

ATRIPLEX REPANDA

**ORGANIZACION Y MANEJO
DE ECOSISTEMAS CON
ARBUSTOS FORRAJEROS**



**ALFREDO OLIVARES E.
JUAN GASTO C.**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, VETERINARIAS Y FORESTALES**

CIENCIAS AGRICOLAS Nº 7

ATRIPLEX REPANDA

Organización y Manejo de Ecosistema con Arbustos Forrajeros

REPRESENTANTE LEGAL
José Garrido Rojas

DIRECTOR RESPONSABLE
Juan C. Magofke S.

DIRECTOR REEMPLAZANTE
Raúl Henríquez

EDITOR
Raúl Henríquez

PROPIEDAD INTELECTUAL: Inscripción Nº 53220

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, VETERINARIAS Y FORESTALES.

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL.

ATRIPLEX REPANDA

ORGANIZACION Y MANEJO DE ECOSISTEMAS
CON ARBUSTOS FORRAJEROS

ALFREDO OLIVARES E.

Profesor del Departamento de Producción Animal
Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales
Universidad de Chile (1963 a la fecha)

JUAN GASTO C.

Profesor del Departamento de Producción Animal
Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales
Universidad de Chile, desde 1959 a 1978.
Actualmente Profesor del Departamento de Zootecnia de la
Facultad de Agronomía
Pontificia Universidad Católica de Chile

1981

Primera edición : 1.000 ejemplares - Julio de 1981

Fotografía portada : Alfredo Olivares

Fotografía texto : Michel Etienne

Dibujos : Arnoldo Alvarez

Impreso : Talleres Gráficos de la Facultad de Ciencias
Agrarias, Veterinarias y Forestales.
Universidad de Chile
Santiago - Chile
1981

AGRADECIMIENTOS

Cuando recordamos a las personas e Instituciones que en una u otra forma contribuyeron a hacer posible la publicación de esta obra, se nos hace difícil expresarles a cada uno de ellas nuestro agradecimiento. No obstante, deseamos mencionar especialmente:

Al Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Ingeniero Agrónomo, Profesor, Sr. José Garrido Rojas por su decidido y entusiasta apoyo a la materialización de la idea de escribir un libro sobre esta materia.

Al Director del Departamento de Producción Animal Ingeniero Agrónomo, Profesor, Sr. Juan Carlos Magofke Serendero por su estímulo constante, como asimismo a la Unidad que dirige por su apoyo académico, administrativo y financiero.

A los Profesores, investigadores y alumnos del Departamento de Producción Animal que directa e indirectamente contribuyeron a la complementación de este trabajo.

Al Profesor, Sr. Raúl Henríquez por su colaboración en la revisión del manuscrito.

A la Corporación Nacional Forestal e Instituto de Desarrollo Agropecuario por su contribución al financiamiento de la publicación.

Al personal técnico y administrativo responsable de la tarea mecanográfica y de la impresión final.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| INTRODUCCION | 5 |
| I. PROBLEMA | 9 |
| <i>Enunciado</i> | 11 |
| <i>Objetivos</i> | 11 |
| <i>Fundamentos</i> | 11 |
| <i>Planteamiento</i> | 13 |
| <i>Antecedentes históricos</i> | 28 |
| II. SECANO MEDITERRANEO | 35 |
| <i>Regiones naturales</i> | 35 |
| <i>Clima</i> | 40 |
| <i>Distribución poblaciones naturales</i> | 53 |
| <i>Adaptación</i> | 55 |
| III. ARQUITECTURA | 63 |
| <i>Individuo</i> | 63 |
| <i>Descripción botánica</i> | 68 |
| <i>Anatomía y morfología</i> | 71 |
| <i>Componentes</i> | 75 |
| <i>Estructura de la planta</i> | 82 |
| <i>Poblaciones</i> | 96 |
| <i>Atributos poblacionales</i> | 96 |
| <i>Interferencia intraespecífica</i> | 99 |
| <i>Fitocenosis</i> | 109 |
| <i>Interferencia interestrata</i> | 109 |
| <i>Comparación de arquitectura</i> | 136 |
| <i>Extractos proteicos</i> | 140 |
| IV. FUNCIONAMIENTO | 147 |
| <i>Agua</i> | 147 |
| <i>Absorción foliar</i> | 147 |
| <i>Riego suplementario</i> | 151 |
| <i>Nutrientes del suelo</i> | 154 |
| <i>Función de producción</i> | 154 |
| <i>Fertilización</i> | 158 |
| V. CAMBIO DE ESTADO | 163 |
| <i>Sistemogénesis</i> | 164 |
| <i>Transformaciones</i> | 165 |

| | |
|---|-----|
| <i>Carga y descarga</i> | 171 |
| <i>Cambio de estado del individuo</i> | 175 |
| <i>Crecimiento individual</i> | 175 |
| <i>Cosecha parcial individuos</i> | 190 |
| <i>Cambio de estado de la población</i> | 202 |
| <i>Crecimiento y equilibrio poblacional</i> | 202 |
| <i>Germinación</i> | 208 |
| <i>Establecimiento</i> | 220 |
| <i>Natalidad natural</i> | 229 |
| <i>Inmigración</i> | 245 |
| <i>Cosecha de poblaciones</i> | 245 |
| <i>Epoca y frecuencia de utilización</i> | 245 |
| <i>Preferencia</i> | 251 |
| VI PRODUCTIVIDAD SECUNDARIA | 263 |
| COMENTARIOS FINALES | 281 |
| BIBLIOGRAFIA | 283 |

PROLOGO

El estado de degradación en que se encuentran los ecosistemas naturales en vastos sectores de la tierra, son el resultado de un inadecuado manejo a que han sido sometidos durante períodos más o menos prolongados de tiempo. Este es un fenómeno generalizado y muy peculiar en ecosistemas frágiles como son los que corresponden a las zonas áridas y semiáridas.

El proceso sostenido de sobrepastoreo de los ecosistemas praterenses de estas zonas, ha determinado como consecuencia una baja en la capacidad sustentadora de las praderas naturales. Esto ha provocado cambios bruscos en la sucesión ecológica que conducen, en muchos casos a cambios irreversibles, desapareciendo las especies praterenses nobles y reduciendo la cobertura y, por consiguiente la protección del suelo.

Cualquier sistema orientado al buen manejo y restauración de aquellos ecosistemas naturales praterenses, deberá conjugar una serie de acciones. Estas debieran proponer a la obtención del balance ecológico en todo el sistema e invertir el proceso de retrogradación a través de las sucesiones naturales y otras estrategias.

Una de las vías para aumentar la productividad de estos ecosistemas consiste en realizar transformaciones. Estas están orientadas a elevar la productividad, mejorar la calidad de la biomasa y restaurarla a base de cambios florísticos y de otra índole que incidan en el funcionamiento y equilibrio de la nueva fitocenosis. Estos cambios involucran el conocimiento de cada uno de los integrantes ecosistémicos del medio que se desea transformar. También es importante conocer y aplicar determinados principios

y técnicas que por un lado aceleren y orienten las sucesiones naturales y por otro permitan el reemplazo total o parcial de los elementos florísticos no palatables o de baja aceptabilidad por el ganado. El estudio y análisis de las biocenosis naturales degradadas y en etapas avanzadas de degradación permitirá el mejoramiento de esta situación, si se cambia la estratificación vertical y horizontal en forma similar a las naturales.

La adopción de criterios para la selección de los tipos de arquitectura, debe responder tanto a los aspectos netamente ecológicos, como también a las necesidades del hombre como integrante y protagonista de la biósfera. De ahí que el enfoque debe ser ecosistémico e integral a fin de que los nuevos sistemas diseñados, tiendan a optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales en las zonas áridas y semiáridas, ajustadas de acuerdo al estado de cambio y de degradación de los ecosistemas por transformarse.

Dentro de este enfoque es importante reseñar en forma secuencial, las actividades de la Universidad de Chile en las zonas áridas y semiáridas del país durante el período 1953 - 1981.

- En 1953 se inician investigaciones en agricultura y ganadería en condiciones áridas y semiáridas en la Sección Secano de la Estación Experimental Agronómica de la Universidad de Chile. En 1958 se realiza la introducción de las primeras especies exóticas forrajeras para zonas áridas y semiáridas con la colaboración de FAO, Gobierno de Holanda y Fundación Rockefeller.
- En 1961 la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile firma un Convenio con el Ministerio de Hacienda que dio origen al Programa Quinquenal de Forrajeras para la Zona Norte, Provincia de Coquimbo. En 1962 se inicia la prospección de material vegetal autóctono en la zona árida de Chile (II - III y IV Región) con el fin de formar un jardín de especies forrajeras nativas, herbáceas y arbustivas. Fruto de este programa son los resultados obtenidos con la plantación masiva en la IV Región de los arbustos del género *Atriplex*, respaldado por la acción de CONAF.
- En 1970, con el patrocinio de la Asociación de Ingenieros Agrónomos y Médicos Veterinarios de Atacama y Coquimbo (Agroveco), Plandes y la Universidad de Chile, se efectúa la primera jornada interdisciplinaria de Estudios de las Zonas Áridas del Norte Chileno, realizados en La Serena. Estas

primeras jornadas propiciaron la creación de un Centro de Estudios de Zonas Áridas, proyecto que fue presentado al Ministerio de Agricultura, la Universidad de Chile y la Corporación de Fomento de la Producción. En 1971 se realiza en Arica el Congreso Internacional de Zonas Áridas, con activa participación de la Universidad de Chile.

- En 1975 se concentra todo el esfuerzo realizado por la Universidad de Chile en las Zonas Áridas, creándose el Programa de Investigaciones de Zonas Áridas y Semiáridas (PRIZAS) de la Universidad de Chile. Este programa contó con el apoyo del Servicio de Cooperación y Asistencia Técnica (SECAT) y la participación activa de las Facultades de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ingeniería Forestal y Ciencias y la Facultad de Agronomía. Esta última unidad actuó como entidad coordinadora, función que cumple hasta la fecha. Como organismo del Estado cabe mencionar la decisiva participación de SERPLAC - IV Región y la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

— Durante el mismo año 1975, la organización de los Estados Americanos (OEA), a través del proyecto Multinacional "Estudio sinecológico de las biomas patenses de las zonas áridas y semiáridas", financió durante tres años la investigación y formación técnica de profesionales de la Universidad de Chile dentro de este campo.

- La OEA en 1977 apoya financieramente las actividades de PRIZAS que culminaron con el Congreso Internacional de Estudio de Zonas Áridas, realizado en La Serena, en enero 1980. Este evento que fue organizado por la Universidad de Chile y auspiciado por SERPLAC IV Región y OEA. Este año, se realiza en Santiago la reunión preparatoria para la conferencia sobre desertificación. También en 1977 se realiza en Nairobi, Kenya, la Primera Conferencia Internacional sobre Desertificación convocada por las Naciones Unidas. En esta reunión el país tuvo destacada participación con el trabajo "Estudio de caso de desertificación - Combarbalá", preparado por ocho profesionales chilenos, de los cuales seis son profesores de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile.

- En 1978, se inician las actividades de investigación en Zonas Áridas del Programa de Cooperación Científica y Técnica suscrito entre el Centro de Estudios Fitosociológicos y Ecológicos (CEPE), Montpellier, Facultad de Agronomía y la

Embajada de Francia en Chile. Este programa se encuentra en pleno desarrollo cumpliendo actividades de investigación en la zona árida (IV Región) y de formación de profesionales en Francia.

A pesar de todos los esfuerzos descritos, los arbustos forrajeros constituyen un potencial no completamente estudiado como recursos pratense en las zonas áridas. Como se ha señalado la Facultad de Agronomía, en 1959 inició el estudio de evaluación y prospección de especies arbustivas con potencial pratense. Esta estrategia fue adoptada y orientada a condiciones marginales de la agricultura, con el objeto de proponer alternativas de utilización para el ganado y la vida silvestre. Esta línea dio origen a un nuevo enfoque de la investigación y conservación de los recursos naturales. Las colecciones se realizaron en diferentes sectores de la zona árida y semiárida de Chile, incorporándose además algunas especies foráneas. El estudio se inicia con jardines de introducción y luego en ensayos de comportamiento, utilización y otros aspectos biológicos y agronómicos. Esto permite disponer en este momento con un cúmulo de información de relevante y original enfoque, como de significativo impacto nacional e internacional.

*El planteamiento del grupo de trabajo y de especialistas que laboró por espacio de veinte años, se orientó a establecer las relaciones fundamentales de la arquitectura y manejo de los arbustos. El objeto fue formular un modelo aplicado a la especie más promisoría. Los estudios determinaron el importante potencial de la especie nativa *Atriplex repanda*. Su función es incorporarla a sistemas pratenses pluriestratificados similares a los naturales.*

Los resultados alcanzados entre 1959 y 1980, permitieron a otras Instituciones y Organismos establecer programas de investigación, desarrollo y promoción. Este es el caso de la Corporación Nacional Forestal, Corporación de Fomento y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Culmina esta proyección nacional con la dictación del Decreto Ley 701 que sustenta un programa de significación regional al estimular la plantación de arbustos forrajeros con un sistema de subvención.

