, Brisa minor, Helenium aronicum y Carthamus lanatus.

La especie fanerófita dominante es Acacia caven con 5-25% y Quillaja saponaria y Maytenus boaria tienen una abundancia estimada de <5%. Las restantes fanerófitas tienen una abundancia estimada de presente y las especies terófitas tienen una abundancia estimada de 75-100%.

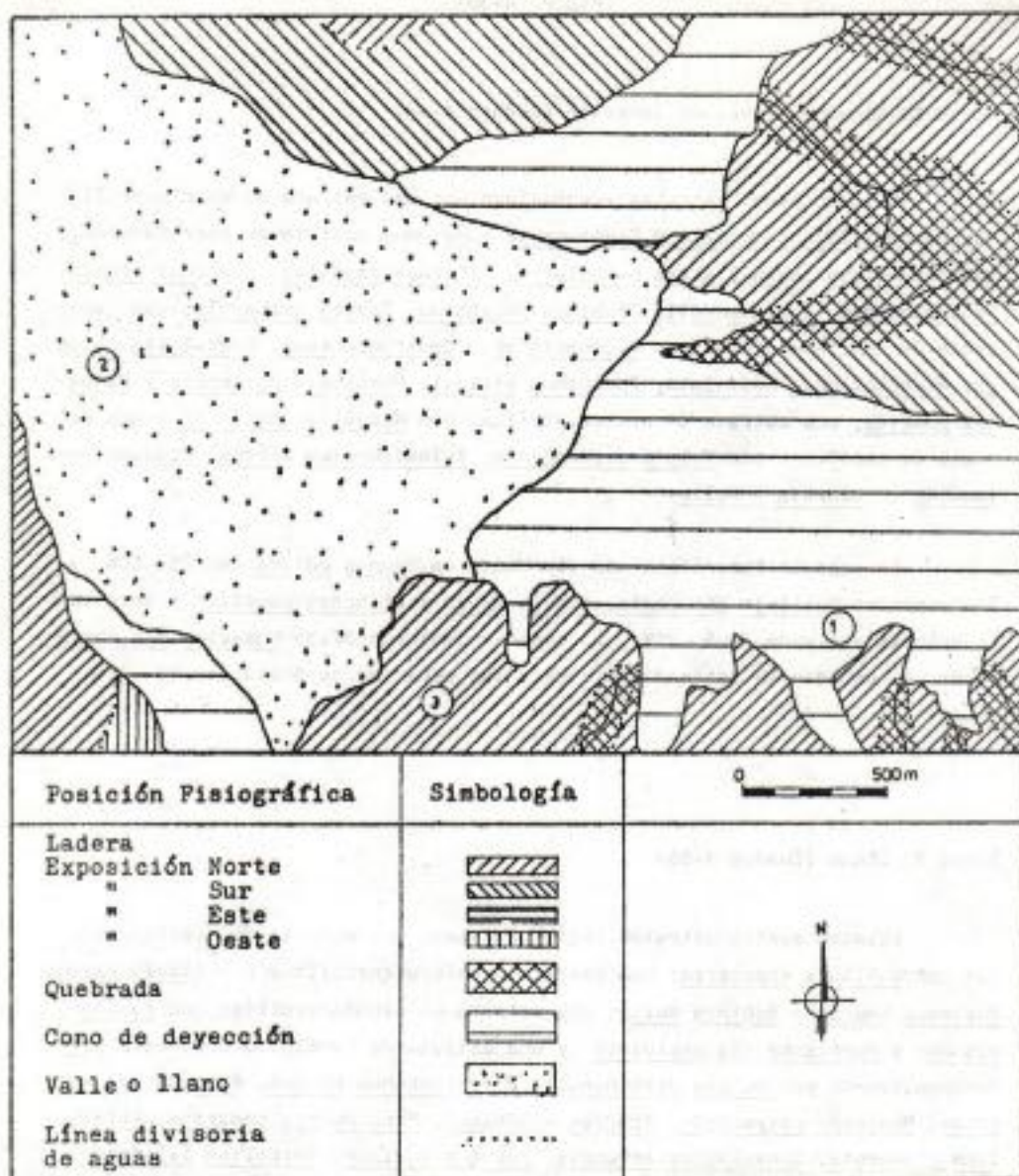


Figura 4-30. Aerofotointerpretación de las principales posiciones fisiográficas y ubicación de los stands 1, 2 y 3 muestreados en el sector de Zapata.

Cuadro 4-64. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en cono de deyección inferior en el sector de Zapata.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Mesofanerófita	<u>Cryptocarya alba</u>	Presente
	<u>Quillaja saponaria</u>	5 - 25%
Microfanerófita	<u>Acacia caven</u>	5 - 25%
	<u>Azara petiolaris</u>	Rara
	<u>Lithraea caustica</u>	5 - 25%
	<u>Maytenus boaria</u>	Presente
	<u>Peumus boldus</u>	25 - 50%
	<u>Schinus molle</u>	Presente
	<u>Schinus polygamus</u>	Presente
<u>Trevoa trinervia</u>	Presente	
Nanofanerófita	<u>Baccharis sp.</u>	<5%
	<u>Cestrum parqui</u>	Presente
	<u>Kageneckia oblonga</u>	Presente
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	Presente
	<u>Podanthus mitiqui</u>	Rara
	<u>Porlieria chilensis</u>	Presente
	<u>Proustia pungens</u>	Presente
Hemicriptófita	<u>Nassella chilensis</u>	Rara
Terófita	<u>Vulpia dertonensis</u>	50 - 75%
	<u>Trisetobromus hirtus</u>	
	<u>Erodium malacoide</u>	
	<u>Clarkia tenella</u>	

Cuadro 4-65. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en el llano del sector de Zapata.

Forma de vida	Especie	Abundancia estimada
Mesofanerófita	<u>Quillaja saponaria</u>	< 5%
Microfanerófita	<u>Acacia caven</u>	5 - 25%
	<u>Maytenus boaria</u>	< 5%
	<u>Schinus molle</u>	Presente
Nanofanerófita	<u>Baccharis sp.</u>	Presente
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	Presente
Terófitas	<u>Vulpia dertonensis</u>	75 - 100%
	<u>Trisetobromus hirtus</u>	
	<u>Erodium malacoide</u>	
	<u>Medicago polymorpha</u>	
	<u>Erodium moschatum</u>	
	<u>Hipochaeris radicata</u>	
	<u>Trifolium glomerata</u>	
	<u>Convolvulus arvensis</u>	
	<u>Hordeum molinum</u>	
	<u>Trifolium filiforme</u>	
	<u>Avena barbata</u>	
	<u>Brisa minor</u>	
	<u>Helenium aromaticum</u>	
<u>Carthamus lanatus</u>		

En la cumbre existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de microfanerófitas con Lithraea caustica y Quillaja saponaria; una estrata de nanofanerófitas con Colliguaya odorifera, Flourensia thurifera, Puya berteroniana y Trichocereus chilensis y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Avena barbata, Bromus mollis, Koeleria phleoides, Trisetobromus hirtus y Vulpia dertonensis.

La especie fanerófitas dominante es Flourensia thurifera con 50 - 75% y Colliguaya odorifera y Puya berteroniana tienen una abundancia estimada de 5 - 25%. La especie Trichocereus chilensis tiene una abundancia estimada de <5% y la hemipterófitas Nassella chilensis de presente. Las especies terófitas tienen una abundancia estimada de 50 - 75%.

En la ladera alta existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de microfanerófitas con Quillaja saponaria y Lithraea caustica; una estrata de nanofanerófitas con Colliguaya odorifera, Flourensia thurifera, Podanthus mitiqui, Puya berteroniana y Trichocereus chilensis, una estrata de hemipterófitas con Nassella chilensis y una estrata de terófitas con Avena barbata, Bromus mollis, Koeleria phleoides, Trisetobromus hirtus y Vulpia dertonensis.

La especie fanerófitas dominante es Colliguaya odorifera con 50 - 75% y Flourensia thurifera tiene una abundancia estimada de 25 - 50%. Las especies Puya berteroniana, Trichocereus chilensis y la hemipterófitas Nassella chilensis presentan una abundancia estimada de 5 - 25%. Las especies terófitas tienen una abundancia estimada de 50 - 75%.

En ladera media existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de microfanerófitas con Quillaja saponaria y Lithraea caustica; una estrata de nanofanerófitas con Baccharis sp., Colliguaya odorifera, Flourensia thurifera, Podanthus mitiqui, Porlieria chilensis, Puya berteroniana, Trevoa trinervis y Trichocereus chilensis, una estrata de hemipterófitas con Nassella chilensis y una estrata de terófitas compuesta predominantemente de Avena barbata y Bromus mollis, Koeleria phleoides, Trisetobromus hirtus y Vulpia dertonensis.

La especie fanerófitas dominante es Colliguaya odorifera con 50 - 75% y la especie Quillaja saponaria y Flourensia thurifera presentan una abundancia estimada de <5%. La especie hemipterófitas Nassella chilensis presenta una abundancia estimada de 5 - 25% y las especies terófitas de 50 - 75%.

Cuadro 4-66. Composición botánica y abundancia estimada de las especies vegetales en ladera de exposición norte en el sector de Zapata.

Forma de vida	Especie	Posición Fisigráfica				
		Cumbre	Ladera alta	Ladera media	Ladera baja	Piedemonte
Microfanerófito	<u>Cryptocarya alba</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Lithraea caustica</u>	Rara	Rara	Presente	Rara	Rara
	<u>Peunus boldus</u>	-	-	-	Rara	Presente
	<u>Quillaja saponaria</u>	Presente	<5%	<5%	<5%	<5%
	<u>Schinus molle</u>	-	-	-	Rara	Presente
	<u>Schinus polygamus</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Maytenus boaria</u>	-	-	-	Rara	Rara
Nanofanerófito	<u>Baccharis sp.</u>	-	-	Rara	Presente	Presente
	<u>Cassia clossiana</u>	-	-	-	5-25%	25-50%
	<u>Cestrum parqui</u>	-	-	-	Rara	Presente
	<u>Colliguaya odorifera</u>	5-25%	50-75%	50-75%	<5%	-
	<u>Flourensia thurifera</u>	50-75%	25-50%	<5%	Rara	-
	<u>Muehlenbeckia hastulata</u>	-	-	-	Rara	Presente
	<u>Podanthus mitiqui</u>	-	Rara	Presente	Rara	Rara
	<u>Proustia pungens</u>	-	-	-	Rara	Rara
	<u>Perlleria chilensis</u>	-	-	Rara	Rara	Rara
	<u>Puya berteroniana</u>	5-25%	5-25%	Presente	-	-
	<u>Trevoa trinervis</u>	-	-	Rara	Rara	Rara
	<u>Trichocereus chilensis</u>	<5%	5-25%	Presente	-	-
Hemicriptófito	<u>Nassella chilensis</u>	Presente	5-25%	5-25%	Presente	Rara
Terófito	<u>Avena barbata</u>		50-75%	50-75%	75-100%	75-100%
	<u>Bromus mollis</u>					
	<u>Koeleria phleoides</u>					
	<u>Trisetochorus hirtus</u>					
	<u>Vulpia dertonensis</u>					

En ladera baja existen cuatro estratas vegetacionales: una estrata de microfanerófitas con Cryptocarya alba, Lithraea caustica, Peumus boldus, Quillaja saponaria, Schinus molle, Schinus polygamus y Maytenus boaria; una estrata de nanofanerófitas con Saccharis sp., Cassia clossiana, Cestrum parqui, Colliguaya odorifera, Flourensia thurifera, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus nitiqui, Proustia pungens, Porlieria chilensis y Trevoa trinervis; una estrata de hemicriptófitas con Nassella chilensis y una estrata de terófitas compuesta predominantemente por Avena barbata, Bromus mollis, Koeleria phleoides, Trisetobromus hirtus y Vulpia dertonensis.

La especie fanerófito dominante es Cassia classiana con 25 - 50% y Quillaja saponaria presenta una abundancia estimada de 25%. Las especies Peumus boldus, Schinus molle, Saccharis sp., Cestrum parqui y Muehlenbeckia hastulata tienen una abundancia estimada de presente y las fanerófitas restantes de rara. La especie hemicriptófito Nassella chilensis tiene una abundancia estimada de rara y las especies terófitas de 75 - 100%.

Los stands representan diferentes estados ecosistémicos, dadas sus características ecotópicas y modalidades e intensidad de utilización antrópica, que se pueden expresar en la diversidad de estratas vegetacionales, composición botánica y abundancia de cada especie.

Las diferentes posiciones fisiográficas presentan distintos predomios e intensidad de mecanismo de génesis del suelo, lo que se expresa en diverso tipo de material de constitución. En ladera de cerro y llano (Figura 4-31) se pueden distinguir tres tipos de material predominante: parental, autógeno y alotígeno. En la cumbre, en general predomina el material parental y en ladera de cerro el material autógeno dispuesto en una capa delgada de suelo. El mecanismo de morfogénesis del suelo predomina en posición de piedemonte, existiendo abundante material coluvial-aluvial con dominio coluvial. En posición de llano predomina la pedogénesis observándose, en general, estratas definidas, abundante material aluvial y suelo profundo.

Las quebradas y el cono de deyección, representados en una microcuenca presentan, en general, tres zonas definidas con diferentes características edáficas (Figura 4-32). La zona de eluviación, que corresponde a la cuenca de captación, está constituida por material autógeno y material de constitución del suelo de ladera de cerro y piedemonte. La zona intermedia de conducción es, en general, de superficie reducida y presenta material diverso, principalmente bolones y fragmentos de roca, correspondiendo a la quebrada propiamente tal. Las posiciones de cono de deyección y llano, en general, con pendientes poco pronunciadas o cercanas a cero, están constituidas por material de diferente grosor dispuesto a modo de gradiente, correspondiendo a la zona de iluviación. El cono de deyección superior está caracterizado por el predominio del material grueso, principalmente bolones, fragmento de roca y material arenoso. Los materiales limosos y arcillosos predominan en el cono de deyección inferior y llano, respectivamente.

Las evidencias de la acción antrópica y los estados más representativos del ecosistema de Quillaja saponaria, en las diversas posiciones fisiográficas muestreadas en los stands, se muestran en la Figura 4-33.

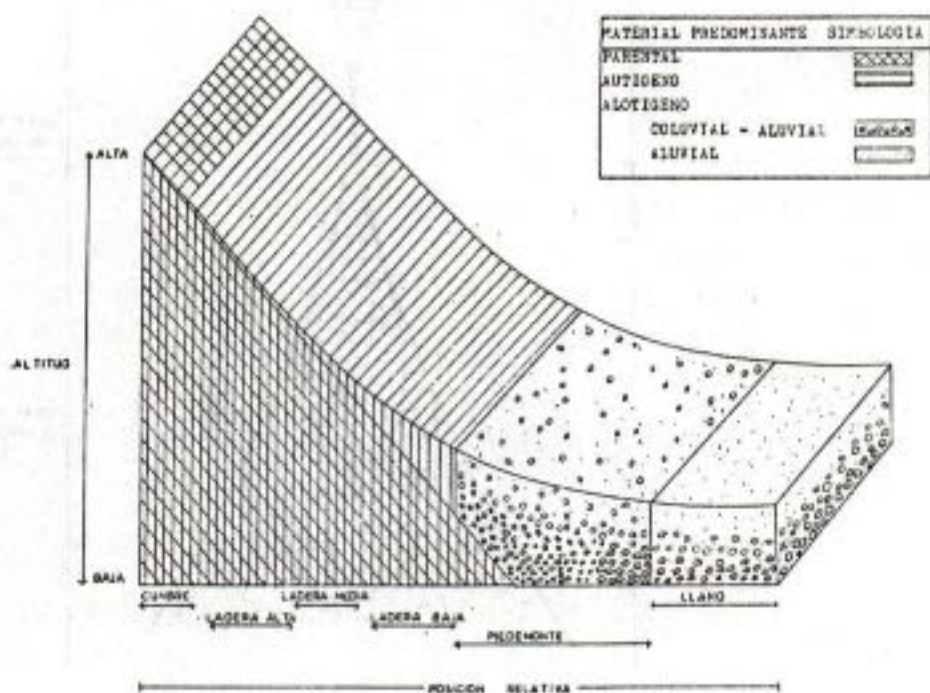


Figura 4-31. Esquema general de la distribución del material de constitución del suelo en diferentes posiciones fisiográficas de ladera de cerro y llano.

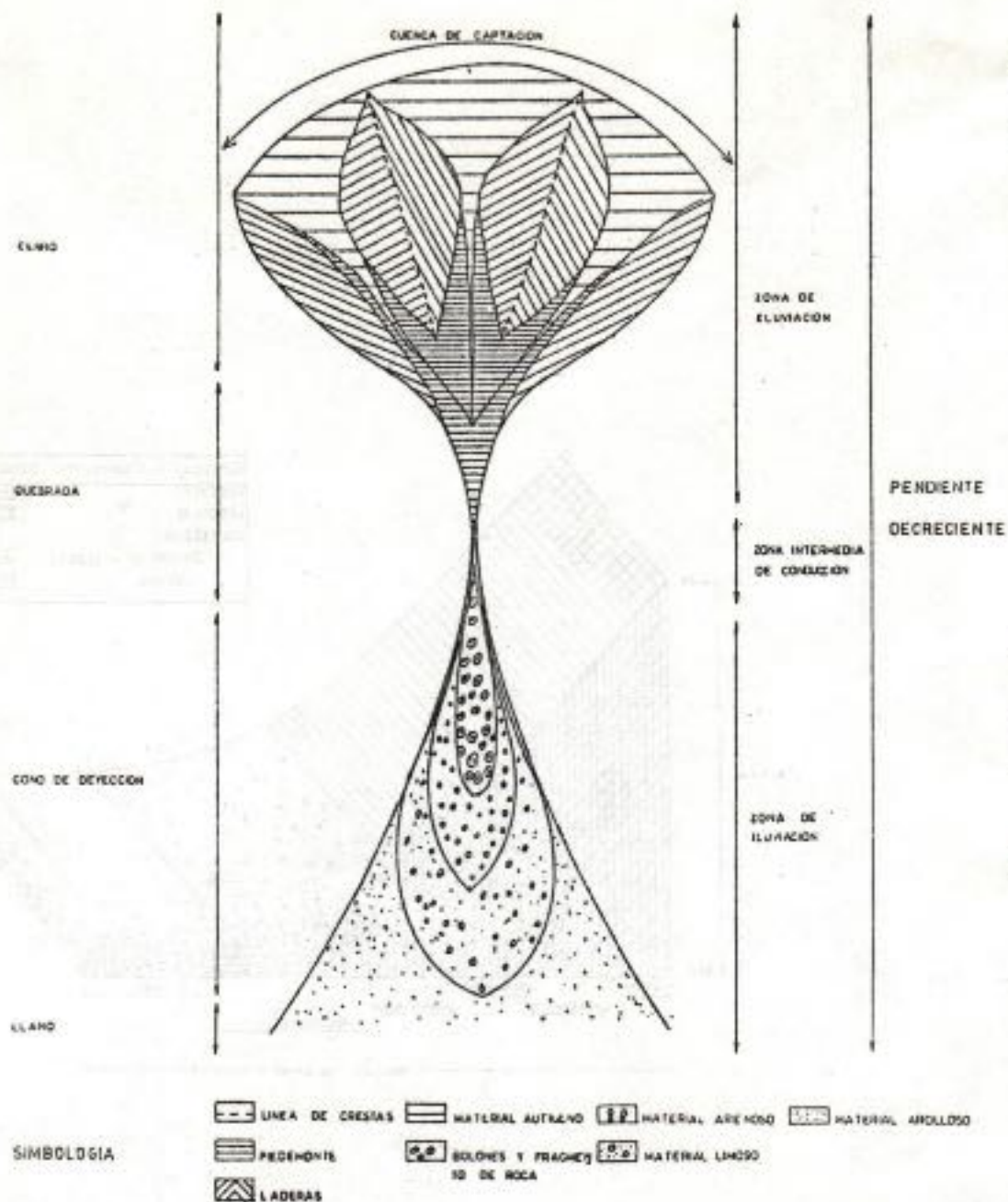
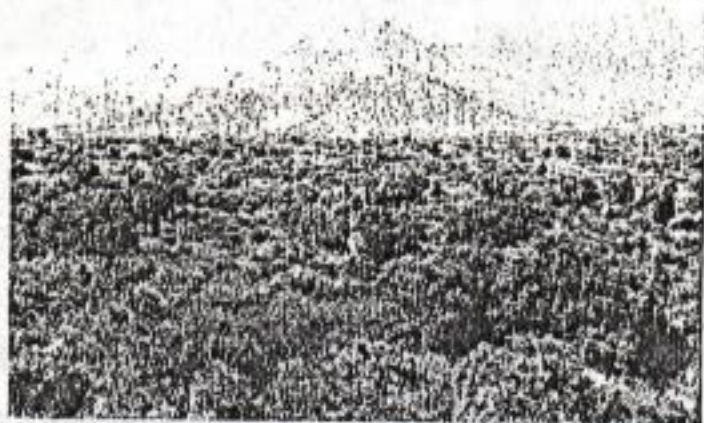


Figura 4-32. Esquema general del gradiente de constitución del material superficial de suelo de una microcuenca con quebrada, cono de deyección y llano.