El estudio que presentan los Académicos Ingenieros Agrónomos Sres. Olivares y Gastó es de gran importancia. Representa un esfuerzo que permitió rescatar una especie natural en vías de extinción logrado con un enfoque original y constructivo. El esquema de trabajo seguido puede ser usado para otras condiciones y especies. Lo más importante, sin embargo, para lograr este objeti-

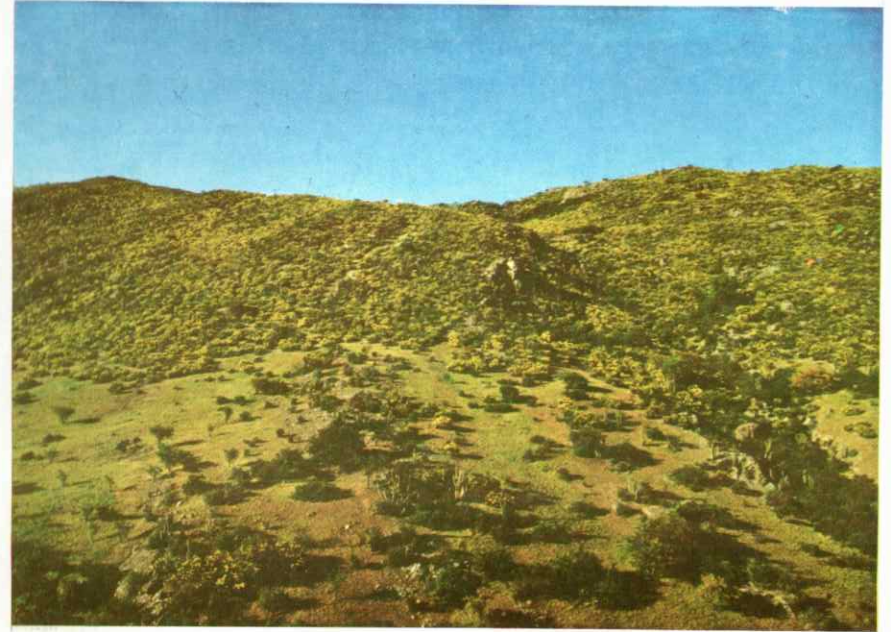
vo, además de la técnica, consiste en apoyar políticas de investigación a largo plazo, ya que muchas veces los problemas coyunturales tientan a los Institutos de Investigaciones a la resolución sólo de problemas inmediatos.

En esta obra, los autores analizan la arquitectura de la planta en la que se consideran aspectos anatómicos, morfológicos y sus componentes. Enfocan los aspectos que dicen relación con la organización de las poblaciones naturales de este arbusto y sus atributos como son la competencia intra e interespecífica. Comparan estructuras y contenidos nutritivos. Especial importancia se le da al cambio de estado como proceso natural o antrópico. Al respecto se presenta toda la secuencia biológica del crecimiento (carga) y la utilización (descarga). Se consideran además en la población aspectos referidos al crecimiento y equilibrio poblacional al ser cosechadas en distintas épocas y frecuencias.

La presentación de este interesante documento técnico constituye un valioso aporte a los investigadores que tratan de resolver los problemas básicos y aplicados en el manejo de los arbustos forrajeros. Este es el caso de las especies arbustivas que aún prosperan en las zonas áridas y semiáridas y que constituyen uno de los pocos recursos pratenses disponibles para el ganado en aquellos ecosistemas tan complejos como frágiles e inestables.

JOSE GARRIDO ROJAS
DECANO

INTRODUCCION



INTRODUCCION

Atriplex repanda Phil (Repanda), es un arbusto nativo del Norte Chico de Chile, de la región comprendida entre Quilimarí y el valle del río Huasco, entre las latitudes 28° 34' y 32° 07' latitud sur (Gastó y Contreras, 1972; Badilla, 1975), el cual fue de amplia distribución en el pasado (Opazo, 1939). Debido al manejo del recurso y en especial su sobreutilización por el ganado, las poblaciones naturales fueron drásticamente reducidas encontrándose en la actualidad, sólo algunos ejemplares aislados en lugares muy definidos.

Durante la última década, diversas instituciones, especialmente la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, han estudiado la posibilidad de introducir arbustos forrajeros como fuente de suministro de forraje para el ganado (Gastó y Contreras, 1972). Estos arbustos se caracterizan por poseer un alto contenido tanto en proteína (Goodín y Mackell, 1970; Chatterton y Goodín, 1971), y de otros nutrimentos (Koller y Tadmor, 1958). Otras características destacadas de los arbustos del género *Atriplex* son su palatabilidad (Cordier, 1974; Sarson, 1970; Le Houerou, 1971; Pisano 1966), su tolerancia a niveles altos de salinidad (Chatterton, Mackell y García, 1970) y su capacidad de absorber humedad por el tejido foliar (Arentsen, 1972).

La capacidad de crecer durante los períodos favorables del año les permite lograr productividades elevadas. Su aptitud para mantener en pie la fitomasa foliar desde la época de crecimiento hasta los períodos desfavorables del año, especialmente durante el período estival e invernal, cuando la disponibilidad de forraje proveniente de las especies terófitas mediterráneas residentes suele ser limitativa, permite disponer de forraje almacenado como heno en pie; proceso que se

realiza con un esfuerzo mínimo. Lo anterior, le da mayores probabilidades de éxito al sistema pecuario, simultáneamente con incrementar su estabilidad. La mayor fitomasa en pie del arbusto en relación a las terófitas y hemicriptófitas permite, además, reducir el efecto de la variabilidad anual de las precipitaciones en la disponibilidad de forraje.

El modelo original en el cual se basa el estudio es el ecosistema natural que existe en la región mediterránea del centro de Chile. Este ecosistema se caracteriza por presentar varias estratas de vegetación, entre las cuales predominan la de nanofanerófitas o arbustivas y la de terófitas o plantas anuales de autosiembra. Además, existen otras estratas tales como las de microfanerófitas y hemicriptófitas (Olivares y Gastó, 1971; Gastó y Contreras, 1972).

La construcción de un ecosistema mejorado, en el cual se conjuguen mejores características estructurales, funcionales y dinámicas del ecosistema natural, ha sido uno de los objetivos de esta línea de investigación. Este ecosistema organizado y optimizado sólo se puede desarrollar al conocerse los elementos estructurales que permitan regular su funcionamiento más eficiente, simultáneamente con describir su arquitectura ideal (Zúñiga, 1973).

Se ha elegido *Atriplex repanda* como especie tipo, con el objeto de integrar este estudio con los de otras especies arbustivas. En esta forma es posible llegar a integrar en un sistema simulado las relaciones existentes entre los elementos y factores que estructuran el ecosistema, su funcionamiento y arquitectura.

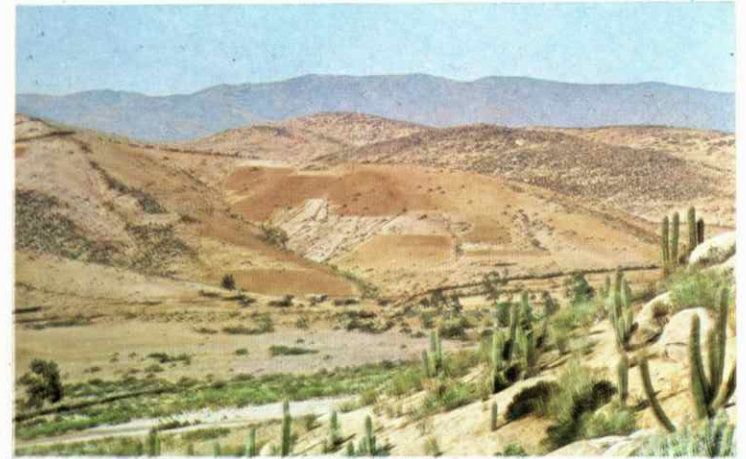
El objetivo de este estudio es presentar un esquema general de los atributos de los ecosistemas dominados por especies arbustivas de interés antrópico, como así mismo de sus posibilidades de transformación. No es sólo, por lo tanto, conocer en detalle una especie que posiblemente en el futuro demuestre no ser la mejor, al menos en lo que se refiere a su adaptación a algunos suelos, climas y usos.

El planteamiento que finalmente se presente para solucionar los problemas de la región, debe ser integral. Esto significa que debe considerarse la posibilidad de mejorar o modificar la totalidad de los componentes del ecosistema natural y no sólo realizar pequeñas soluciones a algunos de estos elementos, desconociendo completamente su influencia sobre los demás. *Atriplex repanda* es sólo un componente más del ecosistema, por lo cual su incorporación debe ser considerada dentro de un contexto global del ecosistema en particular, de la cuenca y de la región. En ciencia silviagropecuaria, como requisito previo a la transformación del ecosistema en sí, es necesario tener un marco conceptual general, que permita plantear los funda-

mentos del cambio. Dentro de este marco conceptual debe definirse, con la mayor precisión, el ecosistema que se pretende transformar. Una vez definido el ecosistema, es necesario determinar su estado y elegir, dentro de todas las posibilidades de óptimo, una de las cuales puede ser *Atriplex repanda*, aquel estado que sea de mayor conveniencia antrópica, dentro de un contexto de optimización con objetivos múltiples, lo cual permite determinar el **satisfactum**.

CAPITULO I.

PROBLEMA



PROBLEMA

Enunciado

Determinar las características óptimas de los ecosistemas de *Atriplex repanda*, tanto para el momento como para las situaciones cambiantes de tecnología y mercado.

Objetivos

- a) Cuantificar agrónomica y económicamente la transformación de la **productividad** actual en la optimizada, a través de la modificación de las variables de estado del ecosistema, y
- b) Cuantificar la **superficie** y **ambiente** que deben dedicarse al cultivo en cada predio y en el país.

Fundamentos

Los fundamentos corrientes dados a este problema, a menudo basados incorrectamente, son los siguientes:

- los arbustos forrajeros son de mayor rusticidad y resistencia a la sequía que otros grupos de plantas forrajeras;
- Atriplex repanda* es una especie más eficiente. La introducción del arbusto en la pradera de especies anuales residentes permite contar con una segunda estrata vegetal y, por lo tanto, duplicar la productividad;
- el arbusto produce un mejoramiento sustancial del microclima, con lo cual mejora el crecimiento de las estratas subordinadas;
- en los ecosistemas con una estrata arbustiva, los ciclos biogeoquímicos son más eficientes;
- el crecimiento de la planta y su desarrollo fenológico ocurre

en épocas diferentes que el de los demás componentes;

—es de mayor palatabilidad, digestibilidad y contenido proteico que otras especies;

—permite racionalizar la estacionalidad de la producción;

—presenta bajo costo de almacenamiento del forraje producido en las épocas de abundancia, para disponer de alimento durante épocas de escasez;

—es de valor en la conservación de suelos y protección de taludes, y

—puede permitir detener el desierto.

Se considera que es conveniente estudiar y resolver el problema de los arbustos forrajeros, por cuanto:

—bajo algunas condiciones ecológicas naturales y con la tecnología desarrollada, por medio de su empleo es posible elevar considerablemente la productividad primaria;

—la mayor fitomasa en pie, tiende a transformar los ciclos biogeoquímicos de abiertos a cerrados, con lo cual se puede mejorar la nutrición mineral de las plantas;

—la agricultura y ganadería de la región mediterránea necesita resolver su problema de fertilidad del suelo en forma económica y eficiente;

—la forma vital de nanofanerófitas puede permitir ocupar nichos que otras formas vitales dejen desocupados, conservando en esta forma algunos de los atributos más favorables del matorral natural;

—la sobreutilización prolongada de los recursos naturales ha tendido a una degradación de las biocenosis naturales de manera de reducir la importancia relativa de las especies más favorables, tal como ha ocurrido con *Atriplex repanda*;

El cultivo de granos y las rotaciones de cultivos han sido un factor determinante en la destrucción y retrogradación de algunas fitocenosis naturales que se encontraban en estado climácico, reemplazándolos por otros de estados pioneros e intermedios, a menudo de inferior calidad;

—algunos de los atributos fisiológicos, ecológicos, bioquímicos, anatómicos y morfológicos de esta especie arbustiva hacen pensar en la posibilidad de generar ecosistemas más convenientes;

—las condiciones cambiantes e impredecibles de mercados, precios, climáticas, plagas y hábitos alimentarios obligan a mantener un grado de diversidad que permita darle al ecosistema la estabilidad necesaria, ya que a menudo, diversidad genera estabilidad, y

—la tendencia creciente de demanda de alimentos obliga a buscar recursos baratos y eficientes para la producción, optimizándose la utilización de los recursos naturales renovables de las regiones áridas.

Planteamiento

En la resolución de problemas de recursos naturales se requiere observar el fenómeno y analizarlo de manera que permita comprenderlo y predecir su actividad. Para el hombre, el proceso cognoscitivo se logra a través de la elaboración de imágenes que no son otra cosa que una representación del fenómeno. Existen muchos modelos para construir imágenes de un fenómeno, distinguiéndose, en general, por su simpleza, su capacidad y su fidelidad de interpretar el fenómeno. Entre los estilos de imagen existen los modelos a escala, isomórficos y homomórficos.