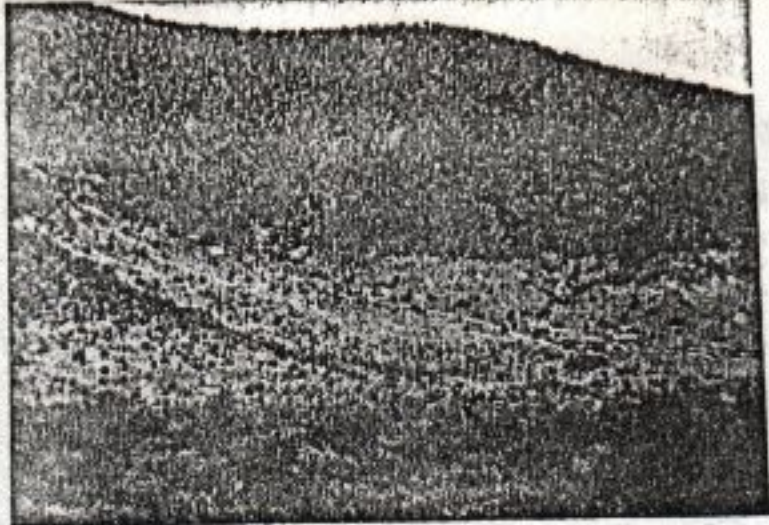
A)



B)



C)



D)



E)



F)



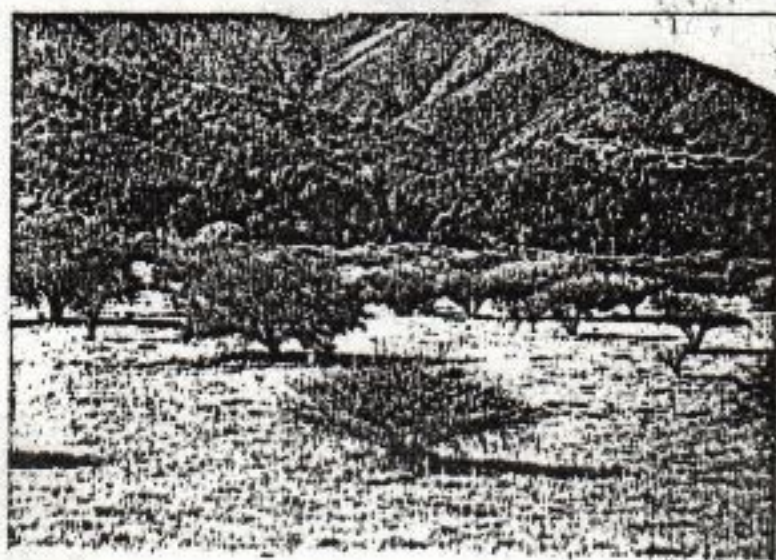
G)



H)



I)



J)



K)



L)

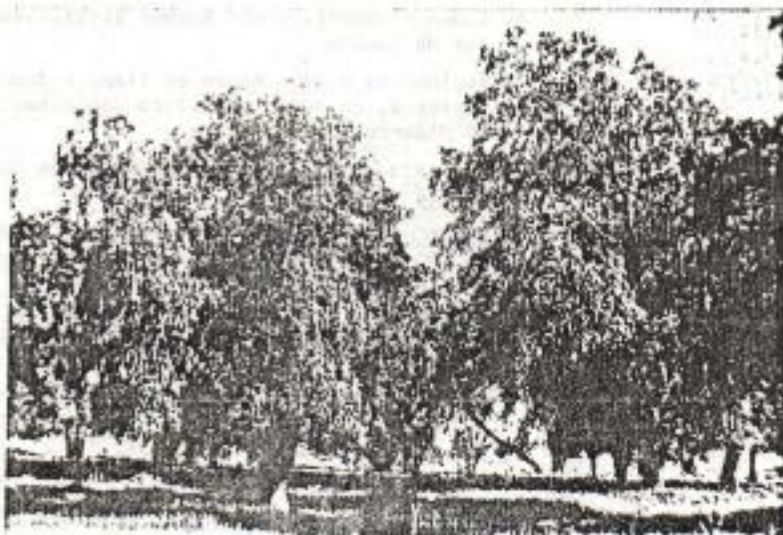


Figura 4-33. Evidencias de la acción antrópica y estados representativos del ecosistema de Quillaja saponaria en diversas posiciones fisiográficas de los stands muestreados y de otros sectores considerados.

- A. Vistas general y parcial de quebrada poco intervenidas en el sector de Lo Prado.
- B. Matorral latifoliado en cono de deyección del sector de Lo Prado. En la mitad superior se observa la ladera de exposición norte.
- C. Cono de deyección y ladera de exposición norte en Lo Prado con cultivos de cereales abandonados en la ladera baja y piedemonte. Se distingue el límite superior del terreno que ha sido cultivado.
- D. Vegetación representativa de ladera media de exposición norte en Lo Prado.
- E. Matorral micro-nanofanerófito con Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Acacia caven y Baccharis sp.
- F. Bosque de Quillaja saponaria y horno de carboneros en el sector de Tiltil.
- G. Individuo muerto de Quillaja saponaria y evidencias de acción antrópica.
- H. Llano mesomórfico con bosque latifoliado en el sector de Zapata.
- I. Espinal de Acacia caven en llano hidromórfico con pastoreo, en suelo granítico depositacional cerca de Algarrobo.
- J. Ladera de exposición sur en Polpaico con espinal de Acacia caven.
- K. Maytenus boaria y Acacia caven en llano hidromórfico con pastoreo, en suelo granítico depositacional cerca de Algarrobo.
- L. Bosque tipo parque de Quillaja saponaria en lonaje de la Cordillera de la Costa, en los alrededores de Algarrobo.

La zona que comprende el sector estudiado, que corresponde aproximadamente a la cuenca de Santiago, presenta diferentes ecosistemas y estados ecosistémicos, dependiendo de las características climáticas, geomorfológicas, fisiográficas y edáficas propias de las regiones naturales en que se puede dividir y del tipo y grado de intervención antrópica realizada en ellos.

Se han considerado fundamentalmente dos tipos de situaciones: aquellos ecosistemas o estados ecosistémicos con presencia o alta probabilidad de encontrar Quillaja saponaria y los ecosistemas o estados ecosistémicos con ausencia o baja probabilidad de encontrar Quillaja saponaria (Figura 4-34). Las regiones se distribuyen longitudinalmente en diferentes proporciones relativas de superficie y la distribución de las principales regiones se muestra en la Figura 4-35. Los estados ecosistémicos dominantes de la Cordillera de la Costa se muestran en la Figura 4-36. Las características fitocenósicas y ecotópicas de la pre-cordillera y cordillera andina se muestran en las Figuras 4-37, 4-38 y 4-39. Los estados ecosistémicos frecuentes de la zona de estudio se muestran en un transecto longitudinal (Figura 4-40).

Ecossistemas con presencia de Quillaja saponaria

Las regiones naturales en las cuales existe mayor probabilidad de encontrar Quillaja saponaria, son las conformadas por suelos graníticos de lomajes, cerros y depositacionales de la Cordillera de la Costa y el coluvio de la Cordillera de los Andes.

Suelos graníticos de la Cordillera de la Costa

Los suelos graníticos de lomajes y cerros presentan su mayor superficie entre los 90 y 106 km ocupando en este sector alrededor de 37% de la superficie total (Figura 4-35). Se observan diferentes estados fitocenósicos determinados fundamentalmente por la posición fisiográfica, la exposición a la luz solar y el tipo y grado de intervención antrópica que corresponde, en general, a diversa intensidad de pastoreo y agricultura en las posiciones de menor pendiente.



Situación	Condición Natural	Simbología	
Ecosistemas con presencia de <u>Quillaja saponaria</u>	Suelos graníticos de lavaje y cerro de la Cordillera de la Costa.		
	Suelos graníticos deposicionales de la Cordillera de la Costa Talud de la Cordillera de Los Andes		
Ecosistemas con ausencia de <u>Quillaja saponaria</u> Condiciones naturales desfavorables	Edáficas	Suelos lacustres orgánicos sin problemas de salinidad Suelos lacustres arenosos con y sin problemas de salinidad.	
	Climáticas	Zona de vegetación estepario andino	
		Zona sin vegetación por altitud.	
	Alto grado de intervención antrópica.	Suelos aluviales de textura media y pesada	
Suelos aluviales de textura ligera.			
Ecosistemas no considerados	Suelos de terrazas marinas de textura liviana y media		
	Suelos de cerro secundario		
	Suelos de cerro no considerados		
	Suelos peninsulares		

Figura 4-34. Regiones naturales de Chile Central entre los paralelos 33° y 34° latitud sur. Se consideran ecosistemas con ausencia o presencia de Quillaja saponaria.

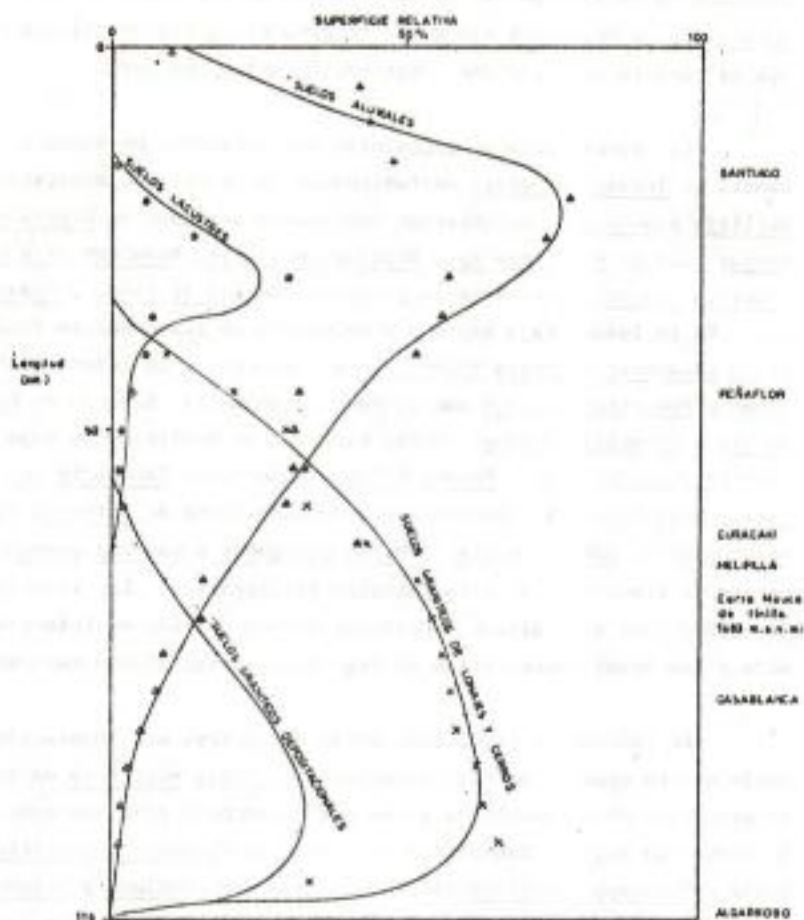


Figura 4-35. Superficie relativa de los principales tipos edáficos entre los paralelos 33° y 34° latitud sur de Chile Central. Se indican algunas localidades representativas de cada sector.

En laderas de exposición sur se observa una vegetación abundante, en términos de cobertura y densidad, con una estrata mesofanerófita de Quillaja saponaria casi siempre presente. La cumbre generalmente bajo los 1.700 msnm, está caracterizada por una asociación de Quillaja saponaria y Trevoa trinervis, que es la especie dominante. Se observan escasos individuos de Acacia caven. La ladera alta presenta características similares a la cumbre, aumentando la abundancia de Quillaja saponaria y la composición botánica varía ligeramente al observarse además, algunos individuos de Baccharis sp. y Podanthus mitiqui. En general, ambas posiciones fisiográficas se caracterizan por una intervención antrópica leve.

La ladera media de exposición sur, presenta un aumento de la abundancia de Trevoa trinervis manteniéndose la estrata de mesofanerófita de Quillaja saponaria. Se observan individuos aislados de Cryptocarya alba, Peumus boldus, Baccharis sp., Eupatorium salvia, Muehlenbeckia hastulata, Proustia pungens, y aumenta la presencia de Acacia caven y Podanthus mitiqui. En la ladera baja hay una disminución de las especies dominantes Quillaja saponaria y Trevoa trinervis con respecto a la ladera media. Acacia caven y Podanthus mitiqui mantienen su abundancia, aumentando Eupatorium salvia y Proustia pungens. Otras especies se mantienen en baja abundancia como Cryptocarya alba y Peumus boldus, aumentando Baccharis sp. y Muehlenbeckia hastulata. Se observan escasos individuos de Lithraea caustica, Maytenus boaria, Schinus molle, Schinus polygamus y Cestrum parqui, los que aumentan la diversidad de esta posición fisiográfica. Las laderas media y baja, sobre todo esta última, presentan un mayor grado de intervención antrópica y las áreas descubiertas de vegetación original son mayores.

En laderas de exposición norte se observa una vegetación menos abundante que en exposición sur, existiendo Quillaja saponaria en toda la ladera pero como microfanerófita y con una abundancia relativamente escasa. En la cumbre la especie fanerófita dominante es Flourensia thurifera y es abundante Colliguaya odorifera asociada a Puya berteroniana y Trichocereus chilensis en menor abundancia. Se observan ejemplares aislados de Lithraea caustica.

En ladera alta se mantienen similares las características fitocenóticas de la cumbre, siendo dominante Flourensia thurifera. Trichocereus chilensis se presenta al igual que Quillaja saponaria, pero no en forma significativa. Se observan algunos individuos de Podanthus mitiqui. Las modificaciones fitocenóticas son graduales en ladera media donde domina Colliguaya odorifera y disminuye notoriamente la presencia de Flourensia thurifera. También disminuyen su abundancia Trichocereus chilensis y Puya berteroniana. Lithraea caustica se observa presente y son frecuentes Baccharis sp., Po-

danthus nitiqui y algunos individuos de Trevoa trinervis.

Estas posiciones fisiográficas en general presentan un grado de intervención antrópica con aumento gradual desde cumbre a ladera media. Corresponde fundamentalmente a una intervención del tipo pastoreo.

En ladera baja de exposición norte aumenta la riqueza de especies pero la abundancia disminuye, observándose grandes áreas descubiertas de la vegetación fanerófita original. En algunos sectores principalmente hacia la costa, se observa como especie dominante, en esta posición fisiográfica, a Cassia clossiana, existiendo numerosos individuos de Colliguaya odorifera que en otros sectores es dominante. Quillaja saponaria es frecuente y las especies fanerófitas asociadas y con menor abundancia son Schinus molle, Schinus polygamus, Peumus boldus, Maytenus boaria, Lithraea caustica, Cryptocarya alba, Baccharis sp., Cestrum parqui, Muehlenbeckia hastulata, Podanthus nitiqui y Trevoa trinervis.

La estrata herbácea en exposición norte está dominada por la hemi-criptófita Nassella chilensis que tiene su mayor abundancia en ladera alta y media. Las especies terófitas aumentan su cobertura desde cumbre a piede monte y son dominantes Avena barbata, Bromus mollis, Koeleria phleoides, Trisetobromus hirtus y Vulpia dertonensis.

En situaciones de quebradas, en general, poco intervenidas, domina Cryptocarya alba. En el curso superior de la quebrada acompañan a esta especie Peumus boldus y en menor abundancia Quillaja saponaria. Hay una ausencia de especies fanerófitas de menor tamaño. El curso inferior presenta una mayor riqueza de especies y estratas, manteniéndose la dominancia de estas mesofanerófitas. Se observan algunos individuos de Acacia caven, Maytenus boaria, Lithraea caustica, Salix chilensis, Trevoa trinervis, Schinus molle, Schinus polygamus, Baccharis sp., Azara petiolaris y Cestrum parqui.

En la boca de quebrada hay menor abundancia de Cryptocarya alba y Peumus boldus. Aumentan las especies microfanerófitas Acacia caven, Maytenus boaria, Salix chilensis, Trevoa trinervis y Baccharis sp. Las fanerófitas restantes mantienen su baja abundancia, existiendo, además, individuos de Kageneckia oblonga, Muehlenbeckia hastulata y Proustia pungens.

La hemi-criptófita Nassella chilensis se presenta ocasionalmente y las terófitas tienden a aumentar su cobertura hacia la boca de quebrada dominando Erodium moschatum, Erodium malacoide y Loasa triloba.

El grado de intervención antrópica está evidenciado por signos de

pastoreo, aumentando de intensidad hacia la boca de quebrada aunque en un nivel moderado.

Es frecuente observar desviaciones del cauce de la quebrada que terminan en vegas o donde existe mal drenaje interno y poca pendiente. En estos sectores es común la presencia de Salix chilensis, Myrceugenia sp. y Maytenus boaria.

En los lomajes de la Cordillera de la Costa es frecuente observar sabanas de Quillaja saponaria. Acacia caven y Baccharis sp. se observan a menudo en esta posición fisiográfica y Cestrum parqui, Schinus molle, Schinus polygamus, Maytenus boaria, Peumus boldus y Muehlenbeckia hastulata son menos abundantes. En situación entre lomaje, donde se ha formado suelo por lavado de material y existen condiciones de mal drenaje, dominan Maytenus boaria y Acacia caven. En general, en estos sectores, es alta la intervención antrópica siendo el terreno dedicado principalmente a pastoreo.

Los suelos graníticos depositacionales alcanzan su máximo de superficie relativa entre los 100 y 110 km (Figura 4-35) y presentan diferentes estados fitocenósicos determinados fundamentalmente por las características de drenaje del suelo y el grado de intervención antrópica. Son generalmente suelos de buen drenaje, pendiente leve y el tipo y grado de intervención antrópica es intenso y en general heterogéneo, dependiendo de las características edáficas.

Los conos de deyección presentan una gran riqueza de especies fanerófitas, siendo dominados por Acacia caven, Baccharis sp., Quillaja saponaria, Lithraea caustica y Peumus boldus. El cono de deyección superior presenta, en general, una vegetación menos intervenida antrópicamente. Así, si bien la riqueza de especies y las especies componentes son similares en el cono de deyección inferior aumentan en abundancia Acacia caven, Baccharis sp. y Muehlenbeckia hastulata, en tanto que Peumus boldus, Lithraea caustica y Quillaja saponaria disminuyen.

Otras especies presentes en los conos de deyección, aunque en menor abundancia, son Schinus molle, Cryptocarya alba, Azara petiolaris, Schinus polygamus, Trevoa trinervis, Cestrum parqui, Kageneckia oblonga, Podanthus mitiqui, Perlieria chilensis y Proustia pungens. La estrata herbácea está caracterizada por las hemicriptófitas Nassella chilensis, que es poco frecuente, siendo las terófitas dominantes Vulpia dertonensis, Erodium lacoides y Clarkia tenella.

Dado lo heterogéneo de la intervención antrópica es posible encon-

trar bosques con mesofanerófitas tales como Quillaja saponaria, Lithraea caustica y Peumus boldus, renovales arbustivos de Atriplex repanda, cultivos agrícolas, etc., coexistiendo en los conos.

Los piedemontes con suelos graníticos depositacionales presentan en general, una baja abundancia de especies fanerófitas nativas, manteniendo una alta riqueza de especies. Es una situación o estado similar a los conos de deyección, presentando también características equivalentes de intervención antrópica.

Trevoa trinervis es dominante en los sectores costeros en piedemontes asociados a exposición sur y Cassia clossiana es más propia de piedemonte de exposición norte. Las restantes fanerófitas son las mismas que se presentan en los conos, existiendo en menor abundancia asociadas a una mayor intensidad de intervención antrópica.

La estrata herbácea presenta como dominante a Koeleria phleoides y Vulpia dertonensis con algunas variaciones en la composición botánica, dependiendo si están asociadas a exposición norte o sur. La hemicriptófito Nassella chilensis se presenta ocasionalmente en piedemontes asociados a exposición norte.

Es frecuente encontrar en posición de piedemonte y parte de ladera baja, diferentes estados fisionómicos del espinal casi puro de Acacia caven asociado a condiciones de pastoreo intensivo. Otros antecedentes de intervención indican que muchos de estos sectores han sido arados o son ocupados actualmente por algún tipo de cultivo.

La posición fisiográfica de llano con suelos graníticos depositacionales de la Cordillera de la Costa es la más intervenida antrópicamente. Dada la existencia de suelo profundo de buen drenaje, se practica fundamentalmente la agricultura y también ganadería.

Las especies nativas fanerófitas más abundantes en estos sectores son Acacia caven y Baccharis sp., en tanto que Quillaja saponaria se encuentra muy ocasionalmente y como sabana. En suelos depositacionales de llano con mal drenaje, predominan Acacia caven y Maytenus boaria. También se observan individuos de Muehlenbeckia hastulata, Schinus molle y Schinus polyganus en menor proporción.

La estrata herbácea presenta una alta riqueza de especies dominando Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus, Erodium malacoide, Medicago polymorpha, Erodium moschatum, Hipochoeris radicata, Trifolium glomerata, Con-

volvulus arvensis, Trifolium filiforme y Avena barbata.

Los estados más frecuentemente observados en la zona de la Cordillera de la Costa se muestran en la Figura 4-36.

Coluvio de la Cordillera de los Andes

En las zonas de coluvio de la Cordillera de los Andes es posible observar Quillaja saponaria y la estrata arbórea en general hasta los 1.700 msnm aproximadamente. Son sectores con intervención antrópica moderada.

Las características de la vegetación están relacionadas con la variación de la proporción de las geoformas en el gradiente altitudinal y por las variaciones fisiográficas y edáficas de exposición de cada altitud (Figuras 4-37 y 4-38).

Hasta los 1.700 msnm tiende a aumentar la proporción de cerros siendo la geoforma dominante desde los 800 msnm. Las proporciones de talud y roca viva aumentan levemente hasta los 1.700 msnm, donde empiezan a ser importantes en términos de superficie relativa. La superficie de vega también se incrementa gradualmente con la altitud y alcanza en los 1.800 msnm su máxima expresión.

De acuerdo a la posición fisiográfica, altitud y exposición, la vegetación presenta asociaciones de especies dominantes diferentes. Los tipos vegetacionales se ubican fundamentalmente en el valle y piedemontes. Las laderas de los cerros presentan similitudes con los de la Cordillera de la Costa.

En piedemontes de exposición sur, hasta los 1.300 msnm, domina Cryptocarya alba y Quillaja saponaria. Desde los 1.500 msnm no se observa una especie dominante, coexistiendo diversas especies arbóreas y Chuquiraga oppositifolia hasta los 1.800 msnm desde donde esta última domina hasta los 2.400 msnm sin presencia de especies arbóreas.

En piedemontes de exposición norte y de valle domina Quillaja saponaria hasta los 1.350 msnm. Colliguaya odorifera y Kagenackia oblonga se presentan junto con Quillaja saponaria sobre esta altitud tendiendo a desaparecer esta última sobre los 1.500 msnm. Sobre los 1.750 msnm domina Valenzuela trinervis y sobre los 2.000 msnm Chuquiraga oppositifolia.

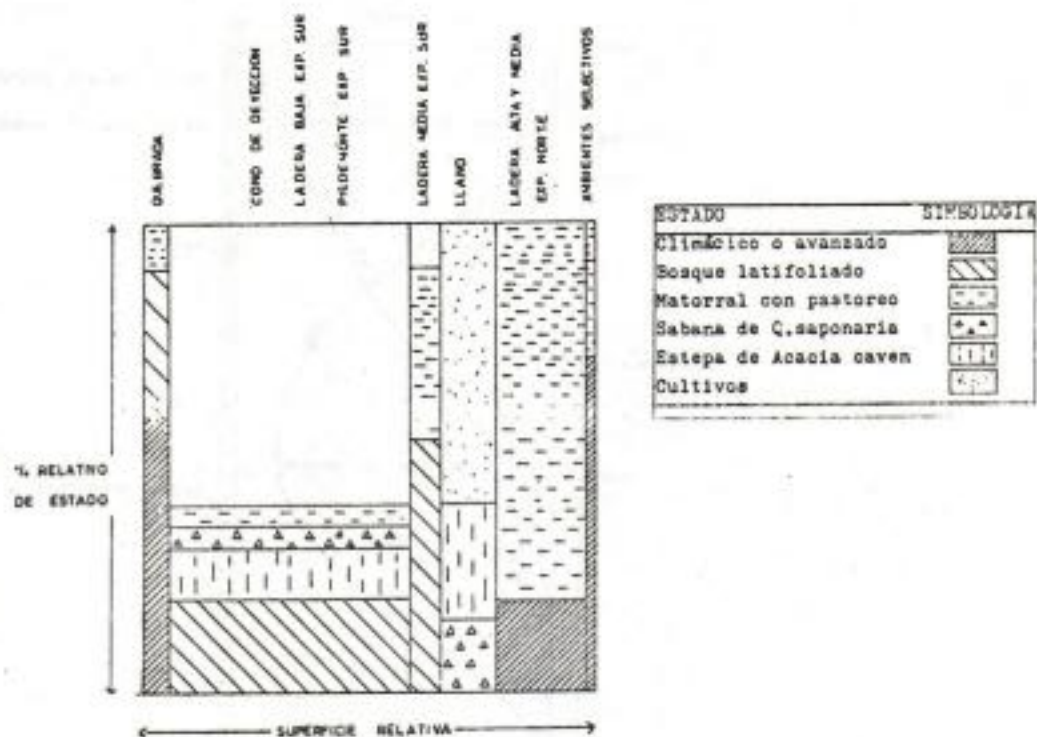


Figura 4-36. Estados ecosistémicos más frecuentes en diferentes posiciones fisiográficas de la Cordillera de la Costa.

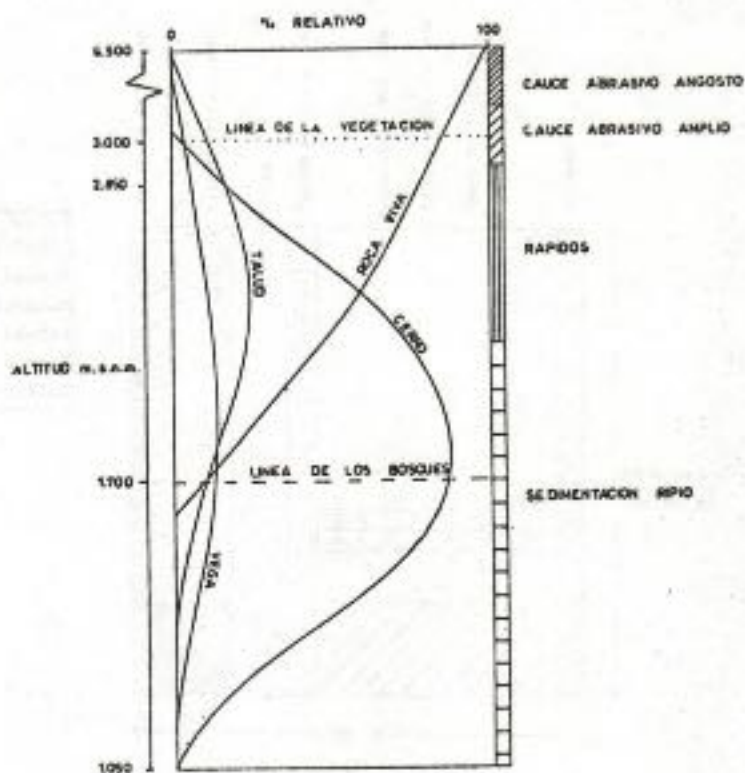


Figura 4-37. Esquema de gradiente altitudinal de los principales componentes del ecotopo en laderas de exposición norte y sur, en el coluvio de la Cordillera de los Andes en el Cajón del Maipo.

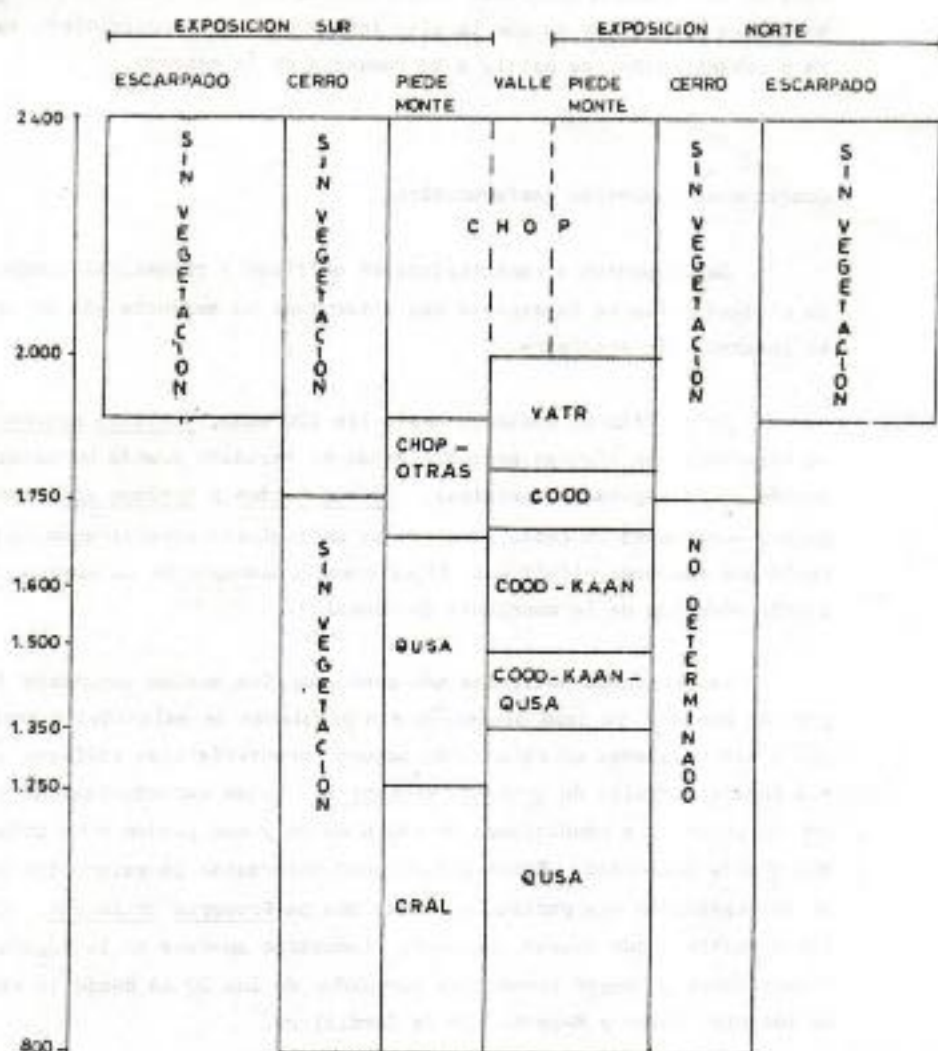


Figura 4-38. Geoformas más relevantes del coluvio de la Cordillera de los Andes en el Cajón del Maipo y especies fanerófitas dominantes. CRAL: *Cryptocarya alba*; QUSA: *Quillaja saponaria*; KAAAN: *Kageneckia angustifolia*; COOD: *Colliguaya odorifera*; VATR: *Valenzuela trinervis*; CHOP: *Chuquiraga oppositifolia*.

Estos ecosistemas se pueden separar en dos grupos: aquellos en que existen condiciones naturales desfavorables para la existencia de Quillaja saponaria y aquellos en que la alta intervención, principalmente agricultura y urbanización, se asocia a la ausencia de la especie.

Condiciones naturales desfavorables

Corresponden a características edáficas y climáticas inadecuadas para el desarrollo de la especie que determinan su ausencia aún si no existe se intervención antrópica.

En el litoral costero, hasta los 100 msnm, Quillaja saponaria está ausente salvo en algunos sectores donde ha invadido cuando ha existido remoción de la vegetación original. Peumus boldus y Schinus spp. son las especies dominantes en estas condiciones ambientales determinadas fundamentalmente por factores climáticos tales como el aumento de la pluviosidad y la acción moderada de la corriente de Humboldt.

Las regiones naturales que conforman los suelos lacustres de la depresión central ya sean orgánicas sin problemas de salinidad o arcillosas con o sin problemas de salinidad, poseen características edáficas que limitan la distribución de Quillaja saponaria. Estas características corresponden en general, a condiciones de mal drenaje y que pueden o no estar asociadas a alta salinidad. Estas situaciones determinan la existencia de un tipo de vegetación muy particular donde domina Prosopis chilensis. La superficie relativa que ocupan los suelos lacustres aparece en la Figura 4-34, observándose la mayor proporción alrededor de los 30 km desde la emergencia de los ríos Maipo y Mapocho de la Cordillera.

Las regiones naturales que tienen como limitante al clima para el desarrollo de Quillaja saponaria y la estrata arbórea en general, está comprendida aproximadamente entre los 1.700 msnm y 3.000 msnm correspondiendo los límites a la línea de los bosques y a línea de la vegetación respectivamente.

Estas regiones, fundamentalmente andinas, a diferencia del resto del sistema no poseen un clima de tipo mediterráneo, variando las condiciones de temperatura y precipitación. Se caracteriza por veranos secos y calurosos e inviernos fríos asoleados con abundantes precipitaciones pluviales y nivales.

El patrón vegetacional está determinado en estas regiones también por las variaciones proporcionales de las características geomorfológicas en el gradiente altitudinal y por las variaciones fisiográficas y edáficas locales en cada altitud.

La proporción de las geoformas varía con la altitud entre los 1.700 y 3.000 msnm, se caracteriza por el predominio de los escarpados con roca viva, una alta proporción de cerros y de talud, siendo la zona donde alcanza su máxima expresión y una superficie importante ocupada por vegas andinas.

Las terrazas riparias, si bien son insignificantes en términos de superficie relativa, son importantes en relación a la vegetación, observándose generalmente una vegetación abundante y característica de estas altitudes.

El perfil transversal fisiográfico en estas altitudes (Figura 4-39) está constituido por una cumbre de roca viva escarpada que continúa en un talud de pendiente pronunciada caracterizados por ausencia de vegetación. El piedemonte presenta condiciones edáficas favorables para el desarrollo de la vegetación, al igual que la terraza riparia, en términos que reemplaza o caracteriza a la proporción de valle, disminuyendo con la altitud, siendo mínimo en el sector.

La vegetación existente presenta variaciones de acuerdo a estas características, localizándose fundamentalmente en el piedemonte y terraza riparia o valle. Las especies dominantes son Valenzuela trinervis y Colliguaya odorifera en los sectores de altitud. Existe alguna variación dependiendo de la exposición y posición fisiográfica hasta los 2.000 msnm. Chuquiraga oppositifolia se localiza predominantemente en exposición sur y Valenzuela trinervis en exposición norte y valle. Sobre los 2.000 m domina Chuquiraga oppositifolia tanto en exposición norte, valle y exposición sur. Los escarpados y cerros presentan vegetación dada sus características de fuerte pendiente y material constituyente del suelo que corresponde a roca o material poco desarrollado. Sobre los 3.000 msnm en general, hay ausencia de vegetación correspondiendo a la zona de las nieves persistentes y rocas.

Ecosistemas con alta intervención antrópica

Las regiones naturales que comprenden los suelos aluviales de textura media y pesada y los suelos aluviales de textura liviana, son áreas con

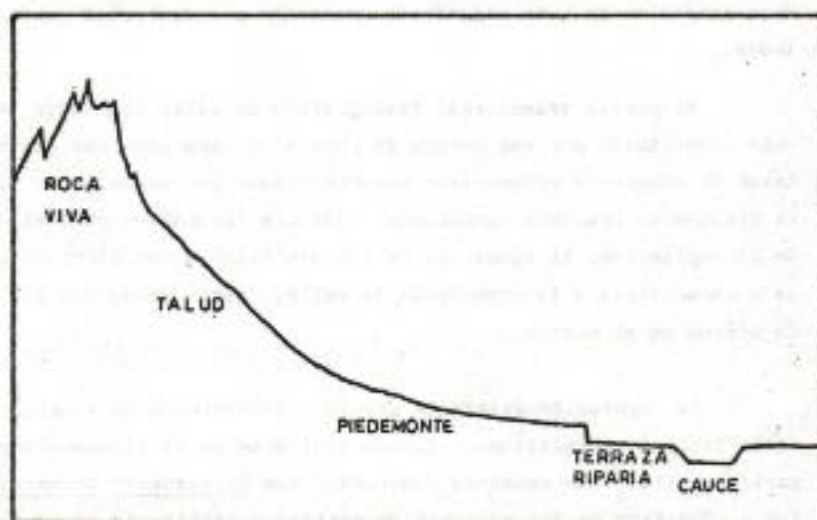


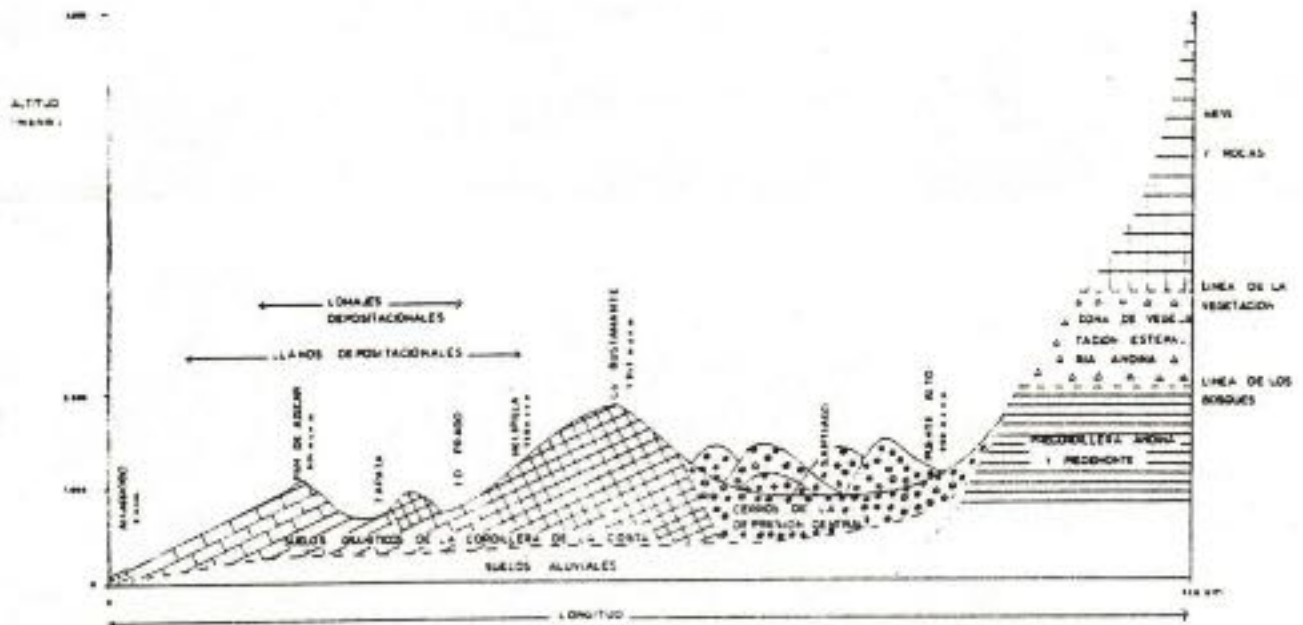
Figura 4-39. Esquema del perfil transversal del coluvio de la Cordillera de los Andes, en el Cajón del Maipo, sobre 2.400 msnm.

alta intervención antrópica donde, en general, no se observa Quillaja saponaria.

Los suelos aluviales predominan en la depresión central en esta latitud con una superficie relativa que varía desde la emergencia de los ríos Mapocho de la Cordillera hasta la desembocadura de éstos en el Océano Pacífico. La mayor proporción la ocupa en los primeros 40 km alcanzando el máximo a los 20 km de la salida de la Cordillera de los Andes y disminuyendo su proporción hacia la costa. Se ubican siguiendo el curso de los ríos Maipo y Mapocho.

Los suelos aluviales se caracterizan por presentar diferentes texturas y condición de drenaje que abarcan todo el gradiente posible. Presentan una pendiente aproximada a 0% y se ubican, en general, en una altitud que varía en los 800 msnm y los 0 msnm, pero predominan en los 400 msnm aproximadamente. En general, son suelos que favorecen la práctica de la agricultura y la población humana se ha establecido predominantemente en estos sectores. La práctica intensiva de la agricultura y el gran desarrollo del proceso de urbanización han determinado las características de alta intervención antrópica que distinguen a estas regiones naturales.

Los estados ecosistémicos más frecuentes de la zona de estudio se muestran en la Figura 4-40.



SIMBOLOGIA : Estados ecosistémicos y especies dominantes	
	Ecosistemas artificializados. Ausencia de <i>Quillaja saponaria</i> (Solo en algunos sectores de la cuenca).
	Zona de nieve permanente. Ausencia de vegetación.
	Estados poco intervenidos. Vegetación artusitivo: con <i>Scaevola sp. portifolia</i> y otras en piedemonte y valle. Ausencia de <i>Q. saponaria</i> .
	No considerado.
	Litoral con ausencia de <i>Quillaja saponaria</i> .
	Bosque y matorral latifoliado en ladera media y alta. Quebradas con <i>Cryptocarya alba</i> y <i>Quillaja saponaria</i> como invasora en diferentes posiciones fisiográficas.
	Praderas cultivadas. Sabana de <i>Quillaja saponaria</i> y estepa de <i>Lycium caven</i> en llano depositacional y piedemonte.
	Praderas y cultivos en lomas con <i>Quillaja saponaria</i> , <i>Martynia torresiana</i> y <i>Schinus molle</i> .
	Estados dinámicos frecuentes. <i>Quillaja saponaria</i> codominante en ladera baja y piedemonte.

Figura 4-40. Transecto longitudinal generalizado entre los paralelos 33° y 34° latitud sur, en Chile central, con geomorfomas y estados ecosistémicos dominantes. Se indican algunas localidades representativas de cada sector.

V. DISCUSION

ESTADO Y CAMBIO DE ESTADO DE Quillaja saponaria

Los estados de Quillaja saponaria, sean individuales o poblacionales son diversos, dependiendo de limitantes ambientales y antrópicas que lo afecten y del rango de variabilidad inherente a la especie.

Los ejemplares adultos presentan un amplio rango de variación en las magnitudes de las variables de arquitectura dependiendo de las características climáticas, de posición fisiográfica, de exposición a la radiación solar, edáficas, de competencia inter e intraespecíficas y de manejo antrópico en que se desarrollen. Los individuos de mayor tamaño observados corresponden a los presentes en el coluvio de la Cordillera de los Andes, en posición de piedemonte, y laderas bajas de exposición sur, piedemontes, conos de deyección mesonórficos y llanos de la Cordillera de la Costa. Los de menor tamaño se observan en laderas de exposición norte y conos de deyección xéricos. En la parcela 8, de llano en el sector de Zapata, los individuos pueden alcanzar una estatura de 21,86 m y 23,75 m de diámetro de copa y en la parcela 13, en ladera de exposición norte, la estatura promedio de individuos adultos es de 5,00 m y el diámetro promedio de copa es de 6,50 m. En general, en condiciones más favorables se presentan como mesofanerófitos y en situaciones de mayor adversidad ambiental como microfanerófitos.

El perímetro de tronco a la altura del pecho y el diámetro del tronco a la altura de la base están relacionados con la estatura y el diámetro de la copa. Los individuos de mayor estatura y diámetro de copa presentan un perímetro del tronco a la altura del pecho que puede alcanzar 4,36 m y un diámetro a la altura de la base de 2,80 m, tal como ocurre en la parcela 8. Algunos individuos de Quillaja saponaria presentan una tendencia marcada a la dominancia apical, la que se acentúa cuando es mayor la densidad poblacional. Esta situación se observa en la parcela 2 donde la densidad poblacional es de 76,99 ind/ha, y en la parcela 11 con 196,67 ind/ha.