Los problemas de los recursos naturales deben ser planteados y resueltos en su imagen ecosistémica. Esta imagen debe presentar tales características que permita comprender, plantear y resolver el fenómeno ecosistémico tal como se presenta en la naturaleza. Una vez logrado el objetivo, es necesario ejecutar la solución, lo cual implica regresar al fenómeno (Figura 1).

El sistema ecológico o ecosistema es la unidad funcional y estructural de la naturaleza. Existen varias definiciones de ecosistema que conceptualmente son similares; una de ellas es la siguiente:

Ecosistema es 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, Armijo y Gastó, 1975).

Cada unidad constituye un microecosistema, el cual se puede integrar en otros de tamaño cada vez mayor hasta formar un macroecosistema. La unión de todos los sistemas del globo terrestre en funcionamiento simultáneo e interdependiente constituye la ecósfera.

Según Evans (1956), ningún sistema ecológico es completamente independiente; todos ellos reciben y liberan recursos y elementos desde o hacia otros ecosistemas. No es válido, por lo tanto, referirse a sistemas abiertos en oposición a sistemas cerrados, pues los límites entre una unidad de ecosistema en relación a las vecinas no son nítidos y, por lo tanto, lo que le ocurre a una, afecta directa o indirectamente a todas las demás.

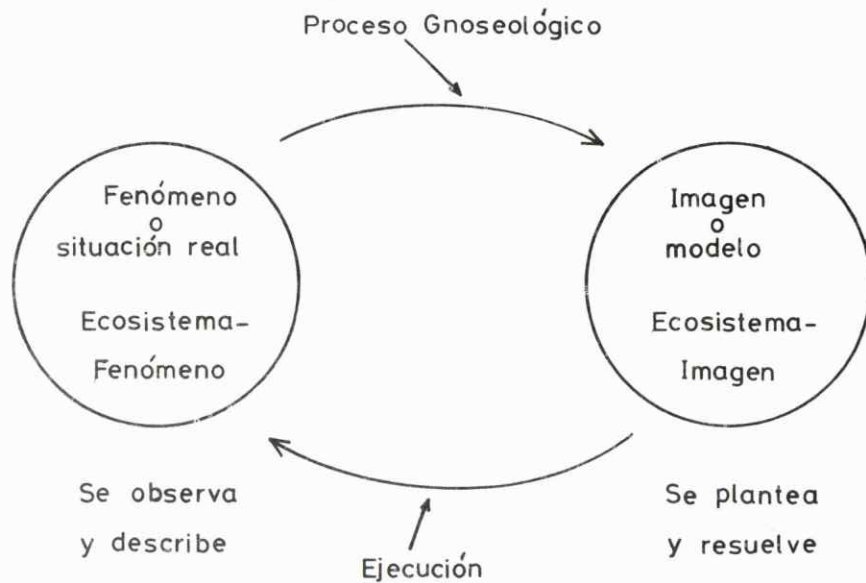


Figura 1. Diagrama del proceso gnoseológico.

Las praderas han sido definidas como los ecosistemas cuya sinusia principal produce tejido vegetal utilizable directamente por herbívoros de consumo humano. En el presente caso, la sinusia principal corresponde a la población de *Atriplex repanda*. La unidad ecológica básica es el ecosistema, el cual es el resultado de la integración e interdependencia ordenada de los elementos vivos y no vivos de la naturaleza, es decir es la unidad funcional y estructural de ésta.

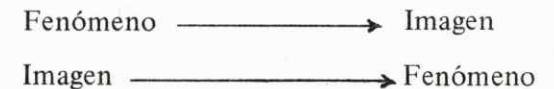
La resolución de problemas ecosistémicos es de naturaleza tan compleja que a menudo se requiere de la elaboración de hipótesis que permitan formular predicciones de su comportamiento. No es posible elaborar teorías generales de alto poder resolutivo, sin disponer de construcciones de alto nivel, ni conocer los mecanismos de operación del sistema.

Para resolver un problema de naturaleza ecosistémica se requiere, según Polya (1974) y Nava, Armijo y Gastó (1979):

- a) enunciar formalmente el problema;
- b) comprender el problema tal como se presenta y no a través de analogías superficiales de problemas similares del pasado o distantes en el espacio. Los problemas de los recursos naturales deben ser resueltos en una base del objeto en sí, que es el ecosistema, es imposible resolverlo en su totalidad sin conocer en detalle cada uno de sus elementos;
- c) concebir un plan de solución en el que se especifique el nivel de resolución apropiado, el cual debe necesariamente ser de un nivel inferior al fenómeno real. El plan de resolución requiere determinar las relaciones entre los datos y las incógnitas. Una de las instancias cruciales, dentro de esta etapa, es la dilucidación de las incógnitas pertinentes. Como parte de este proceso debe elaborarse las etapas que conduzcan a la solución del problema ecosistémico o que demuestren su insolubilidad. Lo anterior corresponde al algoritmo;
- d) ejecutar el plan de solución de acuerdo con el algoritmo propuesto, y
- e) examinar la solución y su confiabilidad.

Para comprender los problemas de los recursos naturales y concebir un plan de solución, es necesario describir el fenómeno. Lo anterior significa generar, a partir del fenómeno real, una imagen a través de la formulación de un modelo. Simbólicamente se tiene:

Modelo:



La transformación del fenómeno en imagen requiere establecer una cierta relación que permita, luego de determinar los atributos fundamentales del primero, desarrollar una imagen que corresponda en cierto sentido al fenómeno. Igualmente, esta relación debe permitir que una vez establecida la imagen, exista la posibilidad de contrastar imagen y fenómeno.

El requisito indispensable para la resolución formal de problemas de recursos naturales está dado por la capacidad de establecer re-

laciones fieles del tipo fenómeno-imagen. La imagen es una representación más o menos fiel de algunos de los elementos del fenómeno. La imagen que se construya de un fenómeno puede ser una representación que esté contenida dentro de una gradación de ajustes al fenómeno actuante del cual sólo algunos atributos son los observables.

Según Bunge (1973), la profundidad de las teorías puede caracterizarse por la posesión de tres atributos:

- la presencia de construcciones de alto nivel;
- la presencia de un mecanismo, y
- una intensa capacidad de explicación.

Las tres propiedades están íntimamente vinculadas. Sólo introduciendo conceptos de alto nivel, es decir, empíricos, puede formularse hipótesis sobre mecanismos inobservables, y sólo lo que por hipótesis ocurre en las profundidades puede explicar lo que se observa en la superficie (Bunge, 1973).

Las teorías del tipo de caja negra consideran al elemento, que puede ser una variable de estado o conjunto de variables de estado, constituyendo un sistema cualquiera o ecosistema, como si estuviera desprovisto de estructura interna; de manera de considerar sólo su comportamiento global al ser tratadas como una unidad simple (Bunge, 1973).

Dadas las características propias de la caja negra de presentar paredes no transparentes, no es posible conocer directamente su contenido. Su estructura interna puede inferirse al hacer variar y cuantificar los estímulos y las respuestas para lograr finalmente establecer su función de comportamiento (Figura 2). Consecuentemente, y de manera hipotética es posible, en etapas sucesivas, construir la imagen conceptual de su estructura interna (Bunge, 1973).

Las teorías del tipo de caja negra pueden esquematizarse de la siguiente forma:

$$\rho = \epsilon \cdot \beta$$

De manera de relacionar las variables periféricas de estímulo ϵ y respuesta ρ con la variable mediadora β o función que relaciona a las variables periféricas (Bunge, 1973). La variable mediadora debe corresponder a:

$$\beta : \epsilon \longrightarrow \rho$$

La variable mediadora β debe resumir las propiedades de la caja negra, pero no se deriva de sus propiedades. La variable β es sólo un vínculo sintáctico que permite establecer relaciones particulares o generales entre los estímulos y las respuestas. Las teorías del tipo de caja negra consideran variables mediadoras β sin su correspondiente interpretación. En la medida que se vaya logrando una mayor interpretación de la variable, donde se incluya un mayor acopio de respaldo teórico y conceptual de manera de lograr una mayor comprensión de su contenido y operación, la caja negra se transforma gradualmente en traslúcida (Bunge, 1973).



Figura 2. Teoría del tipo caja negra que considera el elemento como desprovisto de estructura, donde intervienen variables periféricas ϵ y ρ vinculadas mediante la variable mediadora β .

En la actualidad, no es posible ni conveniente pretender resolver en forma pragmática problemas ecosistémicos complejos que requieren conocer y comprender sus mecanismos con un alto grado de detalle y precisión. Las soluciones superficiales, basadas sólo en interpretaciones ecosistémicas con un enfoque de caja negra concluyen por conducir a un oscurantismo científico que, finalmente, no permiten siquiera resolver los problemas de índole práctica, que sean de naturaleza más sencilla. Las teorías representacionales son, en consecuencia, las de mayor valor, las más predictivas y las que

permiten resolver un mayor número de problemas de naturaleza práctica (Bunge, 1973).

Puesto que el estudio de ecosistemas bajo el concepto de caja negra entrega al investigador cierta información y cuando las parejas estímulo-respuesta estén especificadas, no se puede esperar más de la caja negra. En este caso, la imagen del fenómeno visto como caja negra, está identificado, a lo sumo, en forma isomórfica (Ashby, 1956).

El ecosistema consta de dos atributos fundamentales que definen su estado. Uno de ellos es el aspecto anatomomorfológico o apariencia física, es decir, que representa los aspectos tangibles o de forma y se denomina arquitectura. El otro es la traslocación y transformación de materia, energía e información, y corresponde a la fisiología del ecosistema, lo cual se denomina funcionamiento.

Una forma de estudiar el modelo ecológico de la naturaleza es separándolo en dos partes: arquitectura y funcionamiento. Cualquier clasificación que se haga es, sin embargo, selectiva y por ello es, también, arbitraria (Hospers, 1954). Esta forma de estudio es análoga a la que se sigue en biología, donde los organismos se estudian desde un punto de vista fisiológico o de su funcionamiento y anatomomorfológico o de su arquitectura.

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 o 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.

Los estudios morfogénicos permiten conocer los cambios en la forma que ocurren en el ecosistema, considerados como un proceso ordenado, y cuyo resultado es consecuencia del estado y funcionamiento anteriores. La sistemogénesis considera, además de los cambios morfogénicos o de arquitectura, los procesos de cambio de estímulos que operan simultáneamente con la arquitectura propia de cada instante.

Cualquier estudio ecosistémico debe considerar, por lo tanto, dos aspectos:

- a) el estado del ecosistema, definido a través de su arquitectura y funcionamiento, y
- b) el cambio de estado.

La identificación de los elementos pertinentes de la arquitectura permite diseñar modelos y estudiar la relación entre la forma y el funcionamiento de los mismos (Klir, 1969). El diseño arquitectónico de los ecosistemas no debe ser el producto de la imaginación y emotividad del momento, sino que debe obedecer a normas generales que relacionen la arquitectura con el funcionamiento esperado. El problema de diseñar y construir arquitecturas de ecosistemas es de naturaleza tan compleja como el de cualquier otra rama de la ingeniería de sistemas, diferenciándose sólo en la naturaleza del problema.

El conjunto ordenado de variable de estado de un ecosistema constituye la arquitectura, que consta de cuatro subconjuntos de componentes isomórficos fundamentales:

ecotopo o recursos abióticos;
habitat o intensidad del ambiente físico;
autotrofocenos o comunidad de fotosintetizadores, y
heterotrofocenos o comunidad de consumidores.

El ordenamiento de las variables o arreglo del ecosistema está representado por los niveles de integración y por la organización topológica (Caswell *et al.*, 1972). Simbólicamente se representa como:

$$\sigma(\eta)$$

donde: σ representa el arreglo topológico, denotando tanto los aspectos cualitativos como cuantitativos, y η el tamaño de las variables de estado que le integran es decir, el vector topológico.

Por definición de arquitectura se tiene que:

$$\Lambda = \Lambda(\eta, \sigma), \text{ con} \\ \Lambda(\eta, \sigma) = [\sigma(\eta)]_n$$

El conjunto $[\sigma(\eta)]_n$ que contiene n elementos se puede decomponer en dos subconjuntos mutuamente excluyentes, tales que:

$$[\sigma(\eta)]_n = [\sigma_R(\eta)]_k + [\sigma_V(\eta)]_{n-k}$$

El primer conjunto $[\sigma_R(\eta)]_k$ representa el conjunto de elementos topológicos reales que constituyen la arquitectura, y el segun-

do conjunto, $[\sigma_V(\eta)]_{n-k}$ representa el conjunto de elementos virtuales de Λ . Puesto que los elementos que integran los dos subconjuntos pertenecen a clases diferentes, la unión de estos subconjuntos se puede reagrupar como:

$$[\sigma_R(\eta) + \sigma_V(\eta)] [\sigma_R, \sigma_V]_n$$

pudiéndose escribir la ecuación:

$$\Lambda(\eta, \sigma) = [(\sigma_R, \sigma_V)]_n$$

Los componentes reales $[\sigma_R]$ se pueden, a su vez, subdividir en tres subconjuntos, a saber:

$$[\sigma_R] = [\sigma_A] + [\sigma_B] + [\sigma_E]$$

representando el conjunto de variables de estado del abiotopo, autotrofocenos y heterotrofocenos, respectivamente.