La eliminación de la competencia inter e intraespecífica y la existencia de suelos profundos genera un incremento notorio del tamaño de los ejemplares y, en general, la poda y manejo de la vegetación competitiva latifoliada determinan un buen desarrollo de la planta adulta. La parcela 8 presenta estas características, con una distancia promedio entre individuos

de 51,61 m con una desviación estándar de 20,01 m, y los ejemplares pueden alcanzar un volumen de planta de 9.684,20 m³.

El número de ramificaciones principales y el diámetro o área de rebrote que presentan los individuos o las poblaciones de Quillaja saponaria constituyen un índice de manejo antrópico. Un buen manejo con poda se traduce en escasas ramificaciones, una o dos, de diámetro bien desarrollado, lo que se puede observar en las parcelas 2, 6, 7, 8 y 9 que presentan entre 1,00 y 1,78 ramificaciones principales/ind. Un gran número de ramificaciones principales indican sobreexplotación del sistema, situación que se presenta en la parcela 10 con 4,60 ramificaciones principales/ind. La intervención antrópica mediante tala o poda genera la emisión de nuevos brotes y ramificaciones como respuesta morfofisiológica de la especie. El mayor área de rebrote se observa en la parcela 2 con 11,52 m²/ind. y 886,92 m²/ha, asociado a una alta intensidad de utilización.

Los estados ecosistémicos están determinados por características naturales y antrópicas que definen la probabilidad de establecimiento y permanencia de las poblaciones de la especie. La presencia de plántulas en estos sistemas se presenta asociada a la existencia de una fuente de semillas o plantas adultas y a una cana de semillas apropiada lo que implica la presencia de mantillo natural, interferencia positiva con otras especies y remoción del suelo. Para que la plántula se desarrolle se requiere protección contra el ganado y ausencia de competencia. La producción de semillas de plantas aisladas es muy alta y la remoción del suelo en sus alrededores es un mecanismo efectivo de natalidad de plántulas.

La parcela 2 presenta un alto número de plántulas que corresponden a 4,77 plántulas por individuos y 357,45 plántulas/ha y la parcela 7 a 8,25 plántulas/ind. y 56,78 plántulas/ha. En estas parcelas existe simultáneamente una fuente de semillas importante y una adecuada cana de semillas.

En general, bajo la copa de Quillaja saponaria existen condiciones favorables para la germinación de semillas, pero no para el establecimiento de plántulas. La parcela 9 presenta individuos de edad, estimada a través de su tamaño relativo, muy diversa o multietáneos, lo que indica que la población ha tenido las condiciones apropiadas, tanto para la germinación de las semillas como para el establecimiento y desarrollo de las plántulas, permitiendo su expansión. Resulta frecuente observar, en estos casos, ejemplares jóvenes de Quillaja saponaria desarrollándose bajo o entre la copa de individuos de Acacia caven, los que conforman una protección contra el ganado.

La ausencia de condiciones adecuadas para la germinación, estable-

cimiento y desarrollo de plántulas genera la existencia de poblaciones con individuos coetáneos. La parcela 1 y, principalmente, la parcela 8 presentan poblaciones con individuos coetáneos y maduros. La persistencia de condiciones desfavorables para la dinámica de renovación poblacional conduce a la sobreaduración de la población aumentando la probabilidad de extinción.

Los ambientes alterados, libres de competencia, son susceptibles de ser invadidos por la especie, dado que presentan condiciones adecuadas para las fases de eccepción y agregación de la dinámica vegetacional. La capacidad migratoria de Quillaja saponaria, condicionada por la producción de semillas y su dispersión por el viento, se expresa en los nichos, habitats y territorios desocupados y genera, así, su distribución dentro de los límites impuestos por la adversidad ambiental.

La distribución de Quillaja saponaria está determinada por condiciones naturales climáticas, geomorfológicas, fisiográficas, edáficas y por condiciones artificiales de intervención antrópica.

Las variaciones espaciales de la especie se relacionan con gradientes ambientales de diverso tipo. A grandes rasgos, Quillaja saponaria se encuentra en estas latitudes en condiciones climáticas de precipitación variada, asociada a diferentes situaciones geomorfológicas. Así, sobre los 800 mm anuales de precipitación se observa, en general, que está presente preponderantemente en laderas de exposición norte, y en suelos de mayor sequedad. En estas condiciones, en la Cordillera de la Costa, en exposición sur se observa, con frecuencia Nothofagus glauca, invadiendo posteriormente Lithraea caustica, Peumus boldus, etc. Con 300 mm de precipitación anual, en cambio, se observa Quillaja saponaria en laderas de exposición sur y con menos de 250 mm en los llanos con aportes hídricos externos. En general, no acepta exceso de agua, no observándose en ambientes hidromórficos.

En los suelos lacustres orgánicos y arcillosos, los que se asocian a problemas de mal drenaje y, en algunos casos, a exceso de salinidad, Quillaja saponaria no está presente.

En los suelos aluviales de la depresión central tampoco se observa Quillaja saponaria, región que se caracteriza por alta intervención antrópica. En la Cordillera de los Andes, fundamentalmente sobre los 1.700 msnm, la ausencia de Quillaja saponaria está asociada a las condiciones climáticas de altas precipitaciones pluviales y nivales en invierno y veranos calurosos y secos. Sobre 3.000 msnm pueden presentarse nieves persistentes, caracterizándose por ausencia de vegetación.

La especie es observada fundamentalmente en el coluvio de la Cordillera de los Andes hasta los 1.700 msnm y en los suelos graníticos depositacionales y de lomaje y cerros de la Cordillera de la Costa. En esta última región está presente en prácticamente todas las posiciones fisiográficas y en diversos estados y abundancia.

Quillaja saponaria, en el matorral latifoliado de la Cordillera de la Costa, existe mezclada con distintas especies, dentro del cual, en general, no predomina. Sólo ocasionalmente existe como bosque denso casi puro, como se observa en el stand 2 de cono de deyección inferior de Tilti, donde presenta una abundancia estimada de 25-50%. En diversas posiciones fisiográficas Quillaja saponaria está subordinada, ausente o codomina.

En ladera de exposición sur se encuentra asociada Trevoa trinervis, que es la especie dominante, como se observa en el stand 2 de Lo Prado. En los conos de deyección se observan diferentes asociaciones de Quillaja saponaria y otras fanerófitas. En el sector de Lo Prado codomina con Peunus boldus y Lithraea caustica como se observa en el stand 2 y en otros casos se agrega Acacia caven, situación que se observa en el stand del sector de Zapata. En los estados ecosistémicos en que el matorral latifoliado está más intervenido es frecuente la asociación Quillaja saponaria, Baccharis sp. y Muehlenbeckia hastulata lo que se observa en el stand 1 del sector de Tilti pudiendo estar presente también Lithraea caustica, Acacia caven y Portulicaria chilensis.

En los llanos y lomajes es frecuente encontrar Quillaja saponaria como sabana y asociada a Acacia caven y Maytenus boaria como se observa en el stand 2 del sector de Zapata. Las especies Flourensia thurifera y Colliguaya odorifera dominan en ladera de exposición norte y en estos sectores Quillaja saponaria presenta una abundancia estimada baja, presentándose como subordinada. Esta situación se observa en el stand 2 del sector de Zapata donde está presente con una abundancia estimada de <5%. En otros sectores Quillaja saponaria está ausente, tal como ocurre en el stand 5 de cono de deyección inferior, en Tilti, correspondiendo a un área de reciente abandono postcultivo, donde domina Baccharis sp. coexistiendo con Acacia caven.

Sistemogénesis de los ecosistemas de Quillaja saponaria

En el presente subcapítulo se plantean y discuten las hipótesis sistemogénicas de los ecosistemas caracterizados por la presencia de Qui-

llaja esponaria en la región de la cuenca de Santiago. Los ecosistemas están predominantemente ubicados en los suelos graníticos depositacionales y de lonajes y cerros de la Cordillera de la Costa y están determinados, principalmente, por su posición fisiográfica y características edáficas.

Las hipótesis planteadas se fundamentan en los aspectos considerados en la revisión bibliográfica y en los resultados obtenidos en terreno por observación o medición directa.

El proceso de transformación ecosistémica se plantea a través de la elaboración de algoritmos expresados en diagramas de flujo. Esto implica el establecimiento de rutas y operadores funcionales que permiten alcanzar los diferentes estados. Además, permite pronosticar el cambio de estado considerando que el estado resultante es una consecuencia probabilística de la aplicación de un operador funcional, del estado inicial y/o de las tendencias sucesionales.

La sistenogénesis o proceso de cambio de estado ecosistémico se plantea para diferentes posiciones fisiográficas y de exposición a la radiación en la Cordillera de la Costa. Se consideran principalmente las situaciones de quebrada, llano, ladera alta y ladera media de exposición norte, ladera media de exposición sur, cono de deyección, piedemonte y ladera de exposición sur y ladera baja y piedemonte de exposición norte.

Estados y atractores climáticos

En el esclarecimiento del proceso sistenogénico resulta fundamental considerar la sucesión ecológica. La dinámica sucesional, sea primaria o secundaria, tiende hacia un límite o estado meta final denominado clímax (Terradas, 1971), caracterizado como una unidad estable del ecosistema.

Se postula como estado clímax al bosque mesofanerófito de Cryptocarya alba, en diversas posiciones fisiográficas tales como conos de deyección, piedemonte y laderas bajas de exposición sur, y quebradas. Donde la intervención antrópica ha sido leve, es posible observar estados de bosques de Cryptocarya alba casi puros como es el caso de las quebradas de Lo Prado representadas en el stand 1 del sector. En aquellos ecosistemas más intervenidos de cono de deyección, piedemontes y laderas bajas de exposición sur, es frecuente observar ejemplares aislados de la especie climática asociada a otras especies, estando ausente en la mayoría de los casos. Los estados actuales de estas posiciones se observan en el stand 1 de Zapata, stands y

parcelas del sector de Tiltit y stands 1, 2, 3 y parcela 9 de Lo Prado.

En otros sectores fisiográficos, donde las condiciones son más xéricas, tales como piedemontes y laderas bajas de exposición norte y ladera media de exposición sur, se postula al bosque de Lithraea caustica como estado climácico. La especie ha sido intensamente explotada y sólo ocasionalmente es posible observar estados de bosque casi puro, principalmente en sectores de difícil acceso para el hombre. El stand 3 del sector de Zapata representa un estado frecuentemente observado de piedemonte y ladera baja de exposición norte y la parcela 10 y stand 1 de Lo Prado, de estado de ladera media de exposición sur.

En ladera alta de exposición norte se postula un clímax biestratificado de nanofanerófitas y hemicriptófitas, correspondiendo a las especies Flourensia thurifera y Nassella chilensis respectivamente. En ladera media la especie climácica nanofanerófitas es Colliguaya odorifera que está asociada a Nassella chilensis conformando un estado climácico también biestratificado. El estado más frecuentemente observado está representado por el stand 3 de Zapata.

El llano de la Cordillera de la Costa corresponde a un sector altamente intervenido y la evidencia de posibles estados climácicos es escasa. Se postula, con estas limitaciones, un estado climácico de hemicriptófitas, fundamentalmente Nassella chilensis. La especie actualmente se encuentra subordinada en laderas de exposición norte no observándose, en general en los llanos. Las parcelas 8 y 11 y el stand 3 del sector de Zapata representan algunos estados actuales de los llanos de la Cordillera de la Costa. Palacios (1980) postula a la pradera de gramíneas perennes como un estado climácico alternativo en la sucesión de Acacia caven, en los llanos de la zona mesocórfica.

Los clímaxes propuestos anteriormente corresponden a las posiciones fisiográficas que ocupan la mayor parte de la superficie de los suelos graníticos de la Cordillera de la Costa. En situaciones muy particulares es frecuente observar otros estados que, dadas las condiciones edáficas, pueden corresponder a clímaxes, careciéndose, sin embargo, de evidencia sólida, ya sea de observación directa o de fuentes bibliográficas, que permitan interpretarlo con cierta certeza como tales.

En laderas altas y cumbres de ladera de exposición sur, se encuentra ocasionalmente Colliguaya odorifera. La especie en general, se encuentra en lugares muy específicos, siendo más frecuente en ladera media de exposición norte, lo que puede indicar que no correspondería a una espe-

cie invasora, sino climática. Las evidencias, sin embargo, son débiles como para plantear formalmente un estado climático de Colliguaya odorifera en ladera alta y cumbre de exposición sur.

Los suelos ubicados entre lomajes son generalmente profundos y con problemas de drenaje, siendo frecuente observar aquí Maytenus boaria y Acacia caven. En ladera de exposición norte, en condiciones xéricas extremas, con abundante afloramiento de material rocoso, son probablemente Puya berteroniana y Trichocereus chilensis las especies representativas de un estado sucesional avanzado o climático. Ambas especies aparecen estrechamente relacionadas a este tipo de ambiente. En sectores xeromórficos y de ripio en los conos de deyección, se observa frecuentemente Porlieria chilensis y Proustia pungens. Son sectores poco intervenidos actualmente y estas especies pueden corresponder a especies avanzadas o previas al estado climático. En los suelos hidromórficos del cono de deyección Salix chilensis, Dryas winteri y Myrceugenia sp. son las más frecuentes, siendo Salix chilensis plantado generalmente. Corresponden a áreas restringidas donde probablemente esta comunidad pueda poseer características de estado hidromórfico previo al clímax.

Dada las características fuertemente selectivas de los ambientes mencionados anteriormente, se consideran como situaciones especiales y los estados presentes difieren de los más característicos de las fisiografías respectivas correspondiendo, en general, a sectores de escasa extensión.

Retrogradación y estados de artificialización

La retrogradación es el proceso de sentido contrario a la sucesión ecológica, que aleja al ecosistema del estado climático y puede ser originada en forma natural o artificial. El estado artificializado final que se alcanza, depende del estado inicial, de los objetivos antrópicos y del tipo y magnitud de los operadores o estímulos causales. Las causas de la retrogradación del ecosistema corresponde, en este caso, fundamentalmente a motivos de manejo antrópico del recurso natural.

Las modificaciones antrópicas inferidas al ecosistema persiguen dos objetivos fundamentales: incrementar la productividad neta de la biocenosis y canalizar la producción de energía hacia productos exportables del ecosistema que sean de interés antrópico. El primer objetivo se consigue comúnmente reduciendo y simplificando las fitocenosis con lo cual disminuye el

consumo de energía para la mantención del sistema. El reemplazo de los consumidores primarios naturales por ganado y el reemplazo de la vegetación natural por cultivos, permiten el segundo objetivo. La reducción en la vegetación determina la simplificación de las estratas, lo que ofrece mayor disponibilidad de energía aprovechable por el consumidor primario (Oliveros y Gastó, 1971).

Al proceso de cambio de estado del ecosistema inducido antrópicamente para lograr estados de alta productividad se les denomina artificialización y pueden obedecer a objetivos de producción agrícola, ganadera o forestal (Prado, 1983).

Los operadores de artificialización determinan, entre otros, los estados de cultivos agrícolas, forestales, arbustivos forrajeros o pratenses y sistemas agro-pastorales que pueden culminar en los respectivos estados diaclimáticos mediante la práctica de silvicultura o ecocultivo. Los cultivos, en general, requieren de la remoción de la biocenosis original o de la roturación y habilitación del suelo como operadores iniciales. Para obtener el estado de cultivo en los cuatro casos, es necesaria la implantación de las especies deseadas.

Los estados de cultivo requieren de la aplicación de operadores antrópicos de mantención en diversa intensidad y frecuencia, dependiendo del tipo de cultivo, para permanecer como tales. Estas características, además de su diversidad, estructura por edades en el caso de especies leñosas, periodicidad de carga y descarga y otras, hacen que sean considerados como estados sucesionales pioneros. Los cultivos agrícolas pueden alternarse en la rotación cultural con cultivos pratenses.

El ecosistema puede ser transformado en cultivo forestal mediante la implantación de especies nativas tales como Quillaja saponaria, Maytenus boaria, Schinus molle, Peunus boldus y Lithraea caustica o bien, introducidas como Pinus radiata, Eucalyptus globulus y Quercus suber. En sistemas de cultivos arbustivos las especies más frecuentemente observadas son forrajeras tales como Atriplex repanda, Atriplex canescens y Atriplex nummularia. Los cultivos agrícolas corresponden principalmente a cereales y legumbres y en los estados de pradera especies frecuentes son Phalaris tuberosa y Trifolium subterraneum.

Los climaxes de bosques, ya sea de Lithraea caustica o Cryptocarya alba, pueden ser transformados fundamentalmente y retrogradados por la acción de operadores de artificialización. El manejo del bosque mediante la silvicultura, determina la existencia de un desclimax forestal con la caracte-

terística de alta estabilidad, que lo constituyen un atractor principal. Cuando el estado climácico sufre la remoción de los mejores ejemplares, del ecosistema, llega a un estado de bosque floreado. Las alternativas de tala completa de los ejemplares y la aplicación de fuego y posterior desmonte y limpieza, conducen a un estado de terreno descubierto de vegetación y limpio. Este estado corresponde a la máxima retrogradación directa al aplicar se un operador antrópico.

Las acciones antrópicas pueden transformar el ecosistema en diversos estados de producción agrícola o ganadera. El estado de terreno descubierto de vegetación ofrece diferentes opciones de artificialización, dependiendo de las características edafoclimáticas, especialmente de la posición fisiográfica. Estas opciones pueden corresponder a estados de cultivo, pudiendo ser forestales, forrajeros, pratense o agrícola que presentan opciones de implantación de diversas especies y que incluyen a las más exitosas en la zona. En conos de deyección, piedemontes y laderas bajas, tanto de exposición norte como sur, las opciones son análogas. El ecosistema puede ser transformado en un cultivo forestal, mediante el trasplante. Alternativamente, se pueden cultivar arbustos forrajeros, como se observa en la parcela 4 de cono de deyección inferior plantado con *A. repanda*, y ambas situaciones, mediante el ecocultivo, pueden terminar en un estado disclimácico de mayor estabilidad.

Las opciones de manejo antrópico son roturar el terreno y establecer cultivos agrícolas o pratenses. Es frecuente la práctica de rotación agropastoral y tanto el cultivo agrícola como el cultivo pratense pueden concluir en estados disclimácicos mediante el ecocultivo.

Las situaciones de quebradas son, en general, sectores poco intervenidos, que no presentan frecuentemente estados muy retrogradados. La constitución de las quebradas corresponde a la intersección de dos laderas de cerro, a menudo con pendiente pronunciada, que conforman el cauce o quebrada propiamente tal que permite el acurrimiento de agua ya sea con régimen permanente o intermitente estacional, dependiendo de la frecuencia de los aportes hídricos externos y de la capacidad de retención del suelo. La conjunción de estas características determina fragilidad, escaso aluvio y un espacio de artificialización reducido. Es posible observar en estas posiciones estados sucesionales avanzados con características climácicas, tal como ocurre en el stand 1 del sector de Lo Prado, no observándose, en general, sistemas de cultivo.

Los climáces biestratificados de ladera alta y media de exposición norte, están en general, expuestos a operadores menos severos en términos

de la fitocenosis total. Debido a sus características xeromórficas de suelo delgado y pendiente pronunciada, las opciones de artificialización son pocas. En general, el operador de retrogradación es el de sobrepastoreo que en casos extremos, puede conducir a la desaparición de la estrata hemicriptófita de *Nassella chilensis*. Los procesos de artificialización determinan en estas posiciones, fundamentalmente estados de sistemas pastorales.

El llano corresponde a la posición fisiográfica con mayor intensidad de aplicación de operadores antrópicos donde la especie climática postulada, *Nassella chilensis*, está prácticamente ausente. El operador regresivo más frecuentemente utilizado ha sido el sobrepastoreo que puede conducir, primeramente, a un estado de pradera degradada y, posteriormente, a un terreno descubierto de vegetación. Los operadores de artificialización transforman al ecosistema, principalmente, en cultivos agrícolas, prateras o arbustivos forrajeros.

La aplicación de operadores antrópicos, sean regresivos o de artificialización, deja susceptible al ecosistema a procesos retrogradativos naturales debido a que el cambio de estado producido expone, eventualmente, al suelo a la acción de factores ambientales y ecotópicos que determinan el proceso de desertificación. Los cambios de estados que implican la degradación de la biocenosis presentan, por lo tanto, procesos erosivos, pérdida de fertilidad y otros fenómenos regresivos que conducen a la destrucción del ecotopo y posteriormente al Agri deserti, que corresponde al estado final de la desertificación iniciada por una acción antrópica. El Agri deserti, en su estado regresivo extremo, posee características análogas a los estados iniciales de las praderas.

La acción antrópica, sobre diversos estados sucesionales o subseriales, puede determinar estados donde se conserva la vegetación nativa en distintos grados de alteración correspondiendo fundamentalmente a sistemas pastorales o de extracción parcial de la vegetación. Estos estados corresponden a los más frecuentes de la zona y presentan distintas fisionomías y composición botánica dependiendo de su posición fisiográfica.

En ladera media y baja de exposición sur el estado más frecuentemente observado es el de una comunidad pluriestratificada con dominancia de *Quillaja saponaria* y *Trevoa trinervis*. Esta situación se observa en el stand 2 de Lo Prado y en las parcelas 9 y 10. Eventualmente, en ladera baja de posición sur, se observa el estado de estepa de *Acacia caven*, con una estrata herbácea bien desarrollada. En ladera media y alta de exposición norte son frecuentes los estados biestratificados de *Flourensia thurifera* y *Nassella chilensis* y de *Baccharis* sp., como ocurre en el stand 3 del sector

de Zapata. Ocasionalmente, se observan especies microfanerófitas, principalmente Quillaja saponaria, Lithraea caustica y Peunus boldus. En los sectores más xéricos de estas posiciones dominan Puya berteroniana y Trichocereus chilensis. En ladera baja de exposición norte es frecuente el estado de pradera anual con nanofanerófitas, principalmente Muehlenbeckia hastulata, Baccharis sp. y Acacia caven. Cassia clossiana es más importante en los sectores costeros.

En los llanos, los estados más frecuentes son los de sabana de Quillaja saponaria y Maytenus boaria y estepa de Acacia caven que pueden corresponder a estados disclimáticos de sistemas pastorales, con una estrata herbácea importante donde domina Trisetobromus hirtus, Erodium spp., Koeberia phleoides y otras. La parcela B presenta un estado de sabana de Quillaja saponaria con terófitas anuales.

Los conos de deyección presentan una gran diversidad de estados que corresponden, fundamentalmente, al matorral latifoliado con diferente composición botánica. Estos estados están representados en las parcelas 1, 2, 3 y 5 y stands 1, 2, 3 y 5 de Tiltit, stand 3 de Lo Prado y stand 1 del sector de Zapata. Las especies más frecuentes son Quillaja saponaria, Lithraea caustica, Peunus boldus y Schinus spp. La pradera natural con nanofanerófitas es otro estado frecuente, siendo dominantes Acacia caven, Muehlenbeckia hastulata y Baccharis sp.

Sucesión secundaria y estado subserales

La sucesión secundaria o subsera es el conjunto de estados y operadores naturales que conducen al sistema hacia el estado climático. Corresponde al proceso iniciado posteriormente al cese de la acción de un operador natural o antrópico de retrogradación o de artificialización y se caracteriza por la existencia de un sustrato ya formado. La existencia de semillas u otros órganos reproductivos y comunidades vecinas en etapas sucesionales avanzadas, que son fuente de propágulos, permiten un retorno relativamente rápido a etapas más avanzadas (Margalef, 1977; Kershaw, 1964). Las tendencias generales y uniformes del proceso subseral, junto al hecho de que el estado de un ecosistema depende de su estado anterior, determinan que el proceso sea predecible.

La base empírica para el estudio de la sucesión secundaria y ordenamiento temporal de los estados consiste en la observación de etapas sucesionales y en la interpretación de sus diferencias, basadas en los atributos

de cada etapa y en las tendencias generales ya conocidas y que constituyen el fundamento teórico del estudio sucesional. El conjunto de comunidades que se sustituyen unas a otras, en un área determinada, tiende hacia estados de mayor equilibrio con el medio y a una estabilidad creciente del sistema, determinando cambios en su fisionomía, principalmente, por el proceso de estratificación. El proceso de estratificación observado en la sucesión secundaria es indicativo de la evolución del ecosistema hacia estados más avanzados, los cuales presentan mayor estabilidad y producción bruta y una menor productividad neta utilizable por el hombre. El estudio comparado de dos estados diferentes de una misma sucesión, aún en el supuesto de no conocer cual precede a cual, permite en muchos casos determinar su secuencia correcta (Margalef, 1977). Las diferencias fisionómicas y estructurales entre estados están dados, principalmente, por el tipo, número y dominancia de estratos vegetacionales y su composición de especies y abundancia. La dilucidación, comprensión y postulación de la subserie es el resultado de procesos iterativos de análisis y síntesis de los aspectos descriptivos e interpretativos. Si bien la metodología empleada no permite esclarecer los detalles del proceso subseral, constituye un argumento sólido para su formulación hipotética general.

La sucesión secundaria puede iniciarse a partir de diversos estados de retrogradación antrópica del ecosistema. La zona presenta una gran variedad de estados susceptibles de desencadenar el proceso y en cada posición fisiográfica se observan estados característicos que se repiten con mayor frecuencia que otros. El proceso retrogradativo no corresponde exactamente a la sucesión invertida, por lo que los estados utilizados como evidencia no son, en sentido estricto, estados sucesionales menos maduros, si bien pueden contener sus características más fundamentales. La consideración de estos estados como puntos críticos y su ordenación en el tiempo permiten postular la secuencia de un proceso que es de naturaleza continua.

Los estados de terreno descubierto de vegetación y de cultivo agrícola, cuando se dejan de intervenir, son invadidos por especies terófitas pioneras, pertenecientes principalmente a las familias Crucíferas y Botagináceas. Ansinckia hispida, Raphanus sativus y diversas especies de los géneros Ayra, Brisa y Plantago, dominan en el estado de pradera pionera (Olivares y Gastó, 1971), y permanecen formando comunidades densas, a menudo monófitas, en las cuales otras especies son de escasa significación. En un período corto, en general no superior a cinco años, Erodium cicutarium se hace dominante (Olivares y Gastó, 1971) y posteriormente invaden Gnaphalium ramosum, Oxalis australis, Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus y Clarkia tenella, conformándose, así, el estado de pradera avanzada de terófitas. Estas etapas del proceso subseral son, en general, frecuentes en los

conos de deyección, piedemontes, llanos y laderas bajas, posteriores a un estado de cultivo.

La evolución continua del sustrato edáfico, ofrece condiciones favorables para la introducción de otras especies.

La invasión de nanofanerófitas tales como Acacia cavendishii, Muehlenbeckia hastulata y Baccharis sp. determinan el estado de pradera avanzada con nanofanerófitas. En sectores costeros es importante, en esta etapa, Cassia clossiana. Los estados que caracterizan esta etapa se observan frecuentemente en la zona. en su estado más avanzado corresponde a una estrata nanofanerófitas predominantemente monófitas, cuya composición botánica depende del estado inicial, y a una estrata herbácea dominada por Vulpia dertonensis, Trisetobromus hirtus y Erodium spp. En la parcela 5 se observa un estado característico de esta etapa, presentando Baccharis spp. un valor relativo de importancia total de 162,66 y los valores relativos de fitomasa en la estrata herbácea son para Vulpia dertonensis 25,85%; Erodium malacoides 15,08%, Erodium botrys 12,93%, Erodium cicutarium 12,93% y Trisetobromus hirtus 5,33%.

Las opciones del estado de pradera avanzada con nanofanerófitas convergen en un matorral micro-nanofanerófito denso donde dominan Acacia cavendishii y Proustia pungens, estando además presentes Baccharis sp., Solanum tomatillo y otras especies de menor significación. Un estado avanzado de esta etapa se observa en la parcela 12, donde la estrata microfanerófitas presenta un valor relativo de importancia de 196,35 y está compuesta de Acacia cavendishii y Proustia pungens.

En posición de llano, la etapa siguiente se caracteriza por la invasión de gramíneas perennes que concluye en el estado de pradera de hemicriptófitas postulada como climácica para esta posición fisiográfica. Los fundamentos empíricos de esta etapa son débiles dado que el alto grado de intervención antrópica en estos sectores ha generado estados artificializados donde las hemicriptófitas están prácticamente ausentes.

En los conos de deyección laderas bajas y piedemontes el matorral micro-nanofanerófito denso converge en el estado microfanerófito latifoliado caracterizado, en general, por la presencia de Quillaja saponaria, Peumus boldus, Schinus polygamus, Schinus molle, Lithraea caustica, Maytenus boaria y otras. La abundancia relativa de estas especies depende de la posición fisiográfica y el estado es frecuente en la zona, principalmente en conos de deyección. En los stands 3 del sector de Tiltitil, 3 del sector de Lo Prado y 1 de Zapata y en la parcela 3 están representados diversos estados

de esta etapa, evidenciándose la dominancia de la estrata microfanerófita.

La etapa siguiente está caracterizada, en estas posiciones, por el estado de bosque latifoliado, en el cual es evidente, en general, la tendencia a la disminución de la riqueza de especies y al desarrollo de la estrata mesofanerófita. Las especies dominantes son Peucephyia boldus, Quillaja saponaria, Lithraea caustica y Cryptocarya alba. Estos estados se observan a menudo en el curso inferior de las quebradas donde la intervención antrópica es moderada permitiendo el desarrollo de etapas subserales más avanzadas.

Eventualmente, se observan estratas mesofanerófitas de Quillaja saponaria dominante como ocurre en el stand 2 del sector de Tiltil y en la parcela 2. La etapa siguiente es la convergencia del bosque latifoliado con diferente dominancia de especies, en los estados climáticos de cada posición fisiográfica. En ladera baja y piedemonte de exposición norte el estado climático corresponde al bosque de Lithraea caustica. El bosque de Cryptocarya alba corresponde al estado climático de conos de deyección, laderas bajas y piedemontes de exposición sur y quebrada. En el stand 1 del sector Lo Prado, fundamentalmente en el curso superior de la quebrada, se observa un estado avanzado de esta etapa, con características climáticas, siendo la abundancia estimada de Cryptocarya alba de 75 - 100%. Sin embargo, en general los estados avanzados o climáticos son poco frecuentes en la zona, observándose sólo ocasionalmente relictos de bosques de Lithraea caustica o Cryptocarya alba.

El proceso y las etapas subserales presentan diferencias en las distintas posiciones fisiográficas, fundamentalmente en la composición botánica, alguna de las cuales resultan más evidentes. En ladera de exposición sur, en general en toda su extensión, pero fundamentalmente en la ladera media, la etapa de pradera natural con nanofanerófitas está caracterizada por la presencia de Trevoa trinervis y Eupatorium salvia. Un estado más avanzado es el matorral micro-nanofanerófito denso en el que domina Trevoa trinervis, presentándose predominantemente como microfanerófita. Este estado se observa en el stand 2 de Lo Prado y en las parcelas 9 y 10 en las cuales Trevoa trinervis presenta un valor relativo de importancia total de 112,32 y 166,03, respectivamente. Corresponden, en general, a estados avanzados observándose ejemplares mesofanerófitos, fundamentalmente de Quillaja saponaria. Las etapas y estados siguientes en esta posición fisiográfica son análogas a las descritas para otras posiciones ya consideradas y el estado climático es el bosque de Lithraea caustica.

En ladera alta y media de exposición norte el proceso subseral ha sido menos estudiado. En las etapas pioneras tienen un rol importante Puya

berteroniana y Trichocereus chilensis. Estos estados se observan con frecuencia fundamentalmente en áreas xeromórficas con afloramiento rocoso, donde pueden constituir etapas subserales avanzadas. Una etapa posterior está caracterizada por el matorral nanofanerófito de Colliguaya odorifera y Flourensia thurifera. En ladera media este estado converge en el matorral nanofanerófito de C. odorifera y en ladera alta en el matorral nanofanerófito de F. thurifera. Ambos estados concluyen en los respectivos estados climácicos biestratificados con Nassella chilensis en la estrata hemicriptófito. En el stand 3 de Zapata se observan estados subserales avanzados de estas posiciones fisiográficas. En forma eventual, fundamentalmente en ladera media, existen ejemplares aislados de Quillaja saponaria de tamaño reducido.

El proceso subseral ocurre en algunos sectores de escasa extensión con características bien definidas. En posiciones xéricas principalmente de conos de deyección superior, en etapas subserales intermedias, son importantes Porlieria chilensis y Proustia pungens pudiendo, en algunos casos, corresponder a etapas avanzadas. En sectores hidromórficos, los estados de matorral microfanerófito están dominados por Myrceugenia sp., Drynis winteri y Salix chilensis.

En general, la sucesión secundaria puede comenzar a partir de cualquier estado retrogradado. Corresponden, a menudo, a los estados más frecuentemente observados en la zona, donde los operadores antrópicos de mantención actúan en forma sostenida generando estados disclimácicos.

HIPOTESIS SISTEMOGENICAS

Cono de deyección, piedemonte y ladera baja de exposición sur

La hipótesis sistemogénica de los ecosistemas de cono de deyección, piedemonte y ladera baja de exposición sur, se muestra en la Figura 5-1.

Se postula como estado climácico al bosque de Cryptocarya alba en estas posiciones fisiográficas. Dada la alta intervención antrópica en estos sectores, en general, sólo se observan ejemplares aislados de la especie y en la mayoría de los casos está ausente.

Los operadores retrogradativos antrópicos pueden determinar un estado de bosque floreado de Cryptocarya alba mediante la remoción de los sejo-

res ejemplares. La tala completa del bosque o la aplicación de fuego y posterior desmonte y limpieza, finalizan en el estado de terreno descubierto de vegetación.

Los ecosistemas de estas posiciones fisiográficas presentan gran diversidad de opciones de artificialización y se observa un alto grado de intervención antrópica. El estado de terreno descubierto y limpio, tiene dos alternativas de artificialización, en primera instancia. Una de ellas es la implantación de especies forestales nativas o introducidas, lográndose los estados arbustivos de cultivo forestal o arbustivo forrajero. La otra alternativa es la roturación del terreno y su habilitación para la inplantación de cultivos agrícolas o pretenses.

Los cultivos ya sean forestales y forrajeros, pratenses o agrícolas, mediante el operador ecocultivo, pueden finalizar en los estados disclínicos respectivos.

Cuando los estados logrados por la artificialización del ecosistema no tienen un manejo conservacionista, este operador conduce al estado de biocenosis degradada. La posterior acción del operador regresivo natural, en este caso desertificación, determina la destrucción del ecotopo con presencia de cárcavas, lo que puede concluir en un estado Agri deserti.

El cese de la acción de los operadores regresivos y de artificialización permite el inicio del proceso de sucesión secundaria. Los estados pioneros subserales se caracterizan por la diversidad de especies terófitas a partir de un estado de terreno descubierto, de vegetación o de cultivo agrícola abandonado. El estado inicial corresponde al de pradera pionera de terófitas con crucíferas y boragináceas donde están presentes las especies Amsinckia hispida, Raphanus sativus, Plantago tunida, Aira caryophila y Brisa minor. La roturación del suelo y la implantación de especies retornan al sistema al estado de cultivo y eventualmente se puede establecer la rotación agropastoral. Un estado posterior es el de pradera avanzada de terófitas donde son frecuentes las especies del género Erodium, Trisetobromus hirtus, Oxalis australis, Clarkia tenella, Vulpia dertonensis y Gnaphalium ranobum.

La etapa siguiente se caracteriza por la invasión de especies nano fanerófitas, ya sea Acacia caven, Baccharis sp. o Nuehlenbeckia hastulata, dependiendo de las condiciones iniciales.

Estos estados de pradera natural con fanerófitas convergen sucesionalmente en un estado de matorral micro-nanofanerófito denso que presenta

gran riqueza de especies, siendo frecuentes Acacia caven, Baccharis sp., Trevoa trinervis, Proustia pungens, Podanthus mitiqui, Eupatorium salvia y Acacia caven, como se observa en la parcela 9 y en general en el sector del túnel Lo Prado. Perlleria chilensis, Proustia pungens y Baccharis sp. son frecuentes en los conos de deyección, principalmente en los sectores más xélicos.

El estado de matorral micro-nanofanerófito denso puede alcanzar un estado sucesional más avanzado que corresponde al matorral latifoliado microfanerófito. Se caracteriza por la presencia de ejemplares microfanerófitos de Schinus polygamus, Schinus molle, Maytenus boaria, Quillaja saponaria, Lithraea caustica y otras especies menos frecuentes. La estrata subordinada de nanofanerófitas presenta una gran riqueza de especies, si bien son poco abundantes. Este estado se observa en el cono de deyección del sector de Tiltit en la parcela 3.

El estado de renoval de bosque de Cryptocarya alba es un estado avanzado intermedio originado a partir del bosque floreado de Cryptocarya alba. Este estado converge sucesionalmente con el matorral microfanerófito latifoliado en el bosque latifoliado caracterizado por la dominancia de la estrata mesofanerófito compuesta principalmente por Peumus boldus, Lithraea caustica y Quillaja saponaria. Este estado se observa en los conos de deyección de los sectores de Zapata y Lo Prado. El pastoreo y desmonte selectivo de la pradera avanzada de terófitas puede culminar en el estado disclímax de pradera natural. La práctica de silvicultura puede determinar estados disclímax de las especies Peumus boldus, Lithraea caustica y Quillaja saponaria, a partir de estados sucesionales avanzados. Un estado equiva-lente a disclímax de Quillaja saponaria se observa en el cono de deyección del sector de Tiltit, en la parcela 2 y en los alrededores de Algarrobo. El estado de bosque latifoliado puede concluir en un estado de bosque de Cryptocarya alba que corresponde al clímax propuesto para estas posiciones fisiográficas.

Los operadores antrópicos pueden actuar a partir de cualquier estado subseral, concluyendo con sistemas retrogradados o artificializados. La diversidad de opciones de estado de los ecosistemas determinan gran heterogeneidad del paisaje en estas posiciones fisiográficas.

Quebrada

La hipótesis sistemogénica de los ecosistemas de quebrada se muestra en la Figura 5-2. Se postula un estado climático de bosque de Cryptocarya

alba con características similares a los estados ecosistémicos observados en la mayoría de las quebradas de la región. Los operadores antrópicos de retrogradación tienen escasa significación. Los operadores antrópicos de retrogradación tienen escasa significación, lo que ha conservado a estos estados en forma relativamente inalterada, o con intervención moderada.

Cuando opera la intervención antrópica de tala selectiva de ejemplares, se obtiene un estado de bosque floreado de Cryptocarya alba y la tala completa determina el estado de bosque talado de la especie. La utilización del fuego transforma al ecosistema en un bosque quemado y el posterior desmonte y limpieza finaliza en un estado de terreno descubierto de vegetación y limpio. El estado disclimático de Cryptocarya alba se logra aplicando el operador de silvicultura a partir del bosque clímax o de bosque floreado.

La sucesión secundaria comienza a operar cuando cesa la retrogradación de los operadores antrópicos. Un estado sucesional pionero frecuentemente observado es el matorral de nanofanerófitas que se presenta con dominio de Cestrum parqui o de Acacia caven en ambientes más xeromórficos.

Ambas opciones de estado convergen en el matorral altifoliado caracterizado por la presencia de Schinus polygamus, Schinus molle, Maytenus boaria y Quillaja saponaria. La etapa siguiente corresponde al bosque latifoliado con Quillaja saponaria, Peumus boldus y Lithraea caustica, que puede originarse también a partir del renewal de bosque de Cryptocarya alba.

Un estado sucesional más avanzado es el de bosque latifoliado donde la estrata mesofanerófitas está compuesta por Peumus boldus, Lithraea caustica y Quillaja saponaria y algunos ejemplares aislados de Cryptocarya alba, el cual puede, eventualmente, finalizar en el clímax.

Cuando los estados antrópicamente intervenidos no son manejados con un criterio conservacionista, se produce la degradación de la biocenosis. El estado de biocenosis degradada queda expuesto al proceso de desertificación y puede concluir en un Agri deserti.

Ladera media de exposición sur

La hipótesis sistemogénica de los ecosistemas de ladera media de exposición sur aparece en la Figura 5-3. Se postula un bosque clímax de Lithraea caustica siendo escasa la evidencia. En situaciones poco interveni

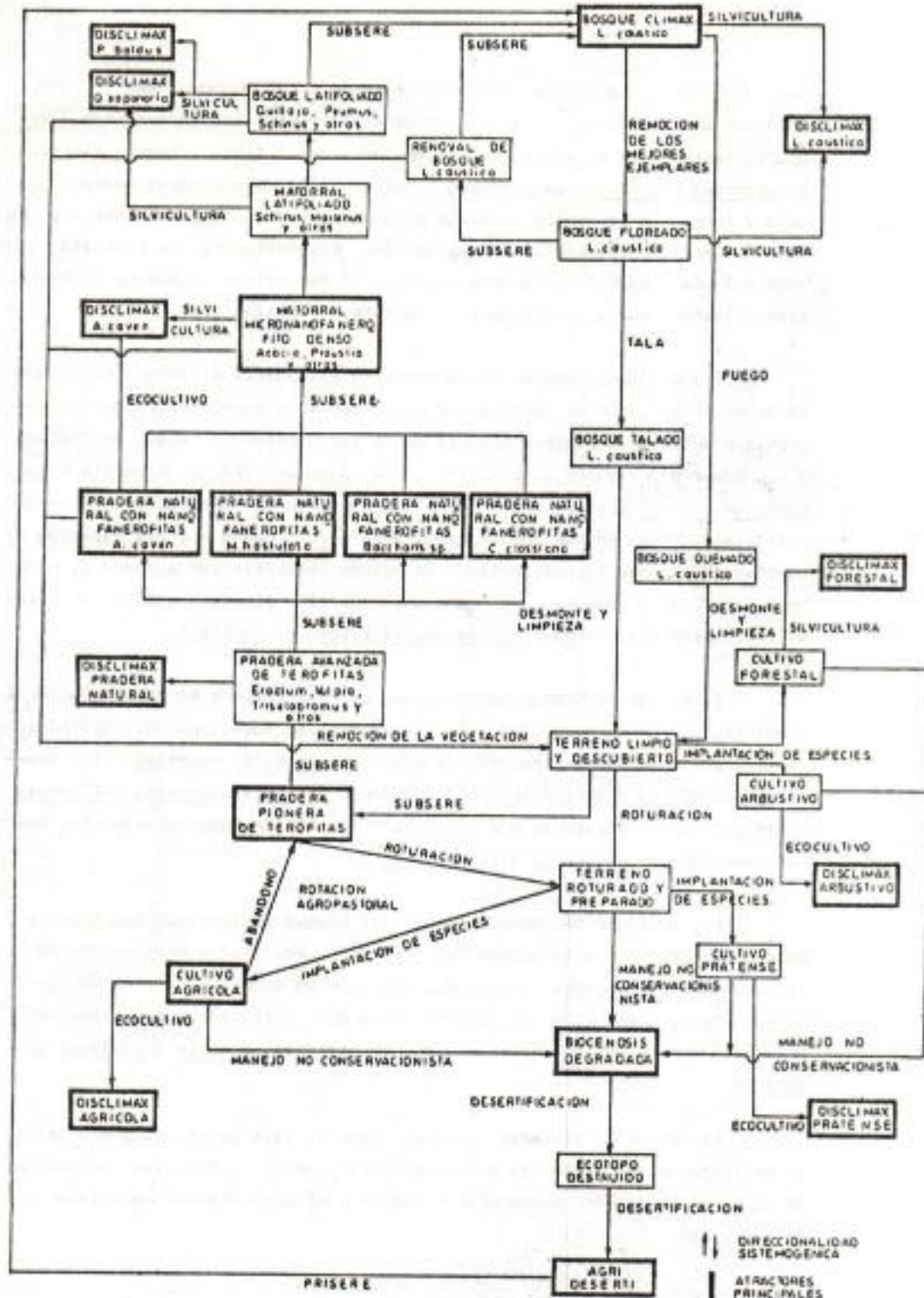


Figura 5-3. Esquema sistemogénico hipotético del ecosistema de Quillaja saponaria en ladera baja y piedemonte de exposición norte. Se indican las etapas que derivan o conducen a estados con presencia de Quillaja saponaria.

das se presenta un bosque casi puro de la especie representando estados sucesionales avanzados. Los operadores de retrogradación determinan, mediante la remoción de los mejores ejemplares, un estado de bosque floreado de Lithraea caustica. La remoción total de la estrata arbórea mediante la tala y fuego con posterior desmonte y limpieza, conducen finalmente a un estado de terreno descubierto de vegetación. Eventualmente, la práctica de silvicultura a partir del estado climácico y del estado de bosque floreado, pueden transformar al ecosistema en un estado disclimácico.