El conjunto virtual $[\sigma_V]$ representa el conjunto de variables de estado que actúan por presencia sobre otras, sin intervenir de manera directa, es decir, se comportan como catalizadores del ecosistema; en otras palabras, el conjunto de elementos virtuales de arquitectura está dado por el subconjunto de elementos del hábitat $[\sigma_H]$

El funcionamiento del ecosistema interesa a los especialistas en el manejo de recursos naturales y en ciencias silviagropecuarias, puesto que de ello depende su productividad y estabilidad. La arquitectura, sin embargo, es el elemento donde se centran los procesos de funcionamiento. Por eso, en la práctica, el mejoramiento del funcionamiento se logra a través del mejoramiento de la arquitectura o del aporte de estímulos al sistema.

El funcionamiento y la mantención de la arquitectura de los ecosistemas no es una resultante del azar, sino que está regido por mecanismos propios de control. La ciencia que estudia estos mecanismos es la cibernética. Es posible aplicar los principios generales de la cibernética al estudio de los procesos de control de los ecosistemas, en cuyo caso corresponde a la ecocibernética.

Ningún ecosistema es absolutamente independiente de los demás y su funcionamiento y arquitectura están regulados por la tasa de aportes y pérdidas de elementos desde o hacia los ecosistemas cir-

cundantes o el hombre organizado. El cambio de estado de los componentes del sistema ocurre a través del intercambio de estímulos. Los estímulos a los que está condicionado el ecosistema son: materia, energía e información (Becht, 1974).

La respuesta del ecosistema corresponde a la antítesis de los estímulos y, como tal, debe también ser: materia, energía e información.

Los sistemas ecológicos no son independientes de los demás, pues reciben estímulos desde otros ecosistemas y liberan recursos que van a otros ecosistemas del globo (Evans, 1956). No es válido, por lo tanto, referirse a sistemas abiertos en oposición a sistemas cerrados, pues los límites entre una unidad de ecosistema en relación a las vecinas no son nítidos y, por lo tanto, lo que ocurre a uno afecta, en alguna forma, a todos los demás.

Los conceptos de estado y cambio de estado de un ecosistema son importantes porque, en un momento dado, son útiles para conocer las condiciones específicas en las que se encuentra el sistema observable y las transformaciones del mismo por unidad de tiempo. El estado del sistema se define por sus componentes y arquitectura y sus procesos de funcionamiento.

El estado de un sistema es el modo o condición de existir. En ciencias de sistemas, el estado usual está dado en una definición operacional en términos de las variables de estado. En otras palabras, el estado de un sistema es la condición de las variables de estado, estando definidas por sus partes componentes, atributos observables o agrupamiento arbitrario de partes (Patten, 1971).

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

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

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

Existe una correspondencia homomórfica entre los componentes topológicos $\sigma_i(\eta)$ y las variables de estado $[x_i]$ de manera que se puede establecer una relación del tipo siguiente:

$$\sigma_i(\eta) \longrightarrow [x_i]$$

Igualmente, existe una relación entre los vectores ϵ y ρ y cierto subconjunto de variables de estado $[x]_\epsilon$ y $[x]_\rho$ de manera tal que presentan particiones de las clases de equivalencia de los historiales de los estímulos.

Los vectores de estado \vec{x}_i , pueden corresponder funciones vectoriales de funcionamiento para un tipo y nivel de estímulo dado.

Los vectores de estado están dados por:

$$\vec{X}_i = (x_1, x_2, \dots, x_n); \text{ o } \vec{X}_i = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

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

Si $E(t)$ es el estado o conjunto de vectores de estado de un sistema al tiempo t , lo que a su vez está dado por las variables de estado, entonces el estado futuro al tiempo $t+1$ puede ser representado como:

$$E(t+1)$$

Si por lo menos una de las n variables de estado ha cambiado durante este intervalo, entonces:

$$E(t) \neq E(t+1)$$

y la ecuación de tasa de cambio para la variable de estado x_i se expresa como:

$$\frac{\Delta x_i}{\Delta t} = \frac{x_i(t + \Delta t) - x_i(t)}{\Delta t}$$

En general, es factible definir el estado E de un ecosistema en términos del triplete $(\epsilon \beta \rho)$ dado por las ecuaciones:

$$\rho = \rho(\epsilon, \beta)$$

$$\beta = \beta(\epsilon, \Lambda); \frac{d\Lambda}{dt} = M(\Lambda, \epsilon, t)$$

$$\Lambda = \Lambda(\eta, \sigma); \sigma = \sigma(\eta)$$

Estas ecuaciones generales determinan el estado de un sistema en términos de:

- su estímulo ϵ .
- el comportamiento β , y
- su arquitectura Λ , determinada ésta a la vez por
- su arreglo topológico σ , y
- el número y dimensión de los componentes η ; y
- $M(\Lambda, \epsilon, t)$ es la función sistemogénica, es decir, cambio de arquitectura y estímulo.

Cabe mencionar que ρ , β y ϵ dependen implícitamente del tiempo y en su acepción más amplia, representan procesos estocásticos (Figura 3). La magnitud de estímulos y de la respuesta se expresa normalmente en forma de tasas.

El estado del ecosistema agropecuario puede variar dentro de márgenes muy amplios; pero su organización y manejo deben ser el resultado del estudio detenido del estado inicial y de su transformación, establecida con un criterio de optimización antrópica. Dada la importancia de la arquitectura y su posibilidad de determinar y elegir una que se aproxime al óptimo, es necesario plantear formalmente las rutas por seguir para alcanzar el estado seleccionado. El proceso de cambio de estado que ocurre en el tiempo se denomina génesis y está regido por principios generales. No basta con seleccionar la arquitectura y la ruta por seguir en el proceso de génesis, sino que es necesario también que una vez que se alcance el estado elegido, que supuestamente corresponde al óptimo, sea posible mantenerlo.

El ecosistema tiene mecanismos que regulan su funcionamiento y cambio de estado. La ciencia que estudia el control y la comunicación en los sistemas es la cibernética. Específicamente, la regulación del ecosistema y los diversos mecanismos de control están dentro del

campo de la ecocibernética. Los ecosistemas de recursos naturales renovables, que se encuentran en un estado distinto del óptimo, pueden ser estudiados dentro del marco de la metodología clínica de ecosistemas.

Los mecanismos reguladores del ecosistema limitan el número de organismos presentes, influyen su fisiología y comportamiento y controlan la calidad de movimiento y circulación de materia y energía.

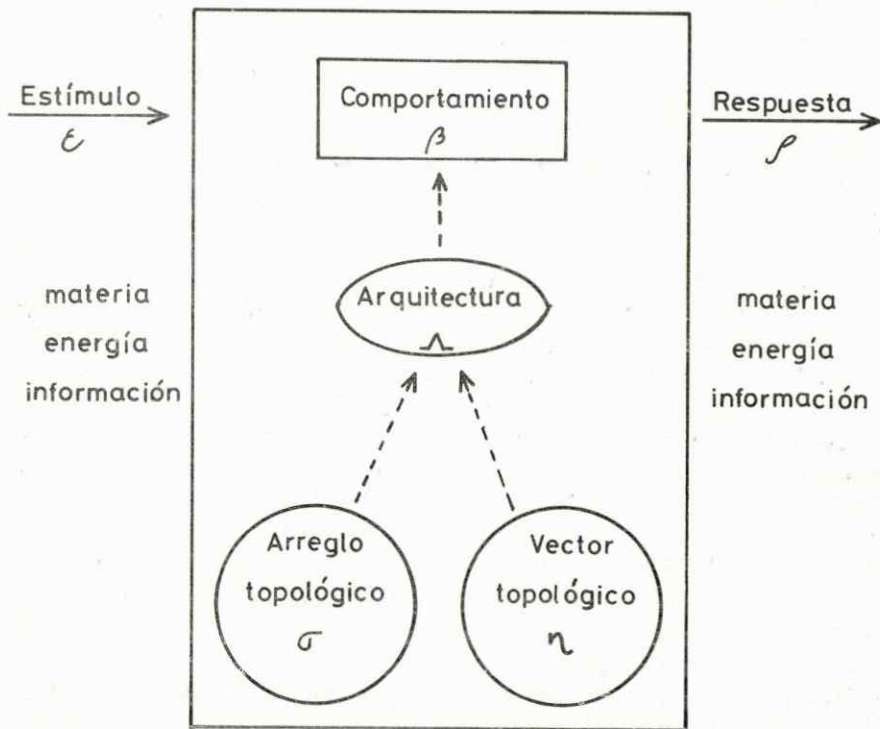


Figura 3. Modelo homomórfico del ecosistema.

Los procesos de crecimiento, reproducción, mortalidad, migración y adaptación se encuentran entre los mecanismos reguladores más importantes. En ausencia de tales mecanismos funcionando adecuadamente, ningún ecosistema puede continuar existiendo y mantener su identidad (Evans, 1956).

Ecocibernética está relacionada con el diseño y operación de los mecanismos de control de ecosistemas, a partir de componentes con propiedades conocidas e integradas de tal forma que sean susceptibles de ser regulados. Los ecosistemas naturales, en el estado que se encuentren, pueden ser identificados y descritos a través de la formulación matemática y de modelos homomórficos, de manera que su funcionamiento sea predecible, situación que corresponde al campo de la ecocibernética.

Un sistema cibernético es el conjunto formado por un sistema dinámico, sujeto a control y un sistema que lo ejerce (Parin y Baievsky, 1969). El sentido general de las acciones de todo sistema cibernético radica en que siempre tiene efecto un intercambio de información entre el sistema que ejerce el control y el controlado.

En el proceso de planificación de la transformación del ecosistema en estado E_i en uno en estado óptimo o meta E_o , deben considerarse como únicas alternativas la modificación de: los estímulos ϵ , el arreglo topológico σ , o el número y dimensión de los componentes η . Para ello, es necesario aplicar un operador ecosistémico de manera que permita modificar el estado inicial en estado meta. Simbólicamente, se tiene:

$$E_i \xrightarrow{\pi_{i0}^1} E_o$$

donde π_{i0}^1 es el operador ecosistémico que permite efectuar el cambio de estado a través de una ruta 1.

Una operación funcional es una transformación que se lleva a cabo en un espacio cuyos elementos son funciones (Kolmogorov y Fermín, 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 dado. En forma análoga al concepto anterior, se puede definir una operación funcional ecosistémica a través de un operador funcional π_{i0}^1 que permita efectuar un cambio de estado, desde un estado E_i inicial a un estado E_o final a través de una ruta 1.

Estas operaciones funcionales ecosistémicas dependen de los estímulos incidentes en el ecosistema. En general, se tiene que si $E_i(t_i)$ es el estado inicial del sistema y $E(t_0)$ el estado final, el cambio de estado de $E_i \longrightarrow E_0$ requiere de la aplicación de un operador funcional π_{i0}^1 definido para la ruta 1. La ruta de transformación 1, se define como el conjunto de estrategias $[e_m]$ utilizadas en la transformación. Dado que los estímulos corresponden a la adición de materia, energía e información al sistema, involucran, por lo tanto, la aplicación de un trabajo. La dependencia del operador funcional π_{i0}^1 con los estímulos, implica la existencia de una función que mide la cantidad de trabajo requerida para lograr la transformación. El término trabajo se utiliza bajo la acepción de energía generalizada, incluyendo la energía aplicada como tal al ecosistema y a la materia cuantificada en términos de energía requerida para su transformación y aplicación. Este trabajo se puede cuantificar en términos de unidades de energía empleadas en la transformación ecosistémica, pudiendo expresarse en joules, ergios, calorías o cualquier otra unidad energética (Pimentel *et al.*, 1973).

La transformación de un estado de ecosistema en otro, es de por sí un proceso probabilístico, lo cual implica considerar la probabilidad de efectuar el cambio. Lo anterior motiva la siguiente definición: Sea P la probabilidad de llegar de un estado E_i a un estado E_j a través de una ruta 1, con la aplicación de un operador funcional π_{ij}^1 . Esta probabilidad estadística está dada por:

$$P_{ij} = P(\Delta E_{ij}; \pi_{ij}^1) = \frac{N(E_j)}{N(E_k)} \text{ para } \pi_{ij}^1, \text{ donde:}$$

ΔE_{ij} representa el cambio de estado producido por π_{ij}^1

$N(E_j)$ es el número de casos en el cual se llega al estado j , a través de la aplicación de π_{ij}^1 , y

$N(E_k)$ es el número de casos en el cual se llega a un estado k cualquiera, incluyendo al estado j meta.

En general, el operador ecosistémico π_{ij}^1 que permita transformar de $E_i \longrightarrow E_j$ está dado por una relación R_1 tal que:

$$\pi_{ij}^1 = R_1(\omega_{ij}, t_{ij}, P_{ij}), \text{ donde:}$$

ω_{ij} , es el trabajo requerido para transformar el ecosistema desde el estado i al j .

t_{ij} , es el tiempo para efectuar la transformación del estado i a j .