Los estados pioneros de la sucesión secundaria se caracterizan por la invasión de especies terófitas y posteriormente nanofanerófitas que determinan estados de pradera natural anual con nanofanerófitas. Es frecuente observar dos estados alternativos, dominados por Trevoa trinervis o Eupatorium salvia, que convergen sucesionalmente en el matorral microfanerófito denso, donde además puede presentarse Acacia caven y otras especies fanerófitas de menor significación. Un estado posterior corresponde al matorral latifoliado presentándose como una comunidad pluriestratificada dominada principalmente por Quillaja saponaria y Trevoa trinervis.

El estado de bosque latifoliado, que corresponde al estado subseral siguiente, puede corresponder a la transformación sucesional del matorral latifoliado o del estado renewal de bosque de Lithraea caustica. Las especies fanerófitas codominantes corresponden a Quillaja saponaria y Lithraea caustica, que se presentan con otras latifoliadas de menor abundancia, tales como Schinus polygamus y Schinus molle.

Las opciones de transformación del bosque latifoliado son tres y pueden corresponder a la acción del operador sucesional o al operador de silvicultura. El proceso sucesional concluye en el bosque clímax de Lithraea caustica mientras la práctica de la silvicultura puede determinar alternativamente estados disclimácicos de Lithraea caustica o Quillaja saponaria.

El manejo no conservacionista de los estados retrogradados o artificializados pueden conducir a la degradación de la biocenosis. La acción de la desertificación conduciría finalmente al ecosistema a un estado de Agri deserti.

Ladera baja y piedemonte de exposición norte

La hipótesis sistemogénica de los ecosistemas de ladera baja y piedemonte de exposición norte, se muestra en la Figura 5-4. Se postula en

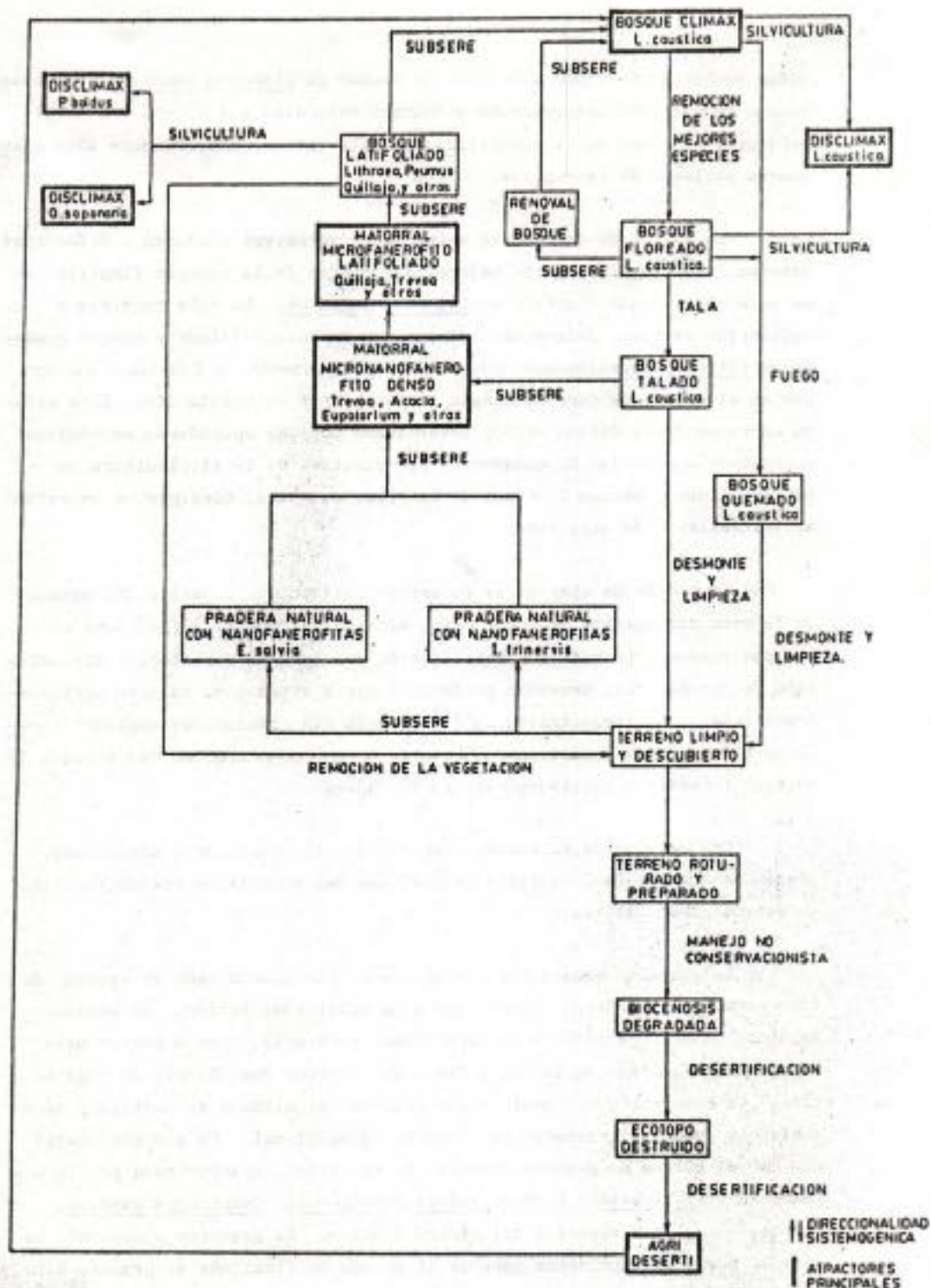


Figura 5-4. Esquema sistemogénico hipotético del ecosistema de Quillaja saponaria en ladera media de exposición sur. Se indican las etapas que derivan o conducen a estados con presencia de Quillaja saponaria.

estos sectores un estado climácico de bosque de Lithraea caustica. La existencia de una alta intervención antrópica determina que exista una débil evidencia empírica de la posibilidad de este estado, observándose sólo ejemplares aislados de la especie.

La acción de operadores antrópicos regresivos conducen a diferentes estados. La remoción de los mejores ejemplares de la especie finaliza en un estado de bosque floreado de Lithraea caustica. La tala completa o la aplicación de fuego determinan los estados de bosque talado y bosque quemado de Lithraea caustica que con el posterior desmonte y limpieza, convergen en el estado de terreno limpio y descubierto de vegetación. Este estado corresponde al último estado determinado por los operadores antrópicos regresivos que actúan directamente. La práctica de la silvicultura en el bosque clímax y bosque floreado de Lithraea caustica, concluye en un estado artificializado de disclímax.

La acción de operadores de artificialización, a partir del estado de terreno descubierto de vegetación, ha sido una práctica frecuente en estas posiciones. La rotura y habilitación del terreno y posterior implantación de las especies deseadas puede conducir a estados de cultivo agrícola o pratense. La implantación, sobre terreno sin roturar, de especies forestales o forrajeras arbustivas, concluye alternativamente en los estados de cultivo forestal o cultivo arbustivo forrajero.

Los estados de cultivos, sean forestales, forrajeros arbustivos, pratenses o agrícolas, mediante la práctica del ecocultivo pueden finalizar en estados disclimácicos.

La sucesión secundaria comienza a actuar cuando cesa la acción de los operadores antrópicos regresivos o de artificialización. El estado sucesional de pradera pionera de terófitas, puede originarse a partir del abandono del cultivo agrícola, o bien, del terreno descubierto de vegetación. La roturación del suelo puede retornar al sistema de cultivo y eventualmente puede determinarse la rotación agropastoral. La sucesión continúa con el estado de pradera avanzada de terófitas caracterizada por la presencia de Trisetobromus hirtus, Vulpia dertonensis, Gnaphalium ramosum, Clarkia tenella y especies del género Erodium. El pastoreo y desmonte selectivo puede eventualmente generar el estado de disclímax de pradera natural. La posterior invasión de especies nanofanerófitas determina el estado de pradera natural con nanofanerófitas. Baccharis sp. se presenta asociada a estados postaradura, no siendo el caso, a menudo de Acacia caven y Muehlenbeckia hastulata.

Estos estados convergen sucesionalmente en un matorral micro-nanofanerófito denso, dominado por Acacia caven, Proustia pungens y otras especies tales como Baccharis sp., Forlneria chilensis, Podanthus mitiqui y Cestrum parqui. En sectores costeros la presencia de Cassia clossiana es importante en esta posición. A partir de estados sucesionales de esta etapa, existe la posibilidad de lograr mediante la práctica de silvicultura, el estado disclimácico de Acacia caven.

Un estado sucesional posterior es el de matorral latifoliado caracterizado por la dominancia de la estrata de microfanerófitas. Las especies más abundantes son Quillaja saponaria, Peumus boldus, Schinus polygamus, Maytenus boaria y Schinus molle. La estrata nanofanerófitas disminuye en importancia en términos de abundancia, pero en general, mantiene la riqueza de especies. El estado siguiente es el de bosque latifoliado, compuesto predominantemente por especies mesofanerófitas tales como Quillaja saponaria, Peumus boldus y Lithraea caustica.

Mediante la práctica de la silvicultura y manejo adecuado de los estados sucesionales avanzados se pueden alcanzar estados disclimácicos principalmente de Quillaja saponaria y Peumus boldus. Debido a la alta intervención antrópica retrogradativa, sin embargo, es poco frecuente encontrar estados sucesionales avanzados, salvo en áreas muy reducidas. La etapa subseral siguiente sería el estado climácico de bosque de Lithraea caustica.

Los estados subserales son susceptibles a la acción de operadores antrópicos regresivos que pueden transformar al ecosistema en estados menos avanzados hasta retornar al estado de terreno descubierto de vegetación, dependiendo de las acciones antrópicas de artificialización.

El manejo no conservacionista de los estados artificializados conduce al estado de biocenosis degradada y la acción de operadores naturales regresivos pueden concluir en un estado de Agri deserti.

Llano

La hipótesis sistemogénica de esta posición fisiográfica aparece en la Figura 5-5. Se postula como estado climácico una pradera hemicriptófitas de Nassella chilensis y otras especies propias de la zona. Dado el alto grado de intervención antrópica existente en estos ecosistemas no es posible en la actualidad observar estados climácicos. La evidencia histórica del uso de la tierra indica la aplicación de un sobrepastoreo persis-

tente que habría conducido a estados de pradera degradada y posteriormente a un estado de terreno descubierto de vegetación. Este estado correspondería al estado final de retrogradación, ocasionado por operadores antrópicos directos.

El estado de terreno descubierto y limpio puede conducir a diversos estados de artificialización mediante la aplicación de operadores antrópicos adecuados. La implantación de especies forrajeras exóticas, transforma al ecosistema en un cultivo arbustivo forrajero que mediante la práctica del ecocultivo, puede terminar en un estado de disclímax.

La roturación y habilitación del suelo del estado descubierto de vegetación y la posterior implantación de especies, determina alternativamente, un estado de cultivo agrícola o pratense. Ambos estados de cultivo mediante la práctica del ecocultivo, pueden finalizar en estados disclimáticos.

Cuando cesa la acción de los operadores antrópicos, comienza el proceso de sucesión secundaria. La invasión de especies terófitas de las familias Boraginaceae y Cruciferae determinan el estado de pradera pionera, a partir de estados de cultivo o terreno descubierto abandonado. La roturación del suelo y la implantación de especies pueden retornar al sistema al estado de cultivo; y eventualmente se puede establecer rotación agropastoral.

Un estado posterior de la subsere es el estado de pradera avanzada de terófitas caracterizado principalmente por las especies Trietobromus hirtus, Vulpia dertonensis, Unaphalium ramosum, Erodium cicutarium y otras. Los estados de subsere postaradura y exclusión de estos ecosistemas se han determinado y ordenado sucesionalmente, en trabajos anteriores (Olivares y Gastó, 1971). El pastoreo y desmonte selectivo pueden conducir a este estado a un estado de disclímax de pradera natural.

La fisionomía monoestratificada de los estados iniciales de la sucesión secundaria, se transforma con la invasión de especies nanofanerófitas. Se logra de esta forma, un estado de pradera de terófitas con nanofanerófitas, distinguiéndose tres estados opcionales, dependiendo de la especie que invada. Baccharis sp. se observa asociada a estados postaradura y Acacia cavan a estados de ecosistemas sobrepastoreados. El estado de pradera de terófitas con Muehlenbeckia hastulata corresponde a la tercera opción, siendo un estado más efímero.

Los estados de pradera de terófitas con nanofanerófitas convergen sucesionalmente en un estado de matorral denso micronanofanerófito donde

las especies dominantes son Acacia caven y Proustia pungens, presentándose además Baccharis sp., Solanum tomatillo y otras especies nanofanerófitas de menor significación. Eventualmente, en etapas avanzadas y debido a la desocupación de nichos, habitats y territorios, pueden invadir especies micro o mesofanerófitas, principalmente Quillaja saponaria.

Las evidencias que determinan los estados siguientes en la posición fisiográfica de llano son débiles. Se postula en primer lugar un estado de invasión de gramíneas perennes eliminándose por competencia las estratas de fanerófitas hasta alcanzarse un estado final climácico de hemicriptófitas con Nassella chilensis.

Es frecuente observar los estados de estepa de Acacia caven, y de sabana de Quillaja saponaria logrados mediante la práctica de silvicultura a partir de estados avanzados mediante la remoción de especies fanerófitas no deseadas, el raleo, la poda y las prácticas de pastoreo. Las propiedades de estos estados, fundamentalmente su estabilidad y grado de intervención antrópica le confieren características de estados disclímax.

El manejo no conservacionista de los estados retrogradados y de artificialización puede conducir al ecosistema al estado de biocenosis degradada y, eventualmente, al estado de Agri deserti.

Ladera alta y media de exposición norte

La hipótesis sistemogénica de ladera alta y media de exposición norte se muestra en la Figura 5-6. En esta situación se postula un clímax biestratificado de nanofanerófitas y hemicriptófitas en Flourensia thurifera y Nassella chilensis, respectivamente. En ladera media el estado climácico corresponde a una comunidad biestratificada nanofanerófitas y hemicriptófitas de Colliguaya odorifera y Nassella chilensis. El operador que actúa frecuentemente es el sobrepastoreo que puede llevar a la eliminación de la estrata herbácea en ambas posiciones fisiográficas.

El manejo no conservacionista de la vegetación determina un estado de biocenosis degradada y el operador de desertificación conduce a un estado caracterizado por la destrucción del ecotopo. El proceso retrogradativo puede finalizar en estados de desertificación que se manifiestan por la presencia de cárcavas en Agri deserti como resultado de procesos erosivos. Estos estados se observan frecuentemente en laderas alta y media de exposición norte con pendiente pronunciada.

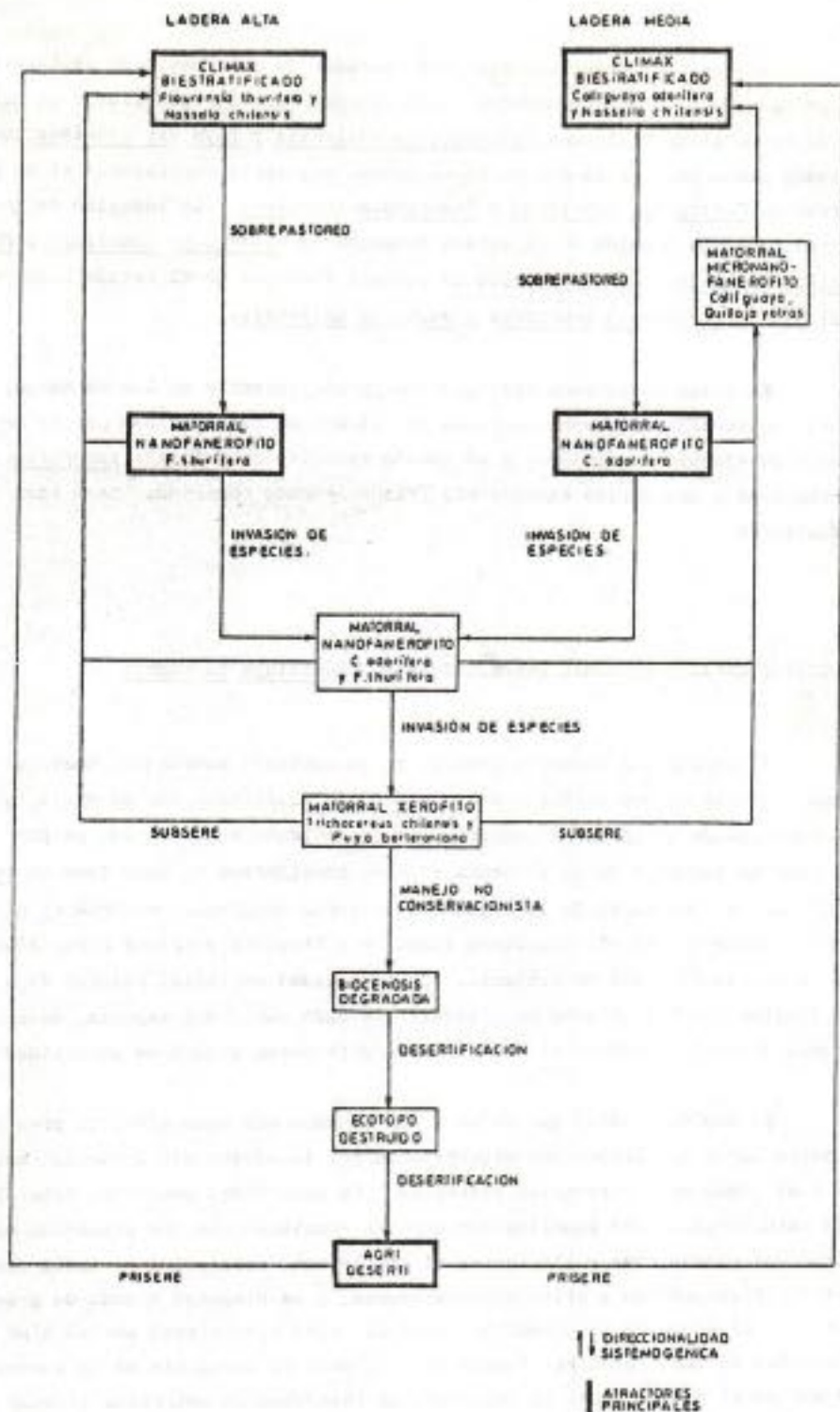


Figura 5-6. Esquema sistemogénico hipotético del ecosistema de Quillaja saponaria en ladera media y alta de exposición norte. Se indican las etapas que derivan o conducen a estados con presencia de Quillaja saponaria.

Una vez que cesa la acción del operador de sobrepastoreo se inicia el proceso de sucesión secundaria, determinando en ambas posiciones un estado de matorral xerófito con Trichocereus chilensis y Puya berteroniana como estados pioneros. En ladera media el estado siguiente corresponde al de matorral de Colliguaya odorifera y Flourensia thurifera. La invasión de gramíneas perennes culmina en el estado dinámico de Colliguaya odorifera y Nassella chilensis. En ladera alta la subserie finaliza en el estado biestratificado de Flourensia thurifera y Nassella chilensis.

En estas posiciones fisiográficas, principalmente en ladera media, etapas subseriales avanzadas previas al clímax, se caracterizan por la presencia de ejemplares aislados y de tamaño reducido de Quillaja saponaria. Corresponde a uno de los estados más frecuentemente observado para esas situaciones.

HIPOTESIS ESPACIO-TEMPORAL DEL ECOSISTEMA DE Quillaja saponaria

El ecosistema tiende a crecer, en un ambiente constante, hasta alcanzar un máximo, que persiste en un estado de equilibrio con el medio y que corresponde al estado climácico. El crecimiento ecosistémico se puede expresar en términos de su fitomasa en pie, considerada en este caso en relación al volumen aéreo de la vegetación natural original. Reichle et al. (1975) sostienen que el ecosistema tiende a sobrevivir y crecer hasta alcanzar la máxima fitomasa persistente. La adversidad ambiental natural fija los límites del crecimiento ecosistémico en cada punto del espacio, determinando distintos estados climácicos para diferentes grados de adversidad.

El ambiente total que rodea a los componentes ecosistémicos presenta variaciones que pueden ser determinadas por la adversidad ambiental natural y el grado de intervención antrópica. La adversidad ambiental natural está caracterizada por aquellos componentes ecosistémicos que presentan elementos más permanentes y limitantes al crecimiento ecosistémico, tales como posición fisiográfica y clima principalmente, y se disponen a modo de gradientes. El grado de intervención antrópica está determinado por el tipo e intensidad de los operadores funcionales. Tanto la variación de la adversidad ambiental natural como la del grado de intervención antrópica tienden a modificar el arreglo topológico de los componentes ecosistémicos, fundamentalmente de aquellos con mayor tasa de cambio, y a reducir la máxima fitomasa persistente, generando en cada punto del espacio diversos estados ecosistémicos. Los distintos arreglos topológicos persisten, principalmente, en

base a las propiedades de adaptación y ajuste de sus componentes que deben expresarse en las diferentes combinaciones de adversidad ambiental natural e intervención antrópica.

Cuando el grado de intervención antrópica es bajo o tiende a cero, persisten en el gradiente de adversidad ambiental natural, los estados inalterados de máxima fitomasa correspondiendo a la zona climática del ecosistema de Quillaja saponaria representado por las especies climáticas propias de cada punto del espacio (Figura 5-7). Un incremento en la intensidad de los operadores antrópicos genera inicialmente la alteración de la fauna del ecosistema y posteriormente modifica la vegetación. A mayor intensidad los operadores de retrogradación pueden determinar la alteración del suelo y, al roturar y habilitarlo, el proceso de artificialización puede conducir al ecosistema, mediante la implantación de especies, a los diversos estados de cultivo. Las zonas antrópicamente alteradas pueden converger en el estado de Agri deserti, si el manejo de los componentes ecosistémicos no se realiza con criterio conservacionista. El ecosistema de Quillaja saponaria puede, por lo tanto, presentar en un instante dado diversos grados o zonas de alteración de sus componentes, expresados en diferentes arreglos topológicos, dependiendo del grado de intervención antrópica y adversidad ambiental natural.

El ecosistema de Quillaja saponaria, en la zona estudiada, presenta diversos estados más frecuentes que predominan ocupando extensiones variables (Figura 5-8). En sectores de área reducida y difícil acceso para el hombre se observan estados avanzados de la sucesión ecológica, que persisten en las áreas de menor potencial productivo. En general, corresponden a quebradas, laderas de pendientes pronunciadas y regiones andinas de alta adversidad edáfica y climática. Los diversos grados de intervención antrópica, en las diferentes posiciones fisiográficas, generan estados alterados de la vegetación natural original siendo los más frecuentemente observados el bosque latifoliado, principalmente en quebradas con intervención antrópica moderada; el matorral microfanerófito principalmente en cono de deyección y las praderas de terófitas con especies fanerófitas asociadas tales como Acacia caven, M. hastulata, Baccharis sp. o Quillaja saponaria, que predominan en laderas bajas, piedemontes y llanos, y corresponden en general a sistemas pastorales. La región andina sobre aproximadamente los 1.700 msnm presenta, en general, predominio de la vegetación arbustiva, hasta el límite inferior de las nieves persistentes en los 3.000 msnm.

En diversas posiciones fisiográficas, fundamentalmente en ladera baja, piedemontes, llanos y conos de deyección, los operadores de artificialización pueden generar estados de cultivos. A partir de los estados antrópi

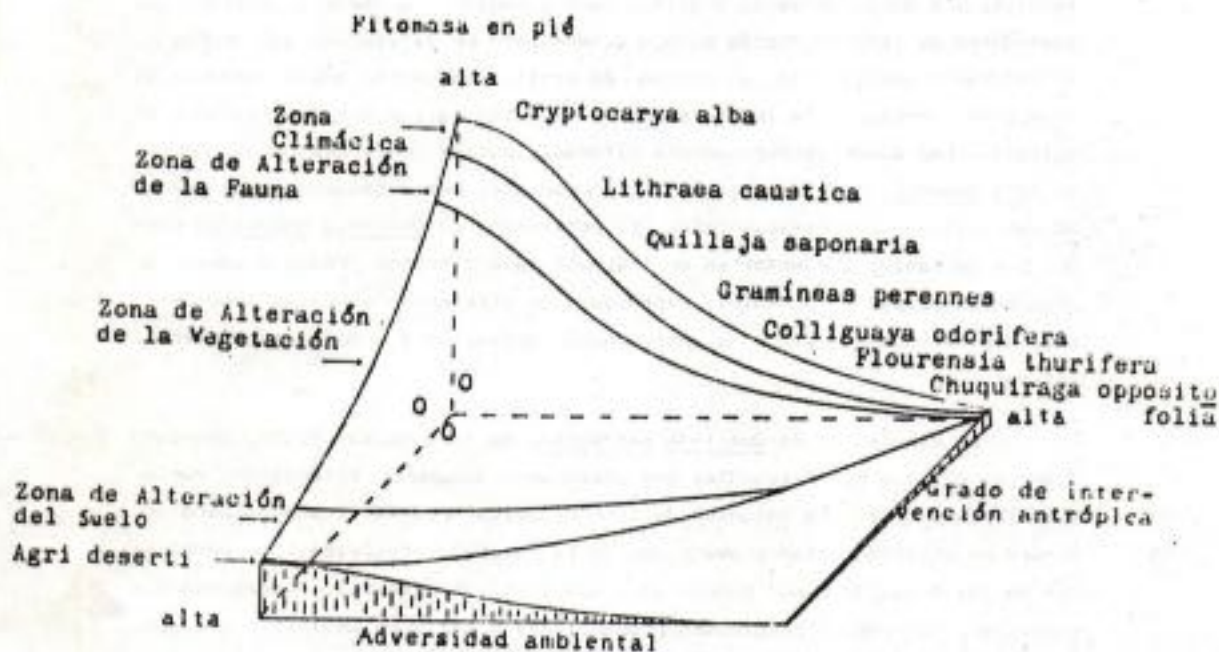













Figura 5-7. Representación esquemática hipotética de las grandes zonas del proceso sistemogénico y especies climáticas del ecosistema analizado.

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|-------------------------------------|
|  | Estados climáticos |  | Pradera natural con nanofanerofitas |
|  | Vegetación arbustiva andina |  | A.caven |
|  | Bosque latifoliado |  | M.hastulata |
|  | Agri deserti |  | Baccharis sp. |
|  | Cultivos |  | Matorral microfanerofito |
| | |  | Sabana de Quillaja saponaria |

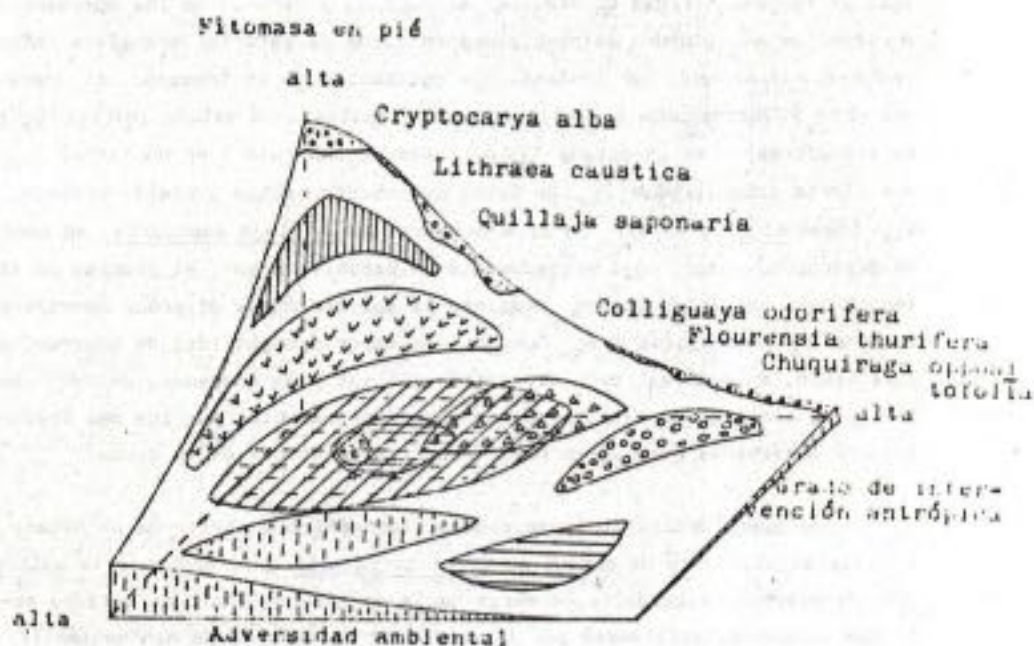


Figura 5-8. Representación esquemática de los estados predominantes del proceso sistenogénico del ecosistema analizado.

camente alterados, los procesos de erosión y desertificación pueden degradar al ecosistema a estados de Agri deserti. El ecosistema de Quillaja saponaria presenta, de esta manera, un mosaico de estados en el espacio ecosistémico, derivados de los procesos sistemogénicos naturales y antrópicos.

La génesis sucesional y antrópica del ecosistema determina, sin embargo, constantemente cambios de estado en el tiempo, que pueden modificar el estado ecosistémico en cada punto del espacio. La Figura 5-9 a y b representa esquemáticamente el proceso sistemogénico para el caso de cono de deyección, ladera baja y piedemonte de exposición sur.

La acción antrópica genera cambios de estado al modificar cualquiera de las variables de estado del ecosistema mediante la aplicación de operadores funcionales. El cambio de estado es un proceso probabilístico, que incluye la probabilidad de efectuar el cambio, y depende de los operadores o estímulos adicionados al ecosistema en forma de materia, energía e información involucrando, por lo tanto, la aplicación de un trabajo. El operador (τ_{ik}^1) corresponde al estímulo que se aplica a un estado inicial E_i para transformarlo en un estado E_k a través de una ruta l en un tiempo t_{ik} , con cierta probabilidad P_{ik} de éxito de transformación y cierto trabajo W_{ik} (Nava et al., 1979). En el ecosistema de Quillaja saponaria, en cono de deyección, ladera baja y piedemonte de exposición sur, el proceso de sistemogénesis antrópica genera, mediante la aplicación de diversos operadores, estados E_m intermedios y E_k finales con mayor probabilidad de ocurrencia, existiendo, en general, dado el sistema inicial y el operador, un conjunto finito de opciones de estados que se pueden representar por los más frecuentemente observados para estas posiciones fisiográficas en la zona.

Se puede describir al proceso sistemogénico a partir de un estado E_i inicial clínicico de bosque de Cryptocarya alba que, mediante la aplicación de diversos operadores, diverge hacia un número finito de estados meta que pueden estabilizarse por la acción de operadores de mantención (Figura 5-9a). Estos estados corresponden a los más frecuentemente observados tales como, cultivos, matorral microfanerófito, pradera de terófitas con nanofanerófitas y otros. Los estados son interconvertibles en el espacio de estado ecosistémico, dada la acción de los operadores antrópicos en sus diversas modalidades e intensidades. El conjunto de estados, sin embargo, puede alternativamente converger en un estado de Agri deserti, que se constituye en un atractor de estados dominante, cuando el manejo antrópico no previene la acción de la desertificación.

El proceso sucesional o subseral se inicia a partir de cualquier estado ecosistémico y los cambios de estado y estados sucesivos o trayecto-

E_1 : Bosque climácico de *C. alba*

E_{m1} : Matorral microfanerófito

E_{m2} : Cultivo

E_{m3} : Pradera natural y *M. hastulata*

E_{m4} : Terreno limpio y descubierto

E_{m5} : Pradera natural y *Baccharis* sp.

E_{m6} : Matorral micro-nanofanerófito denso

E_{m7} : Pradera natural y *Acacia caven*

E_k : Agri deserti.

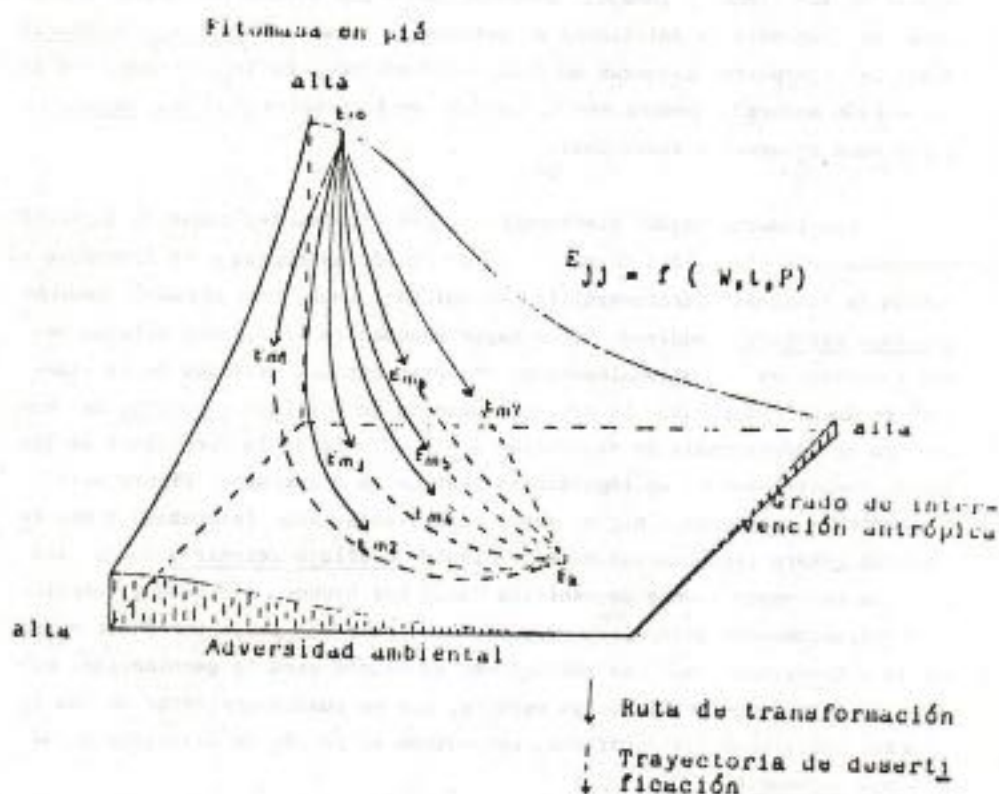


Figura 5-9a. Representación esquemática de rutas, trayectorias y estados frecuentes del proceso sistengénico antrópico en cono de deyección, ladera baja y piedemonte de exposición sur. E_1 : estado inicial; E_{m1} : estados intermedios; E_k : estado final de retrogradación.

rias hacia etapas más avanzadas, son función del estado inicial y del tiempo y, las diferentes trayectorias, convergen hacia el estado o atractor climático (Figura 5-9b).

La dinámica de Quillaja saponaria está condicionada por la acción de los operadores antrópicos que generan nichos, habitats y territorios susceptibles de ser ocupados por la especie. La distribución actual de Quillaja saponaria presenta un patrón determinado en gran medida por la acción antrópica, existiendo diversas abundancias en las diferentes posiciones del espacio ecosistémico (Figura 5-10). La especie está presente en algunas posiciones fisiográficas en las que eventualmente no existía previo a la acción de operadores antrópicos. Se observan ejemplares aislados en algunos sectores de ladera de exposición norte, pero con escaso desarrollo individual. En los llanos y lomajes, caracterizados por alta intervención antrópica, es frecuente la existencia de estados de sabana de Quillaja saponaria donde los ejemplares alcanzan un desarrollo máximo. En la quebrada, con intervención moderada generalmente, también está presente Quillaja saponaria y con buen desarrollo individual.

Las laderas bajas, piedemontes y, principalmente, conos de deyección presentan gran diversidad de nodalidad de acción antrópica y es frecuente el estado de matorral microfanerófito latifoliado donde está presente también Quillaja saponaria, pudiendo tener mayor abundancia en algunos estados menos intervenidos. Ocasionalmente se observan bosques aislados de la especie, en áreas reducidas. La mayor abundancia de Quillaja saponaria se encuentra en ladera media de exposición sur y coluvio de la Cordillera de los Andes, constituyéndose en importantes centros de dispersión (Figura 5-11). La tendencia acentuada a migrar desde condiciones menos favorables o más variables genera trayectorias de migración de Quillaja saponaria desde los sectores con mayor fuente de semillas hacia los nichos, habitats y territorios antrópicamente alterados que pueden, en general, presentar menor competencia interespecífica. Las condiciones adecuadas para la germinación, establecimiento y desarrollo de la especie, que se pueden presentar en las diferentes posiciones fisiográficas, determinan el patrón de distribución de Quillaja saponaria.

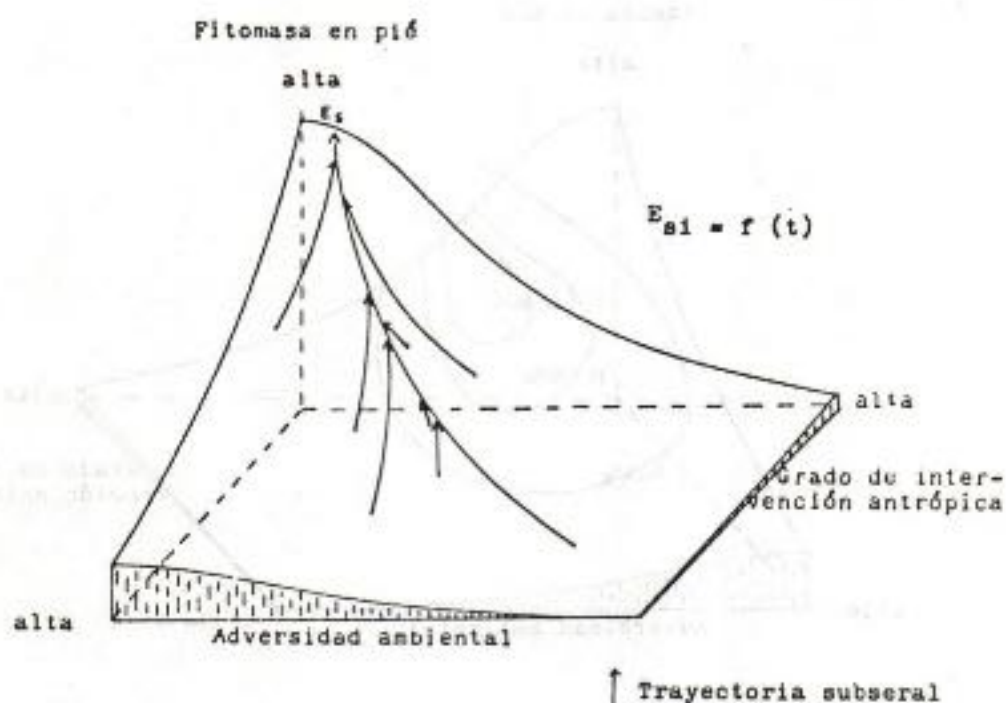


Figura 5-9b. Representación esquemática de trayectorias del proceso sistemogénico sucesional o subseral en cono de deyección, ladera baja y piedemonte de exposición sur. E_s : estado final de bosque climácico de Cryptocarya alba.

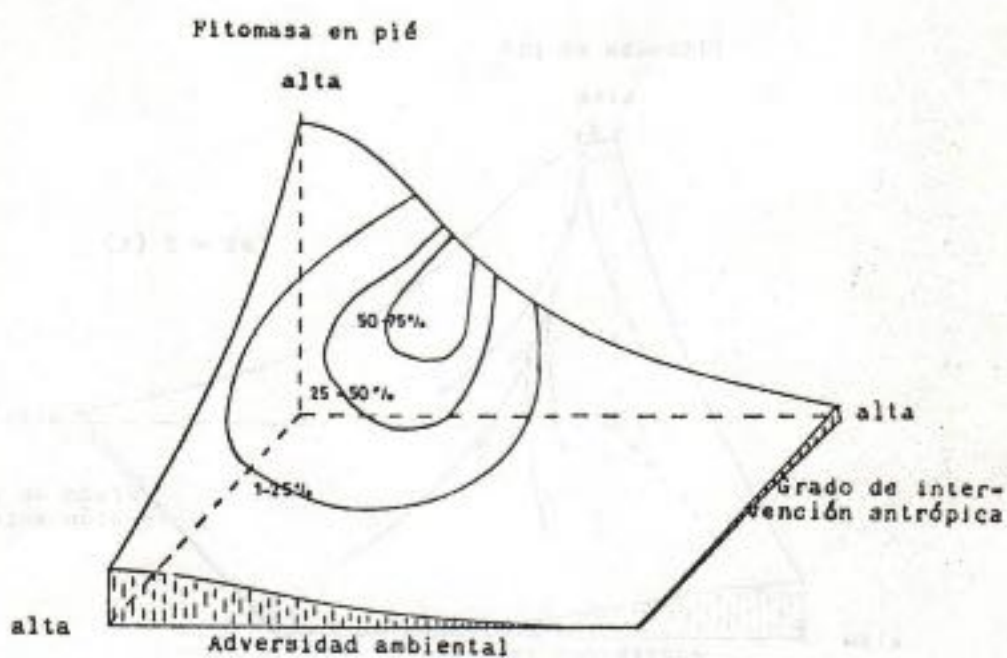


Figura 5-10. Isolíneas de abundancia estimada de Quillaja saponaria en el ecosistema analizado.