P_{ij} , es la probabilidad de efectuar la transformación desde el estado i a j , y

R_1 es la relación entre ω_{ij} , t_{ij} y P_{ij} al seguir una ruta 1 y pasar desde estado i al j .

Un operador funcional es, por lo tanto, el estímulo que debe aplicarse a un ecosistema en estado E_i para transformarlo en un estado E_j en un tiempo t_{ij} , con cierta probabilidad P_{ij} de éxito de transformación y con cierto trabajo ω_{ij} .

La aplicación de π involucra necesariamente la utilización de cierta cantidad de energía con el fin de cambiar $\sigma(\eta)$. Una parte de la energía se disipa luego de ser utilizada para cambiar el arreglo topológico $\sigma(\eta)$. Este último afecta el comportamiento β del ecosistema. Otra parte de esta energía puede ser almacenada en el sistema, siendo susceptible de liberarse posteriormente. De la energía empleada en el cambio del arreglo topológico $\sigma(\eta)$, una parte puede ser retenida en el ecosistema, implicando un cambio de su comportamiento.

Puesto que los estímulos adicionados al ecosistema pueden ser: materia, energía e información, el arreglo topológico del sistema debe contemplar estructuras anátomo-morfológicas capaces de inferir los estímulos, de acuerdo a su naturaleza y magnitud. Es por ello que no sólo debe considerarse el arreglo topológico $\sigma(\eta)$ que está relacionado con el nicho correspondiente a cada componente, sino que su dimensión η , lo cual implica territorialidad del componente.

El ecosistema debe ser considerado como una unidad susceptible de almacenar materia, energía e información. Por lo tanto, debe caracterizarse por manifestar una capacidad de almacenamiento, una eficiencia de conservación de la carga, un costo de almacenamiento y una velocidad de carga y descarga.

Carga ecosistémica es el contenido de materia, energía e infor-

mación de un ecosistema en un momento dado. Se entiende por carga Q el valor total de los diversos tipos de energía contenida en el ecosistema en un instante dado:

$$Q(t) = \sum c_i U_i(t), \text{ donde,}$$

U_i es la energía del tipo i contenido en el ecosistema, y c_i es el coeficiente del valor ecológico de la calidad de energía que depende del contenido de información.

La acumulación de energía en el ecosistema significa un cambio de arquitectura debido a una transformación de $\sigma(\eta)$, por lo cual el comportamiento β del ecosistema se modifica. Es por ello que, como es necesario optimizar su comportamiento debe controlarse la carga y descarga, dentro de los márgenes de optimalidad de β .

Antecedentes históricos

Dentro del contexto general de las especies arbustivas, especialmente de la familia Quenopodiácea, es posible distinguir etapas de desarrollo del estudio de *Atriplex repanda*. La primera etapa corresponde a la descripción botánica de la especie por Phillippi en 1895. Luego se elaboró la clave para la identificación de las especies del género *Atriplex* (Reiche, 1911).

La primera especie exótica de este género, fue introducida al país por Concepción ($36^{\circ}51'$ latitud sur y $73^{\circ}02'$ longitud), aproximadamente en el año 1900. El cultivo de esta especie, *Atriplex semibaccata*, posteriormente fue de amplia difusión y marcó un hito importante en el desarrollo del cultivo de especies de este género.

En esta época se difundió e intentó su cultivo en diversas localidades de la zona central y centro sur, especialmente en la zona de Colchagua; pero su comportamiento en el terreno hizo que fuera gradualmente desplazada al Norte Chico.

La cuarta etapa de su desarrollo se caracteriza por la aparición de los primeros artículos en la literatura agrícola nacional, relacionados directamente con el tema. La fuente de esta información son los relatos de viajeros chilenos sobre el cultivo de *Atriplex nummularia* en Australia a comienzos del presente siglo, en 1902, artículos que aparecieron publicados en revistas nacionales. Posteriormente, se escribió con mayor profusión sobre otra especie, también australiana, *Atriplex semibaccata* cuyo cultivo alcanzó gran difusión en el Norte Chico durante el primer tercio de este siglo (Opazo, 1939). Esto mismo

hizo poner mayor atención en las poblaciones naturales de plantas de este grupo, describiéndose la distribución, características forrajeras y adaptación de *Atriplex repanda* (Opazo, 1939). En esa época se reconoce su importancia; pero no se realizan acciones para estudiar su cultivo e incrementar las poblaciones naturales.

En 1959 se organizó la primera colección de semillas de especies forrajeras nativas, lo cual permitió establecer colecciones en el terreno de este germoplasma. Con el fin de incrementar estas colecciones se organizó un viaje al Norte Grande, donde se colectó diversas especies, entre las que se incluía diversas taxas de *Atriplex*, provenientes de varios ambientes y localidades de la región. Se hizo, además, varios viajes al Norte Chico donde se incrementó las colecciones. El estudio sistemático de estas colecciones y su comportamiento en el terreno permitió posteriormente seleccionar las mejor adaptadas y más productivas. Los estudios se realizaron por la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Posteriormente se recibió colecciones de otros países, lo cual hizo posible su comparación con el material nativo.

Los resultados promisorios demostrados por las especies nativas hizo que se ampliaran considerablemente sus estudios, especialmente en el período comprendido entre 1963 y 1966. La escasez de literatura extranjera relacionada con el tema y la poca tradición experimental en ambientes de secano hizo que los resultados experimentales positivos alcanzados en este período fueran considerados con precaución, pues en las naciones mediterráneas, con mayores tradiciones en investigaciones de secano, prácticamente se ignoraba a este grupo de especies, dándosele mayor importancia a las leguminosas y gramíneas anuales, como así mismo a algunas gramíneas perennes. En este período se estableció masivamente diversas plantaciones en el Campo Experimental de La Rinconada de Maipú, iniciándose formalmente la línea de investigación cuyos resultados más sobresalientes se presentan en este trabajo.

En el período comprendido entre 1969 y 1976 se realizó una intensa actividad de investigación, ampliándose considerablemente los estudios iniciados en el período anterior. Por razones de índole práctica se seleccionó una de las especies arbustivas que se presentaba entre las más sobresalientes, aunque no era necesariamente la mejor. Esta decisión permitió reducir a un mínimo el número de especies y estudiar, en esa forma, un mayor número de funciones ecosistémicas.

El objetivo planteado en esta línea de investigación, fue así formalmente establecido hacia la búsqueda de las funciones de arquitecto

tura y funcionamiento que permitiera eventualmente desarrollar y formular un modelo simulado general aplicable a la especie.

Las tradiciones ecológicas de la Estación Experimental Agronómica fueron de importancia decisiva en la formulación de la hipótesis de trabajo, en una etapa donde el mayor énfasis había sido puesto en las alternativas de cultivos y agricultura. Las investigaciones relacionadas con la dinámica sucesional del ecosistema unido a los estudios fisionómicos de la vegetación permitió establecer los fundamentos del desarrollo de ecosistemas mejorados basándose en los elementos ecológicos y agronómicos más pertinentes.

Los antecedentes empleados en el planteamiento del problema han permitido enunciarlo partiendo de una base agronómica donde, a través de la aplicación de algunas técnicas agrícolas, es posible establecer artificialmente poblaciones de la especie, tendientes a la generación de ecosistemas arbustivos mejorados.

En los ambientes mediterráneos de Chile se requiere que el origen del ecosistema dominado por *Atriplex repanda* sea agronómico, por cuanto no existen poblaciones naturales de importancia, tanto de la especie como del género. Las etapas sistemogénicas siguientes, una vez establecida la población, se fundamentan en principios ecológicos, especialmente en lo concerniente a arquitectura, funcionamiento y cambio de estado.

Fue necesario que el planteamiento formal del problema, a través de todo el período y para las diversas zonas consideradas, se hiciera con un enfoque adaptado al medio local, al cual puede denominarse agronómico-ecológico, donde se integra el origen agronómico unido a su génesis ecológica. Ello contrasta con otros países, donde su planteamiento ha sido puramente ecológico, como ocurre en aquellos países donde existen buenas poblaciones naturales de especies de este género. En otros países o regiones, donde no existen poblaciones naturales de importancia, el planteamiento ha sido puramente agronómico o de cultivos.

El éxito alcanzado en los estudios experimentales y demostrativos, como así mismo en el planteamiento agronómico-ecológico desarrollado, hizo que otras instituciones comenzaran a interesarse en la aplicación y difusión de los resultados. Fue así como la Corporación de Fomento de la Producción estableció convenios de investigación con personal de la Estación Experimental Agronómica para que realizaran experiencias en el sector ubicado al norte de la Quebrada de Amolanas, en el Centro Demostrativo Corral de Julio, en la provincia de Coquimbo; estudios que se iniciaron en el año 1970. En forma

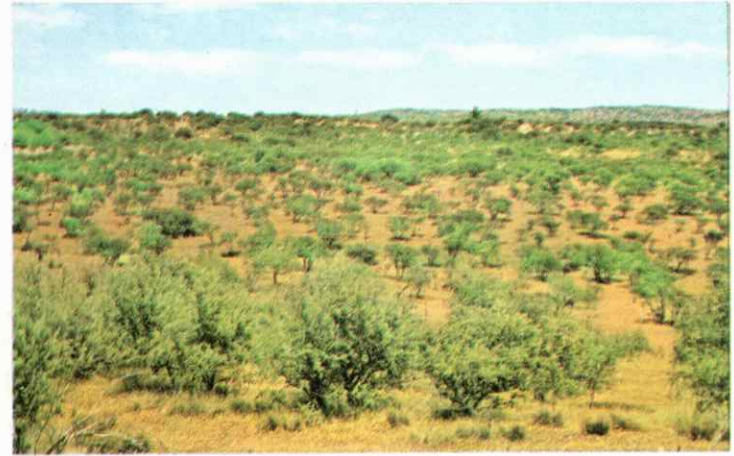
análoga, el Servicio Agrícola y Ganadero, a través del Servicio de Conservación de Suelos, DICOEN, en 1971 solicitó también la colaboración del personal de la Estación Experimental Agronómica, tanto para el diseño de la investigación como a través de la entrega de semillas y plantas de vivero, con lo cual se inició la experimentación en Los Vilos. En 1975, este Centro Ecológico de Los Vilos pasó a depender administrativamente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), en 1976, luego de analizar los resultados de la investigación existente, inició programas masivos de plantaciones de arbustos; plantaciones que se ampliaron rápidamente al acogerse al Decreto 701, que tiende a estimular las plantaciones forestales.

La superficie plantada de arbustos, en especial de *repanda* en el año 1975 fue de sólo 4 ha; al año siguiente alcanzó a 404 ha. En 1977 el total plantado fue de 1.115 ha y en 1978 de 2.800 ha. En la temporada de 1979, debido a la extrema sequía, no se presentan las condiciones adecuadas de humedad para su establecimiento, con excepción de algunos sectores muy reducidos del extremo sur de la IV Región, por lo cual la superficie plantada sólo alcanzó a 200 ha. En otras regiones del país también se han hecho plantaciones, pero su éxito ha sido limitado. Del éxito alcanzado por estas plantaciones dependerá en una buena medida el futuro del cultivo.

CAPITULO II.

SECANO MEDITERRANEO



Regiones naturales

La división del país en regiones naturales que presentan similitud climática, fisiográfica, edáfica y vegetacional, permite conocer la ubicación y tamaño de sectores que requieren un tratamiento similar de manejo y utilización de la cubierta vegetal. Estos sectores, además de tener capacidades de uso similares, presentan potenciales productivos y problemas socioeconómicos parecidos.

Rodríguez (1959-1960) ha reconocido las siguientes regiones naturales para las latitudes comprendidas entre los sectores norte y central de la Región Metropolitana de Chile (Figura 4). Las descripciones que aparecen a continuación son un extracto de su trabajo, además de algunas observaciones de Gastó y Contreras (1972) y de los autores de este estudio.

Región de las serranías y lomas con vegetación arbustiva - xerófita

La región de las serranías se caracteriza por presentar tres subregiones diferentes, tanto en su ubicación geográfica, como en su fisiografía. La subregión de las Serranías se caracteriza por presentar una vegetación arbustiva de carácter xerófito, a menudo cubriendo densamente la superficie edáfica. Se extiende entre las latitudes 30° y 34° L.S. y hasta altitudes de 700 a 1.000 metros sobre el nivel del mar.

La limitante principal para la producción de forraje de esta región es el déficit pluviométrico, pues las precipitaciones varían entre un mínimo de 100 mm al año, en el extremo norte de la IV Región y 700 mm al año en el sur, en la VI Región. Otra limitante im-

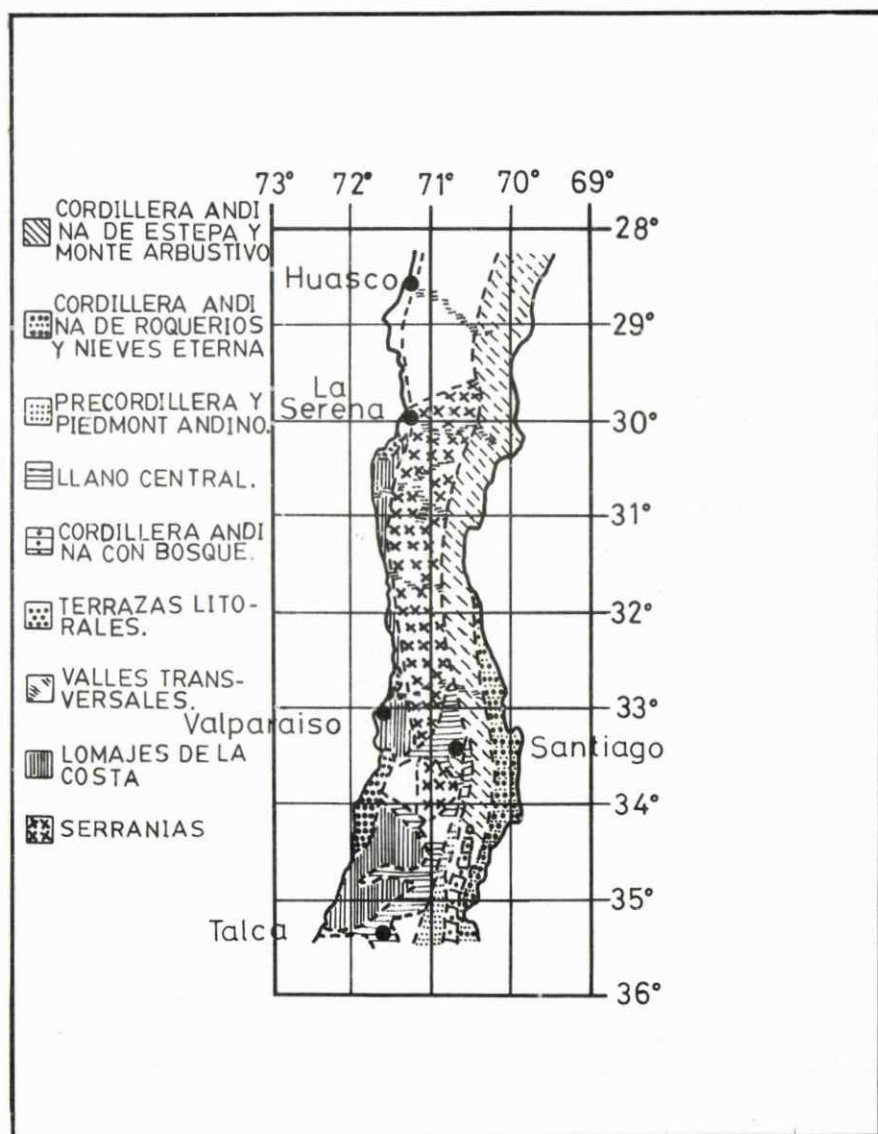


Figura 4. Regiones naturales del Norte Chico y parte de la zona Central de Chile, según Rodríguez (1959 - 1960)

portante es la pendiente que frecuentemente fluctúa entre 30 a 50% y corresponde, además a suelos delgados, pedregosos y de baja productividad.

La subregión de los lomajes de la Costa presenta una topografía ondulada con pendientes fluctuantes entre 8 y 20% y con una altitud media variable entre 300 y 500 msnm correspondiente a la formación originada por la Cordillera de la Costa. La precipitación aumenta con la altitud y latitud entre 200 y 1.000 mm, y se registra durante los meses fríos en el invierno, manteniendo veranos secos por períodos de 5 a 9 meses.

Las características fisiográficas y edáficas son responsables de alta susceptibilidad a la erosión laminar y de cárcava en los suelos con insuficiente protección de la vegetación. El cultivo de cereales involucra tradicionalmente, barbecho desnudo, el cual favorece la erosión. Los rendimientos decrecientes año tras año de los cereales son una evidencia de la alteración del componente edáfico del ecosistema natural, sumado a la incidencia de la variabilidad estacional y anual de las precipitaciones. La rotación barbecho-cereal-pradera natural ha sido perjudicial para el suelo, además de ser un factor de agotamiento de la fertilidad.

La subregión de lomajes de la precordillera andina, llamada también zona de piedmont andino, es de poca importancia en la zona del Norte Chico del país y aparece solamente en forma incipiente desde 30°30' L.S. hasta el Seno de Reloncaví. Esta región representa la transición entre la región de las Serranías en la IV Región o el Llano Central hacia el sur y la región de la Cordillera Andina.

La topografía del terreno se caracteriza por pendientes suaves de 8 a 30% debido al origen de conos rodados característicos del área norte de esta región natural.

Las formaciones vegetales presentan una fisonomía característica de matorral donde predominan diversas especies arbustivas de tamaño medio o bajo, unido a una estrata superior de especies herbáceas residentes características del clima mediterráneo interior. La precipitación es más abundante que sus equivalentes para las mismas latitudes, siendo de alrededor de 250 mm en el sector norte y se eleva a 1.000 mm en el paralelo 25° L.S.

Región de terrazas y mesetas litorales

Corresponde a sectores de origen sedimentario marino, que se han formado por solevantamiento del fondo del mar aflorando a la

superficie. Se encuentran situadas en el sector occidental de la Cordillera de la Costa y contigua a ella, formando pequeñas planicies de baja altitud. Son, en general, suelos casi planos con buenas características físicas y de fertilidad para los cultivos, por lo cual son aptos para éstos.

El clima es marítimo debido a la proximidad del océano y se caracteriza por presentar precipitaciones fluctuantes entre 100 mm en la región circundante a La Serena y aumentar progresivamente hacia el sur y sobrepasar los 500 ó más milímetros.

Las características fisionómicas de la región indican su potencialidad a las labores de rotura de suelo. Sin embargo, las condiciones climáticas de baja precipitación y alta variabilidad anual son las responsables, en lo que a cultivos se refiere, de la marginalidad de esta región en el extremo norte de ellas, que corresponde a la provincia de Elqui.

Esta es, no obstante, el área que presenta un mayor potencial productivo en la parte árida de la IV Región y, en algunos casos, puede pensarse incluso en la introducción de especies pratenses mejoradas. A pesar que desde un punto de vista biológico es posible establecer praderas artificiales, a menudo las condiciones climáticas no harían factible su éxito económico.

Región de la Cordillera Andina

Constituye esta región una unidad natural por cuanto la topografía, sus características edáficas, altitud y el clima son similares de norte a sur. Presenta dos subregiones.

La subregión de la Alta Cordillera Andina está ubicada a altitudes superiores a los 5.000 m sobre el nivel del mar en las latitudes situadas al norte del paralelo 31° L.S. y desciende en altitud a medida que se avanza hacia el sur. El clima es frío y recibe abundantes precipitaciones en forma de nieve, especialmente durante la época invernal. Esta es almacenada y constituye durante la primavera y verano, a medida que la temperatura se eleva, el principal recurso productor de agua para los valles ubicados a menores altitudes. Esta zona es la que en los años secos, debido a su gran poder tampón, reduce la variabilidad del suministro de las aguas-lluvias al proporcionar una dotación de agua para la población y agricultura de menor variabilidad anual que la precipitación registrada en el sector central y costero.

La vegetación natural es de baja productividad y se estima que se necesita, en promedio, entre 50 y 100 ha por unidad animal que utilice esta veranada. Las posibilidades de establecer praderas mejora-

das son pequeñas, excepto en los valles cordilleranos y vegas.

La subregión de la Cordillera de Los Andes de Estepas y Montes Arbustivos, aparece a partir del paralelo 29° L.S. donde la precipitación alcanza niveles que permiten soportar una vegetación de mayor desarrollo y se prolonga hasta el paralelo 35° L.S. En esta latitud las condiciones son demasiado favorables para el matorral y es reemplazado por vegetación forestal, en la región andina de Bosques, simultáneamente con la estrata arbustiva, aparece entre sectores despoblados un predominio marcado de especies anuales mediterráneas que constituyen el principal recurso alimenticio del ganado.

Región de los valles y llanos

Esta región presenta dos subregiones intercaladas en el área semiárida aludida y son: la subregión de los Valles Transversales de las Serranías y la subregión del Llano Central. La descripción de estas subregiones no se presentan por ser ajenas al objetivo del trabajo, el cual se circunscribe a ambientes de secano. Sin embargo, estas dos subregiones son de importancia por cuanto representan, a menudo, un complemento de las praderas de secano y su uso debe ser planificado en forma integral.

Clima

La limitante principal para el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales que componen la comunidad pratense es el clima y, dentro de éste, el agua disponible para el crecimiento de las plantas. Los otros factores integrantes del componente abiótico del ecosistema natural no se presentan tampoco en su grado máximo de desarrollo y disponibilidad. Las limitantes edáficas se hacen mayores hacia el sur, a medida que la precipitación aumenta. Sin embargo, la escasez del recurso hídrico, en la mayor proporción del área, impide, a menudo, una mayor utilización de elementos nutritivos del suelo por las plantas. La permeabilidad hídrica y a los gases del suelo, capacidad de intercambio iónico de éste, temperatura del aire, suelo, viento, etc., no limitan en general en los sectores más áridos el desarrollo máximo de las plantas. Los factores abióticos, con excepción del agua, se encuentran generalmente en cantidades reducidas para permitir el crecimiento máximo de la vegetación, pero la limitante de ésta no se manifiesta, porque el déficit hídrico impide mayor crecimiento de los vegetales y, como consecuencia, éstos no alcanzan a presentar mayores requerimientos de los demás componentes del medio abiótico.

Las precipitaciones se producen en forma de lluvia durante los meses más fríos del año y el rango de distribución abarca, en promedio, 3 a 4 meses. Sin embargo, la variabilidad estacional que se produce de año en año es extrema y, a menudo, se presentan años con períodos secos de 10, 11 y 12 meses.

La humedad relativa del aire en los sectores situados al este de la Cordillera de la Costa es, generalmente, muy baja y no constituye un mecanismo que aporte considerables cantidades de agua para la vegetación, como para reducir el poder desecante de la atmósfera o que aumente la precipitación efectiva. En la región costera, sin embargo, la humedad relativa es alta y debe considerarse como un aporte positivo al balance hídrico.

El efecto de las condiciones climáticas características de las regiones mediterráneas árida y semiárida sobre la vegetación, conduce a formaciones vegetales que fisionómicamente corresponden al matorral arbustivo y de mata. Las precipitaciones invernales se producen, precisamente, en aquellos períodos del año en el cual el poder desecante de la atmósfera es muy bajo, lo que se traduce en una precipitación efectiva muy alta, frecuentemente superior a la requerida por la vegetación. El exceso de humedad no es aprovechado por la planta y se infiltra en el perfil del suelo a mayores profundidades. Bajo estas condiciones, el aumento paulatino de la temperatura durante el período invernal estimula el crecimiento de la vegetación y, por ende, las mayores necesidades hídricas. La vegetación leñosa de tipo arbustivo presenta raíces profundizadoras capaces de aprovechar el agua en el suelo, y un sistema aéreo de elevada rusticidad y resistencia que le permite defenderse de los parásitos, predadores y otros elementos bióticos que polulan en aquellas regiones durante los períodos de abundancia de tejido vegetal. Por ello, resulta difícil pensar en conducir a la pradera, sucesional o evolutivamente hacia una vegetación herbácea, persistente, tierna y sin los necesarios mecanismos morfológicos que le permita defenderse de los enemigos naturales.

Las especies anuales que están asociadas o acompañan a la vegetación arbustiva son de naturaleza efímera y se desarrollan solamente por períodos cortos, cuando se presentan simultáneamente los factores ambientales favorables para su desarrollo. De este modo escapan de los períodos desfavorables en forma de semilla u otros mecanismos que les permitan perpetuarse.

En períodos climáticos favorables la vegetación compuesta por plantas efímeras es abundante y no existen problemas serios de escasez de alimento para el ganado; no obstante, con el advenimiento del

período seco se obliga a efectuar la trashumancia del ganado a otras regiones que presentan periodicidad de crecimiento diferente de las regiones más bajas, cual es la veranada de la región cordillerana andina.

Desde el punto de vista pratense la reacción de la vegetación natural en períodos climáticamente favorables no ofrece problemas, y cuando las precipitaciones son abundantes existe tejido vegetal útil disponible para el ganado en cantidades mayores que la demanda. El problema debe orientarse a resolver la disponibilidad de forrajes en períodos desfavorables del año, como también en años secos.

Las condiciones ambientales para la región, consideradas desde un punto de vista climático, no ofrecen limitantes serias para el desarrollo de la vida animal de especies domesticadas, como así mismo, de vida silvestre de caza. El clima incide directamente a través del déficit de producción de forrajes, lo cual se traduce en una alimentación deficitaria como así mismo en una reducida densidad ganadera.