- 1 Quebrada
 - 2 Cono de deyección, piedemonte y ladera baja
 - 3 Lonaje
 - 4 Llano
 - 5 Ladera de exp. norte
- A: Coluvio de la Cordillera de los Andes
 B: Ladera media de exposición sur

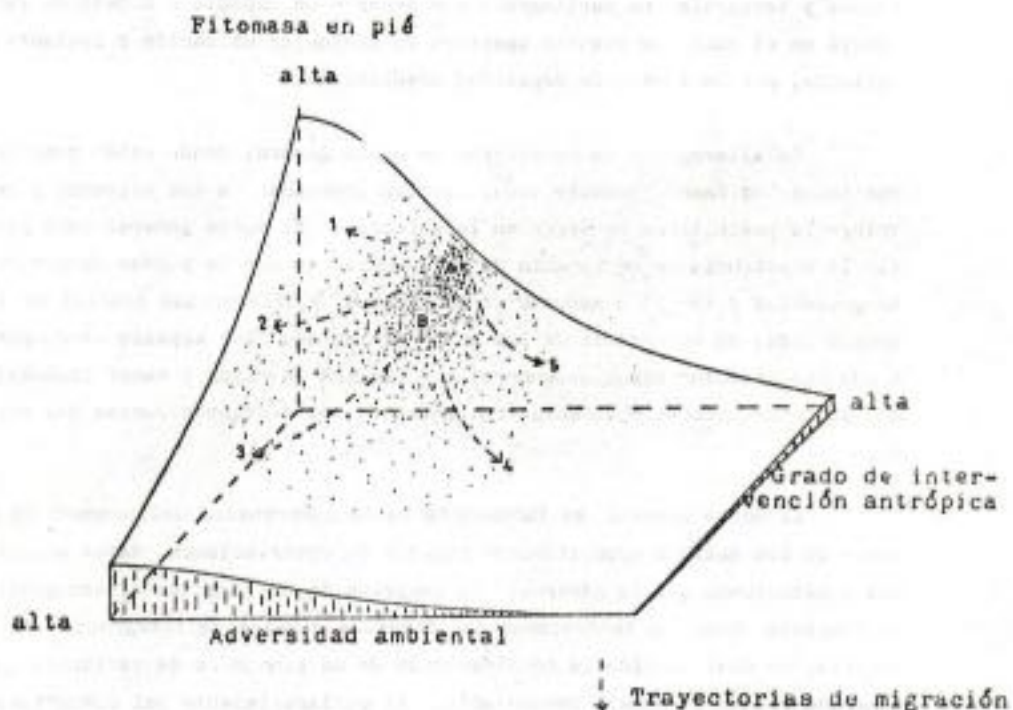


Figura 5-11. Representación esquemática de los centros de dispersión, trayectorias y destinos principales de migración de Quillaja saponaria, en el ecosistema analizado.

VI. REFLEXIONES FINALES

El planteamiento del problema de los recursos naturales en la dimensión que le corresponde, constituye simultáneamente una necesidad para su resolución y un complejo desafío intelectual.

Una concepción parcial, en que se tienda a considerar a cada caso en particular y resolverlo dentro de un marco puramente empírico, puede conducir a decisiones y soluciones incorrectas, dada la existencia de evidencias residuales y de operadores o estímulos de transformación cuyos efectos aún no se expresan en los estados ecosistémicos actuales. Esta forma de enfrentar el problema aumenta la probabilidad de considerar diferencias espaciales y temporales no pertinentes que generen un espacio o modelo de referencia en el cual los eventos aparecen en cualquier ubicación o instante caeciendo, por lo tanto, de capacidad predictiva.

La alternativa de considerar un marco general donde estén comprendidos todos los casos, permite localizar los problemas de ese universo y restringe la posibilidad de error en la solución. El marco general debe permitir la existencia de un espacio de referencia, en que se puedan determinar trayectorias y tiempo o secuencias de eventos y diferencias locales en la probabilidad de ocurrencia de los acontecimientos. Tal espacio corresponde a una construcción espacio-temporal que explica la mayor o menor probabilidad de interacciones o de acontecimientos en los distintos puntos del espacio.

El marco general se fundamenta en la comprensión del proceso de génesis de los estados ecosistémicos basados en observaciones, datos empíricos y mecanismos que lo generan. La comprensión del proceso sistémico es compleja dado que intervienen los diversos niveles de integración de la materia, lo cual implica la consideración de un sinnúmero de variables que a menudo tornan al modelo innamajable. El esclarecimiento del comportamiento natural del proceso de génesis tiene, usualmente, una complicación adicional, cual es la escasa evidencia inalterada de estados que pueden determinar puntos críticos de la secuencia o trayectoria de eventos, debida a la diversidad de modalidades de intervención antrópica. La generación de hábitat, nichos y territorios susceptibles de ser ocupados produce una distorsión de la topología espacio-temporal natural original. Esto hace que el intento de plantear formalmente el proceso, deba considerar un amplio margen de imprecisión, si bien debe ser lo más realista posible, de tal forma que sea válido en su generalidad. Se le puede así dar la categoría de pos-

tulado general que engloba la problemática pertinente a los ecosistemas de recursos naturales.

En el planteamiento formal del proceso sistemogénico se requiere de terminar los estados y cambios de estado espacio-temporales mediante la consideración de las variables más pertinentes. El estudio de ecosistemas particulares debe referirse a los estados y cambios de estado que le son propios, si bien incluidos en el marco general de la sistemogénesis válida para cualquier ecosistema. Así, la dinámica de Quilleja saponaria sólo puede determinarse dentro de un proceso dinámico más general que permita conexiones entre estados y situaciones vecinas que la configuren.

El proceso sistemogénico debe involucrar fundamentalmente los mecanismos sucesionales y antrópicos que actúan sobre los ecosistemas y, dada su complejidad, resulta adecuado dilucidarlo por aproximaciones sucesivas. La complejidad propia del proceso y la dificultad adicional dada por la alteración actual de las evidencias que permiten su comprensión y planteamiento, determinan que cualquier intento por realizar tal labor en una sola instancia sea infructuoso. Sin embargo, la necesidad de contar con un marco general para esclarecer problemas de esta naturaleza, conduce necesariamente a postular un modelo general que establezca las bases que permitan, eventualmente, en investigaciones consecutivas llegar a resolver el problema global.

VII. LITERATURA CITADA

- ALFARO, C.R. 1974. Variación geográfica de Quillaia saponaria (Mol.) en 17 localidades. Instituto Nacional Forestal de Chile. Proyecto FGE-11.
- ANDREWARTHA, H.G. 1970. Population growth and control: animal population. En: Allison, A. (ed.). Population control. Penguin Books, Harmondsworths Midlsex, England 45-69.
- ASHBY, W.R. 1957. An introduction to cybernetics. Wiley. New York.
- ASCHMANN, H. y BAHRE, C.J. 1977. Mans impact on wild landscape. En: H.A. Mooney (ed.). A study of convergent evolution shrub ecosystem of California and Chile. Dordren, Hutchinson y Ross-Stroudsburg, Penn. pp. 73-84.
- BECHT, G. 1974. System theory. The key to holism an reductionism. Bio-Science 24: 569-579.
- BERTALANFFY, VON L. 1968. General system theory. New York, George Braziller, Inc.
- BILLINGS, W.D. 1965. Las plantas y el ecosistema. Herrera Hnos. Sucesores S.A. México. Serie: Fundamentos de la Botánica.
- BLEDSE, J.L. y VAN DYNE, M.G. 1971. A compartment model simulation secondary sucesion. En: Systems analysis and simulation in ecology. Ed. por B.C. Patten. New York-London. Academic Press. pp. 480-511.
- BOSSE, R. 1980. Chile Agrícola. Año 5 N° 46, pp. 61.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1950. Sociología vegetal. Buenos Aires, Acme.
- BRILLOUIN, L. 1956. Science and information theory. Academic Press. New York.
- BROWING, T.O. 1963. Animal population. Hutchinson. London.
- BRÜGGEN, J. 1950. Fundamentos de la geología de Chile. 2a. ed. corregida. Nascimento. Santiago.

- CASWELL, H.; KOENIG, H.E.; RESH, J.A. y ROSS, Q.E. 1972. En: B.C. Patten (ed.) System analysis and simulation in ecology. Vol. 2. Academic Press. New York.
- CLEMENTS, P.E. 1928. Plant succession and indicators. New York, H.W. Wilson, Hafner, 1963. New York.
- CLEMENTS, F.E. 1936. Nature and structure of the climax. Journal of Ecology 24: 252-284.
- CUNILL, G.P. 1972a. Visión de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- CUNILL, G.P. 1972b. Resumen y comentario de conferencia. El Mercurio, Santiago.
- DANSEAU, P. 1957. Biogeography. An ecological perspective. The Ronald Press Company. New York.
- DAUBENMIRE, R. 1968. Plant communities. A text book of plant synecology. New York. John Wiley and Sons.
- DI CASTRI, F. y HAJEK, E.R. 1976. Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría Académica, Universidad Católica de Chile. Santiago.
- DISTEFANO, J.J.; STUBBERUDE, A.R. y WILLIAMS, I.J. 1967. Feedback and control systems. Shaun Publishing Co., N.Y.
- FELLER, W. 1957. An introduction to probability theory and its application. Wiley, N.Y.
- FLEISCHMANN, F.M. 1982. Planteamiento de la secuencia sucesional del secano mediterráneo subhúmido de Chile Central. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile.
- FOSBERG, F.R. 1963. The island ecosystem. En: Man's place in the island ecosystem. Tenth Pacific Science Congress. Honolulu, Hawaii, 1961. Bishop Museum Press.
- FUENZALIDA, H. 1950a. Biogeografía. En: CORFO. Geografía Económica de Chile. Universitaria, Santiago. pp. 371-424.

- FUENZALIDA, H. 1950b. Clima. En: CORFO. Geografía Económica de Chile. Universitaria, Santiago. pp. 188-257.
- FUENZALIDA, H.; COOKE, R.; PASKOFF, R.; LEGERSTRON, R. y WEISCHET, W. 1965. High stands of quaternary sea level along the Chilean coast. Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 84: 473-496.
- GAJARDO, M.E. y VERDUGO, R. 1979. Rendimiento en hojas de Boldo (Peumus boldus Mol.) corteza de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) en la V Región. Universidad de Chile. Memoria Ing. Forestal.
- GASTO, C.J. 1966. Variación de las precipitaciones anuales en Chile. Boletín Técnico 24, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago.
- GASTO, C.J.; NAVA, C. y ARMIJO, R. 1976. El ecosistema silvoagropecuario. Entificación y atributos. Univ. Autónoma Agr. Antonio Narro. Monografía Técnica Científica 2: 180-240. Saltillo. México.
- GASTO, C.J. 1977. Manejo del ecosistema como estrategia de desarrollo. Santiago, Universidad de Chile.
- GASTO, C.J. 1979a. Bases ecológicas de la modernización de la agricultura. CEPAL/PNUMA. Seminario regional sobre estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina.
- GASTO, C.J. 1979b. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Santiago, Universitaria.
- GAY, C. 1847. Historia física y política de Chile. Museo Historia Natural. Santiago.
- GLANSDORFF, P. y PRIGOGINE, I. 1978. Thermodynamics of structure stability and fluctuations. New York, Wiley Interscience.
- GOLLEY, F.B. 1974. Structural and functional properties as they influence in ecosystem stability. Structure, functioning and management of ecosystem. First international congress of ecology. The Hague, Netherlands, Wagening Center for Agricultural Publishing and Documentation.

- HARRE, R. 1960. An introduction to the logic of the science. Mac-Millan, New York.
- HOLLING, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological system. Annual Review of Ecology and Systematics, 4: 1-23.
- HUTCHINSON, G.E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposium, 22: 415-427.
- ISRAEL, M. 1972. Quillay: estudio del contenido de saponina en diferentes partes del árbol para mejorar su explotación y comercialización. Inst. de Investigación y Ensayos Farmacológicos (IDIEF), Universidad de Chile, Santiago.
- ISRAEL, M. 1983. Revista del Campo. 17-11-83. El Mercurio. Santiago, Chile.
- JONES, D.D. 1977. Catastrophe theory applied to ecological system. Simulation 29(1): 1-15.
- KEELEY, S. y JOHNSON, A.W. 1976. A comparison of the pattern of herb and shrub growth in comparable sites in Chile and California. An. Midl. Not. 97: 120-132.
- KERSHAW, K.A. 1964. Quantitative and dynamic ecology. New York. American Elsevier Publishing Co. Inc.
- KOLMOGOROV, A.N. y FOMIN, S.V. 1970. Introductory real analysis. Prentice Hall, Inc. London.
- KOWALL, N.E. 1971. A rationale for modeling dynamic ecological systems. En: B.C. Patten (ed.) Systems analysis and simulation in ecology. New York. Academic Press. pp. 1-119.
- LOCKER, A. 1973. Systemogenesis as a paradigm for biogenesis. En: A Locker (ed.). Biogenesis, evolution, homeostasis. A symposium by correspondence. Springer-Verlag, New York.
- LURIE, D. y WAGENSBERG, J. 1979. Termodinámica de la evolución biológica. Investigación y Ciencia 30: 102-113.

- MALDONADO, P.F. 1967. Rendimiento en corteza de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) Zona de Valparaíso. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Forestal.
- MAELZER, D.A. 1965a. Environments, semantic and system theory in ecology. *J. Theoret. Biol.* 8: 395-402.
- MAELZER, D.A. 1965b. A discussion of components of environments in ecology. *J. Theoret. Biol.* 8: 141-162.
- MARGALEF, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. En: *Perspectives in Marine Biology* (Buzzati-Traverso, Div.) University of California Press, Berkeley. pp. 323-347.
- MARGALEF, R. 1968. *Perspective in ecological theory.* Univ. Chicago Press. Chicago.
- MARGALEF, R. 1977. *Ecología.* Omega, Barcelona.
- NASON, R.L. y LANGENHEIM, J.H. 1957. Language analysis and the concept of environment. *Ecology* 38: 325-340.
- MAY, R. 1974. *Stability and complexity in model ecosystem.* New York, Princeton University Press.
- MAYNEZ del R., F.; ARMIJO, T.R. y GASTO, C.J. 1975. Clínica ecosistémica silvoagropecuaria. Fundamentos y metodología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico Científica 1: 72-136. Saltillo-México.
- MOONEY, H.A. y DUNN, E.L. 1970. Photosynthetic system of Mediterranean climate shrubs and trees of California and Chile. *Am. Nat.* 104: 447-453.
- MOONEY, H.A.; DUNN, E.L.; SHROPSHIRE, F. y SONG, L. 1970. Vegetation comparisons between the Mediterranean climate areas of California and Chile. *Flora* 159: 480-496.
- MOONEY, H.A.; DUNN, E.L.; SHROPSHIRE, F. y SONG, L. 1972. Land use history of California and Chile as related to the structure of the sclerophyll scrub vegetations. *Madroño.* 21: 305-319.

- MOONEY, H.A.; PARSONS, D. y KUMMEROW, J. 1974. Plant development in mediterranean climate. En: H. Lieth (ed.). Phenology and seasonality modeling. Springer Verlag, N.Y. pp. 255-267.
- MUÑOZ, P.C. 1966. Sinopsis de la flora chilena. Universitaria, Santiago.
- MUÑOZ, P.C. 1971. Chile, plantas en extinción. Universitaria, Santiago, Chile.
- MUÑOZ, C.J. 1973. Geología de Chile. Andrés Bello, Santiago.
- MÜLLER, R.N.; DOMBOIS, D. y ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York, John Wiley y Sons.
- NAVA, R.; ARMILLO, T.R. y GASTO, C.J. 1979. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre. Serie de Recursos Naturales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México.
- NAVAS, E.L. 1976. Flora de la cuenca de Santiago. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago. Vol. II.
- NEUENSCHWANDER, A. 1965. Contribución al estudio anatómico de la corteza de Quillay (Quillaja saponaria Mol.), y recomendaciones sobre su explotación. Universidad de Chile. Tesis Ing. Agrónomo.
- OBERDORFER, E. 1960. Pflanzensozioologische Studien in Chile. J. Cramer Verlag, Weinheim.
- ODUM, E.P. 1969. The strategy of ecosystems development. Science, 164: 262-270.
- ODUM, E.P. 1972. Ecosystem theory in relation to man. En: Wiens J.A. (ed.). Ecosystem, structure and function. Oregon State University Press. pp. 11-24.
- OLIVARES, Y.A. y GASTO, J. 1971. Comunidades de terófitas en subseres postaradura y en exclusión en la estepa de Acacia caven (Nol.) Hook et Arn. Boletín Técnico N°34. Universidad de Chile, Fac. de Agronomía. Santiago, Chile.
- OOSTING, H.J. 1956. The study of plant communities. An introduction to plant ecology. San Francisco, Freeman.

- GRIANS, H.G. 1975. Diversity, stability and naturity in natural ecosystems. En: Unifyng concept in ecology. Ed. por Van Dobbsen y Mc Connell. The Haguer Dr. W. Junk. pp. 139-150.
- PALACIOS, B.M. 1980. Estructura y sistenogénesis del matorral Acacia cavendishii (Mol.) Hook et Arn. Tesis Ing. Agr. Santiago, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile.
- PARSONS, D.J. 1976. Vegetation structure in the mediterranean climate shrub communities of California and Chile. J. Ecol. 64: 435-447.
- PARZEN, E. 1960. Introduction to stochastic processes. Wiley International Student Edition, N.Y.
- PATTEN, B.C. 1971. A pioner for ecological modeling and simulation with analogy digital computers. En: System analysis and simulation ecology. Ed. por Patten, Vol. N° 1. New York. Academic Press.
- PATTEN, B.C. 1975. Diversity, stability and naturity in natural ecosystems. En: Unifing concept in ecology. Ed. por Van Dobbsen y Lowe Mc Connell. The Haguer Dr. W. Junk. pp. 139-150.
- PIANKA, E. 1978. Evolutionary ecology. New York, Wiley and Sons Inc.
- PISANO, E. 1954. La vegetación de las zonas geográficas chilenas. Rev. Geográfica de Chile. Chile Terra Austr. 11: 95-107.
- PISANO, E. 1950. Mapa de formaciones vegetales. En: CORFO, Geografía Económica de Chile, Edit. Universitaria. Santiago.
- PRADO, J.A. 1979. Prendimiento y desarrollo en altura del Quillay (Quillaja saponaria Mol.). Inf. Técnico N° 65. Inst. Nac. Forestal. Santiago, Chile.
- PRADO, C.C. 1983. Artificialización de ecosistemas. Planteamiento teórico para su transformación y optimización. Tesis Ing. Agr., Santiago, Universidad de Chile.
- QUINTANILLA, P.V. 1981. Fitogeografía de la cuenca superior del río Maipo. Chile Central. Apartado de la revista Geográfica de Chile "Terra Australis" N° 25.

- REICHE, K. 1907. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. En: Die Vegetation der Erde, 8: Leipzig.
- REICHE, K. 1934. Geografía botánica de Chile (trad. Looser). Imprenta Universitaria. Santiago, Chile.
- REICHLÉ, D.E. 1975. Advances in ecosystem analysis. BioScience 25(4): 257-264.
- REICHLÉ, D.E.; O'NEILL, R.V. y HARRIS, W.P. 1975. Principles of energy and material exchange in ecosystem. En: Unifying concepts in ecology. Ed. por Van Dobbsen y Lowe Mc Connell. The Hague Dr. W. Junk. pp. 27-43.
- RODRIGUEZ, R.; MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Edit. de la Universidad de Concepción, Chile.
- RUNDEL, P.W. 1981. The matorral zone of Central Chile. En: Di Castri, F.; Goodall, W.D. y Specht, L.R. (editors): Ecosystem of the World II. Mediterranean - Type shrublands. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. pp. 175-201.
- SHIMWELL, D.H. 1971. The description and classification of vegetation. Sidwick and Jackson, London.
- SCHMITHUSEN, J. 1954. Waldgesellschaften des nördlichen MittelChile. Vegetation 5-6: 479-486.
- SCHMITHUSEN, J. 1956. Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. Bonner Geogr. Abh., 17: 1-86.
- SCHICKHARD, R. y PRADO, A. 1976. Respuesta del Quillay (Quillaja saponaria Mol.) y Peumo (Cryptocarya alba Mol.) a variaciones en el método de plantación. Serie: Métodos de plantación e introducción de especies. Región Árida y Semiárida. Inst. Nacional Forestal. Santiago, Chile.
- SCHLEGEL, S.P. y VITA, A. 1967. Reforestación por siembra directa con las especies forestales Quillay (Quillaja saponaria Mol.) y Peumo (Cryptocarya alba (Mol.). Looser) en la zona semiárida de Chile. Asociación Chilena de Ing. Forestales. Actas de las Terceras Jornadas. Valdivia, 1967.

- SMITH, N.; NOTTON, V. y NORAMBUENA, M.A. 1976. estudio comparativo de algunas características de la semilla del Quillay (Quillaja saponaria Mol.) recolectadas en 17 localidades en Chile. Inst. Nac. Forestal. Primer informe de avance del estudio de variación geográfica del Quillay. Santiago, Chile.
- TERRADAS, J. 1971. Ecología, hoy. El hombre y su medio. (2a. ed.). Editorial Teide. Barcelona.
- THOM, R. 1975. Structural stability and morfogenesis. Massachusetts W.A.B. Benjamin Inc.
- THROWER, N.J.W. y BRADBURY, D.E. 1973. The physiography of the mediterranean lands with special emphasis on California and Chile. En: Di Castri, F. y Mooney, H.A. (editors). Mediterranean Type Ecosystems: Origin and Structure. Springer-Verlag, New York. pp. 37-52.
- VITA, A. 1966. Reforestación por siembra directa con Quillay (Quillaja saponaria Mol.) y Peumo (Cryptocarya alba Mol.). Tesis, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía.
- VITA, A. 1969. Efecto del origen geográfico de árboles padres de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) y Peumo (Cryptocarya alba (Mol.) Looser) sobre la calidad de la semilla y supervivencia en reforestación por siembra directa. Santiago, Universidad de Chile, Ing. Forestal, Facultad Agronomía, Boletín Técnico N° 21.
- VITA, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (Quillaja saponaria Mol.). Boletín Técnico N° 28. Instituto Forestal. Santiago, Chile.
- WHITTAKER, R.H. 1953. A consideration of climax theory. The climax as a population and pattern. En: Whittaker, R.H. 1975. Communities and ecosystems. Mac Millan Publishing, Co. New York.
- WHITTAKER, R.H. 1975. Communities and ecosystems. New York, Mac Millan Publishing Co. Inc.
- ZEEMAN, E.C. 1976. Catastrophe theory. Scientific American 234: 65-83.

Ms. A.
100