Precipitación media anual y mediana

En el estudio realizado por Pizarro y Rivas (1965) se llega a la conclusión que los períodos con insuficiente cantidad de agua en el Norte Chico constituyen un hecho frecuente. La variabilidad y las irregularidades de las precipitaciones aparecen claramente manifiestas a través de los estadígrafos presentados en su trabajo. Los períodos de sequía y de precipitaciones excesivas son tan frecuentes, que muy a menudo desaparece el equilibrio entre las necesidades de agua y su abastecimiento. La Figura 5 presenta los valores reales de las precipitaciones registradas en La Serena entre los años 1940 y 1962. En esa Figura se puede observar la variabilidad extrema ocurrida durante el lapso indicado para la ciudad de La Serena, que corresponde a la zona mediterránea de transición. Se incluye, además, una línea que representa el valor calculado de la media y mediana durante 95 años. El valor de la media es 126,5 mm y el de la mediana 107,2 mm. La razón de esta diferencia se debe a la existencia de años extremos donde las precipitaciones son abundantes, las que ocurren a intervalos anuales muy largos. Por esta razón una gran cantidad de esta humedad no es aprovechable eficientemente por la vegetación ni es, tampoco, almacenada en el suelo para ser usada en los años siguientes. Resulta entonces más conveniente usar como promedio a la mediana, la cual reduce la incidencia en el promedio de los años extremadamente lluviosos.

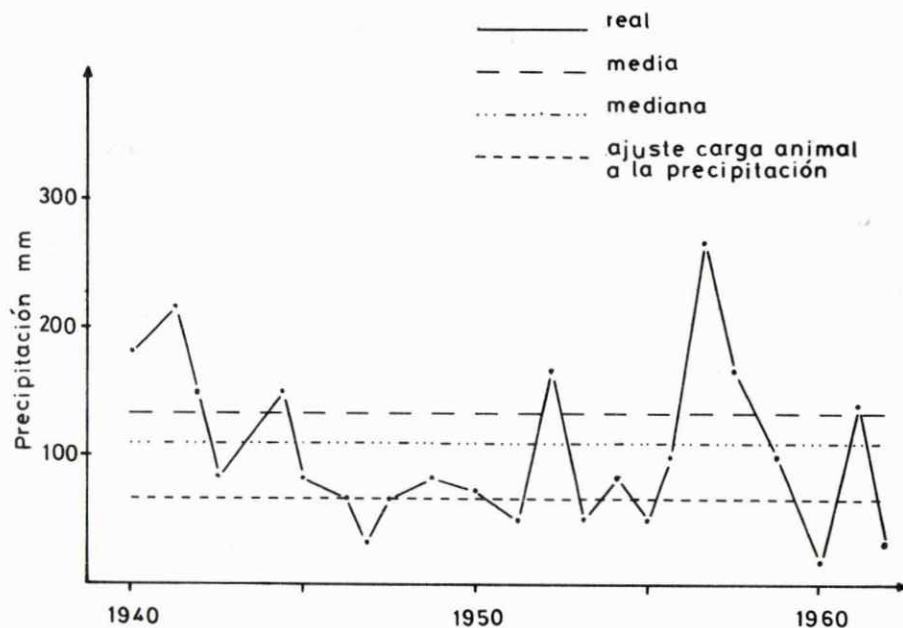


Figura 5. Precipitación anual registrada en La Serena durante el período comprendido entre 1940 y 1962, según datos de la Oficina Meteorológica de Chile (1965). Valores promedios calculados de la media y mediana para un período de 95 años (Gastó, 1966). Se incluye además, una línea graficada, 30% inferior a la mediana que representa el valor equivalente de la precipitación a la cual debe ajustarse la carga animal promedio para varios años (Gastó y Contreras, 1972).

Variación de las precipitaciones

Las precipitaciones registradas en cada localidad varían de año en año. Esto no es un hecho fortuito, sino que corresponde a características climáticas propias de cada región. Los agricultores y ganaderos de las zonas áridas y semiáridas de Chile, a menudo, han ignorado esta característica general del clima y planificado el uso de la tierra sin tomar las debidas precauciones para contrarrestar los perjuicios que pudieran causar los años desfavorables y sacar provecho de los favorables.

La Figura 6 representa los valores obtenidos por Gastó (1966) en relación a las variaciones anuales de las precipitaciones por las distintas zonas de la región mediterránea de Chile. Se puede observar que existe un modelo característico de variabilidad pluviométrica para cada zona. Lo que se ha llamado irregularidad pluviométrica (Almeyda, 1934), en el Norte Chico especialmente, no es otra cosa que una regularidad climática.

En la zona Mediterránea de Transición predominan los años secos, donde el 29,2% corresponde a este grupo, mientras que los años normales son sólo 23,4%. Los años con precipitaciones normales comienzan a constituir un porcentaje mayor que los de las otras categorías a partir de la zona Mediterránea Árida hacia el sur, llegando a ser el 56,9% en la zona Mediterránea Subhúmeda y 64,0% en la Húmeda. Las precipitaciones máximas varían, en mayor grado, en las localidades situadas más al norte que en aquellas situadas en el extremo sur de la zona mediterránea. Las variaciones de las precipitaciones totales anuales en la región Mediterránea se hacen más regulares de norte a sur, siendo la zona Mediterránea Húmeda la más uniforme (Gastó, 1966).

El Cuadro 1 representa las precipitaciones registradas en tres localidades de la región mediterránea desde 1887 hasta 1897. A pesar de la antigüedad de esta información, se puede observar que la variabilidad pluviométrica ha sido constante en el pasado, al igual de lo que ocurre en el presente. Se puede, por lo tanto, predecir que en el futuro esta región continuará mostrando variaciones hídricas anuales muy acentuadas.

El período de años elegidos representa algunas de las variaciones más extremas registradas, especialmente para La Serena, donde en el año 1888 se registró 411,6 mm y cuatro años después solamente 17,5 mm.

CUADRO 1. Precipitaciones anuales registradas en tres localidades de la zona árida, semiárida y central de Chile entre los años 1887 y 1897. Según datos de la Oficina Meteorológica de Chile (Gastó y Contreras 1972).

| Año | Lugar | | |
|------|----------------|-----------|----------|
| | Copiapó | La Serena | Santiago |
| | ----- mm ----- | | |
| 1887 | 27,0 | 93,5 | 564,0 |
| 1888 | 67,0 | 411,6 | 693,0 |
| 1889 | 5,0 | 80,0 | 230,0 |
| 1890 | 34,0 | 148,0 | 222,0 |
| 1891 | 8,0 | 262,0 | 614,0 |
| 1892 | — | 17,5 | 123,0 |
| 1893 | — | 78,7 | 238,0 |
| 1894 | 38,0 | 189,7 | 242,0 |
| 1895 | — | 49,3 | 293,0 |
| 1896 | — | 33,3 | 263,0 |
| 1897 | 45,0 | 192,6 | 355,0 |

El Cuadro 2 representa registros anuales de precipitación de las diversas localidades de la región mediterránea de Chile. En él se observa también la variabilidad pluviométrica mencionada en los párrafos anteriores. Proporcionalmente las variaciones anuales presentadas en este cuadro son mayores en las localidades más áridas.

El clima de la región presenta, además, otra dimensión de su variabilidad pluviométrica, cual es la variabilidad mensual que se registra cada año. Se presenta, a manera de ejemplo, un modelo de la distribución mensual de las precipitaciones, obtenido a través del cálculo de la media mensual de 95 años para la localidad de La Serena. Estos valores indican que en el mes de enero se obtiene en promedio 0,1 mm; en el mes de abril, 2,5 mm; en junio, 39,6 mm y en agosto, 21,6 mm (Cuadro 3).

La región occidental de la Cordillera de la Costa, como así mismo, las terrazas litorales ubicadas entre la cordillera y el mar, presentan condiciones climáticas diferentes al secano interior y precordillera. La humedad relativa de la atmósfera es más alta; y a menudo se presenta con valores cercanos a 100% en estado líquido o formando neblinas o camanchacas. La influencia de la neblina, cobra mayor im-

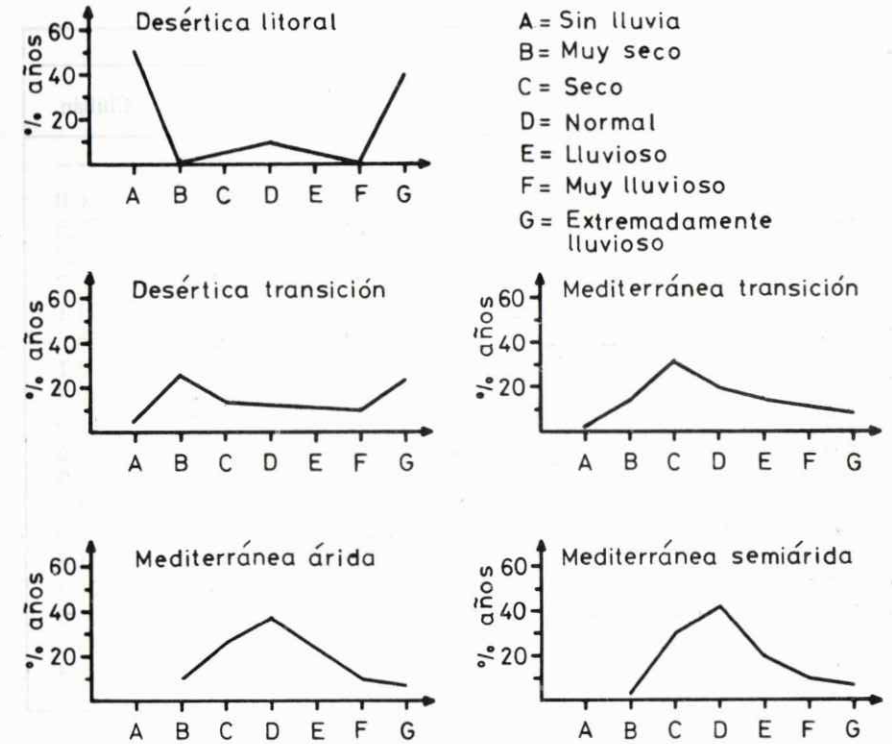


Figura 6. Variación de las precipitaciones anuales en algunas zonas de la región mediterránea de Chile (Gastó, 1966). Se indica a manera de referencia el nombre de una ciudad o localidad en la zona respectiva. Símbolos: A = sin lluvia; B = muy seco; C = seco; D = normal; E = lluvioso; F = muy lluvioso; G = extremadamente lluvioso.

CUADRO 2. Precipitaciones en varios lugares de las Zonas Áridas, Semiáridas, Central y Subhúmedas de Chile entre 1945 y 1960. Según datos de la Oficina Meteorológica de Chile, 1965 (Gastó y Contreras, 1972).

| Año | Lugar | | | | | |
|---------|--------------|--------|-------------|-------------|----------|---------|
| | La Serena | Ovalle | Pto. Oscuro | San Agustín | Santiago | Chillán |
| | -----mm----- | | | | | |
| 1945 | 82,0 | 90,6 | 136,0 | 135,5 | 247,2 | 866,0 |
| 1946 | 74,7 | 124,0 | 174,4 | 139,0 | 127,3 | 779,8 |
| 1947 | 33,8 | 47,0 | 140,9 | 245,2 | 253,3 | 712,7 |
| 1948 | 72,3 | 77,0 | 179,3 | 261,0 | 367,9 | 1.120,7 |
| 1949 | 90,8 | 154,1 | 140,3 | 257,0 | 306,5 | 831,1 |
| 1950 | 90,8 | 132,2 | 202,0 | 245,3 | 292,7 | 1.256,5 |
| 1951 | 43,6 | 89,0 | 156,1 | 193,5 | 322,9 | 993,1 |
| 1952 | 165,2 | 175,2 | 216,9 | 236,1 | 334,4 | 680,3 |
| 1953 | 42,3 | 86,7 | 199,9 | 339,8 | 583,0 | 1.514,0 |
| 1954 | 87,8 | 104,4 | 178,7 | 273,7 | 316,2 | 1.063,6 |
| 1955 | 44,1 | 22,9 | 117,4 | 181,4 | 193,9 | 736,9 |
| 1956 | 97,2 | 116,2 | 165,0 | 199,2 | 264,0 | 1.034,7 |
| 1957 | 270,9 | 343,1 | 308,3 | 447,2 | 309,4 | 838,9 |
| 1958 | 159,6 | 134,0 | 209,8 | 224,2 | 335,8 | 1.081,8 |
| 1959 | 98,8 | 111,3 | 106,0 | 229,2 | 319,7 | 1.273,2 |
| 1960 | 10,4 | 31,6 | 84,8 | 107,0 | 193,9 | 1.096,0 |
| Media | 126,5 | 133,8 | 202,1 | 286,8 | 351,5 | 1.038,5 |
| Mediana | 107,2 | 120,4 | 179,3 | 259,0 | 307,9 | 1.059,9 |

portancia en regiones áridas donde los déficit hídricos son marcados como es el caso en las zonas centro - norte de la región Mediterránea de Chile. La acción de la humedad atmosférica sobre la biocenosis es ejercida a través de su influencia en varios procesos ecológicos, fisiológicos, y climáticos.

El poder desecante de la atmósfera en el sentido que le asigna Penman (1963) se reduce en condiciones de humedad relativa alta y temperatura más baja en la región circundante a la vegetación. La gradiente de presión de vapor que existe entre la cavidad intraestomática de la hoja con la atmósfera que la rodea, como así mismo, en el sector interior de la cutícula en relación a la presión de vapor de la

CUADRO 3. Precipitaciones mensuales registradas en La Serena desde 1951 hasta 1960 y media mensual para el lugar, según datos de la Oficina Meteorológica de Chile, 1965 (Gastó y Contreras 1972)

| Año | mm | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | en. | feb. | mar. | abr. | may. | jun. | jul. | agos. | sept. | oct. | nov. | dic. |
| 1951 | - | - | - | 1,0 | 22,6 | 5,7 | 6,9 | 2,2 | 5,2 | - | - | - |
| 1952 | 1,8 | - | 0,3 | - | 42,4 | 71,6 | 44,8 | - | 2,9 | 1,4 | - | - |
| 1953 | - | - | - | 0,5 | 2,0 | 1,2 | 2,0 | 31,6 | 4,0 | 1,0 | - | - |
| 1954 | - | - | - | 4,5 | 24,4 | 38,3 | 7,0 | 11,0 | 2,1 | 0,2 | 0,3 | - |
| 1955 | 1,3 | - | - | 1,0 | 7,8 | - | 3,2 | 16,6 | 0,4 | 13,3 | 0,5 | - |
| 1956 | - | 1,0 | 33,0 | 0,1 | 2,0 | - | 27,0 | 10,0 | 24,0 | - | 0,1 | - |
| 1957 | - | - | - | - | 213,1 | 9,3 | 18,8 | - | 12,6 | 1,2 | - | 15,9 |
| 1958 | - | - | 2,4 | - | 6,3 | 52,0 | 35,8 | 47,7 | 12,4 | 3,0 | - | - |
| 1959 | 0,7 | - | - | 16,3 | - | 45,0 | 6,1 | 30,7 | - | - | - | - |
| 1960 | - | - | - | - | 1,8 | 8,0 | 0,6 | - | - | - | - | - |
| \bar{X} 90 años (mm) | 0,1 | 0,7 | 0,9 | 2,5 | 22,9 | 39,6 | 28,4 | 21,6 | 5,8 | 3,4 | 0,8 | 0,5 |
| \bar{X} 90 años (%o) | 0,1 | 0,6 | 0,7 | 2,0 | 18,0 | 31,1 | 22,4 | 17,0 | 4,5 | 2,7 | 0,6 | 0,4 |

atmósfera que la circunda en el lado exterior de ella, se reduce y, por lo tanto, la transpiración disminuye.

La humedad atmosférica se presenta, a menudo, en forma de vapor o de pequeñas gotas que permanecen suspendidas en el aire. Bajo condiciones térmicas adecuadas y presencia del movimiento de masas de aire, la atmósfera que está en contacto con el océano penetra hacia el interior y se pone en contacto con la superficie de los vegetales. Según sea la humedad relativa de la atmósfera y la temperatura del vegetal, se puede lograr el punto de rocío, lo que significa concentración de ella sobre la superficie. Luego, por gravedad, el líquido se desprende hacia el suelo donde se infiltra (Kummerov, 1966). Este proceso es frecuente y de mayor incidencia en algunos sectores muy próximos al litoral y de gran altitud, aun cuando es generalizado en otros sectores (Cuadro 4).

La humedad del ambiente y la transparencia de la atmósfera al paso de los rayos solares, ejerce una influencia marcada sobre la temperatura ambiental que circunda a la vegetación, como así mismo, en el nivel térmico de los organismos.

CUADRO 4. Precipitaciones registradas en Fray Jorge, IV Región, entre los años 1962 y 1965, según mediciones de la lluvia recibida y de la neblina transformada a lluvia (Kummerov, 1966).

| | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 * |
|---------|-------|-------|-------|--------|
| Lluvia | 78,7 | 271,8 | 59,5 | 326,0 |
| Neblina | 597,9 | 534,9 | 859,8 | 651,1 |
| Suma | 676,6 | 806,5 | 919,3 | 977,1 |

* 1965 se registró solamente desde enero a septiembre.

La evapotranspiración potencial aumenta proporcionalmente al elevarse la temperatura. Una pequeña elevación de la temperatura significa aumentar automáticamente la evapotranspiración potencial, y, por consiguiente, el clima se transforma en más árido (Thorntwaite, 1948). La humedad atmosférica cuando se presenta en forma de nubes reduce el paso de los rayos solares y, por lo tanto, las temperaturas son menores.

En el bosque de Fray Jorge, Kummerow y Matte (1963) indican

que los valores pluviométricos de la neblina calculados con el captador diseñado por Grunow superan en diez veces a lo que se debe a precipitaciones lluviosas; 100 a 150 mm de lluvia corresponde a 1.000 a 1.500 mm de precipitación en forma de neblina. Además, las temperaturas bajas mantienen la evapotranspiración a un nivel menor. Los datos calculados por estos autores están de acuerdo con el tipo de vegetación de Fray Jorge, la que no podría subsistir con menos de 1.000 mm al año, fisionómicamente corresponde a formaciones vegetales boscosas que se desarrollan por el litoral al sur del río Maule.

Siendo el agua la limitante principal de la productividad, a menudo, sin embargo, la humedad ejerce su influencia en la producción de materia seca a través de la distribución de aquella en momentos más o menos oportunos para el crecimiento de la vegetación pratense y a través de las disponibilidades de otros elementos del ecosistema. La oportunidad de la precipitación puede ser, entonces, aún más importante que la cantidad misma del líquido que se recibe.

En general, la precipitación efectiva es mayor cuando la precipitación atmosférica se registra en los períodos más fríos del año. El agua penetra más profundamente en el suelo, las pérdidas por evaporación son menores y, por ende, el agua almacenada en el medio edáfico para el período vernal y estival es también mayor.

Los años lluviosos, en general, se caracterizan por presentar mayores rendimientos de las praderas que en los años secos; pero la distribución de las lluvias puede contribuir a aumentar o disminuir los rendimientos (Figura 7).

Las variaciones anuales de las precipitaciones influyen los rendimientos de materia seca de la pradera de manera variable dependiendo de la condición de ésta. Se entiende por condición, la relación que existe entre la composición botánica óptima en un sitio cuando produce el máximo de materia seca y su composición en un momento determinado. Aquellas praderas que tienen una composición botánica similar a la de etapa pratense óptima, se encuentran excelentes. Al contrario, aquellas praderas cuyas composición botánica es muy diferente a la de la pradera óptima, han sido invadidas por especies ajenas a la biocenosis de máxima producción y las especies residentes se encuentran muy debilitadas o extinguidas, corresponden a condición mala.

Basado en datos del Servicio de Conservación de Suelos de EUA. (Soil Conservation Service, 1962) se presenta información numérica que relaciona la precipitación del lugar con la capacidad sustentadora

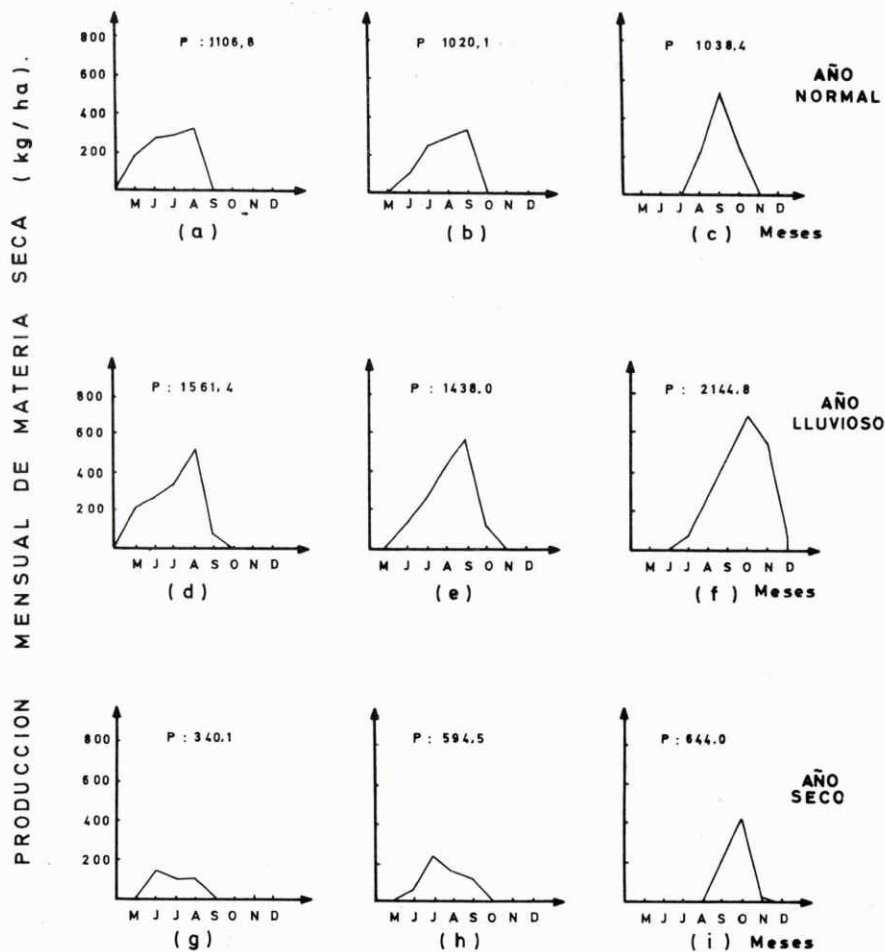


Figura 7. Producción de materia seca para un año normal, lluvioso y seco, se considera una distribución temprana (a), (d) y (g), normal (b), (e) y (h) y tardía (c), (f) e (i) Santibáñez *et al.*, 1976).

recomendable de acuerdo a la condición de la pradera. La Figura 8 es una interpretación gráfica de la información indicada en el párrafo anterior (Gastó y Contreras, 1972). Podría interpretarse afirmando que los rendimientos pratenses presentan gran variabilidad en praderas de condición excelente al variar la precipitación. Así, en años secos las praderas de condición excelente producen poco; pero en años lluviosos sus rendimientos se elevan enormemente. En cambio, las praderas en condición mala en años secos producen cantidades ligeramente menores que aquellas de condición excelente; pero en años lluviosos sus rendimientos se elevan sólo ligeramente.

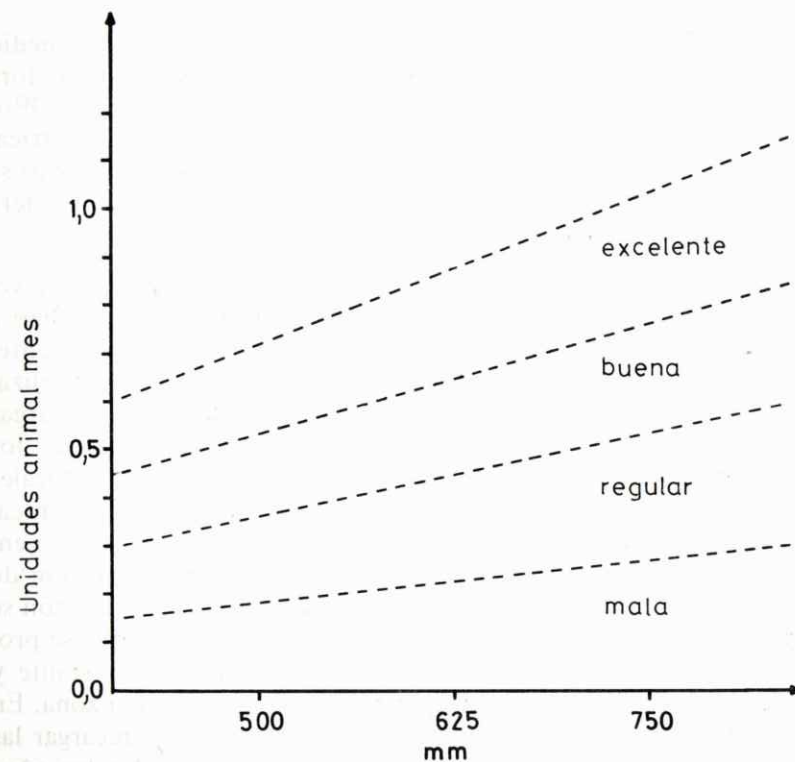


Figura 8. Capacidad sustentadora de la pradera de acuerdo a la precipitación anual de la región natural de laderas del Estado de Montana, EUA y a la condición de la pradera, según datos del Soil Conservation Service, 1965 (Gastó y Contreras, 1972).

La causa que relaciona la baja plasticidad de la pradera en condición mala es la composición botánica. Los organismos vegetales que constituyen aquellas praderas son de bajo potencial productivo o se encuentran muy debilitados. Por esta razón, cuando las condiciones ambientales le son favorables para su crecimiento y desarrollo, son incapaces de utilizar íntegramente el medio abiótico que el hábitat le proporciona y de manifestarse a través de un mayor crecimiento. Las praderas en condición excelente presentan una composición sinecológica más favorable. Se encuentran constituidas por organismos que presentan un alto grado de plasticidad y, por lo tanto, cuando las condiciones abióticas le son favorables son capaces de expresar todo su potencial de crecimiento.

La Figura 5 indica gráficamente que la carga animal promedio en una pradera debe estar equilibrada con la capacidad sustentadora de la biocenosis en condiciones ambientales equivalentes a un 30% menor que la que se obtiene en el año de la mediana pluviométrica. Sin embargo, la carga animal debe ajustarse cada año, pues como se ha indicado anteriormente, la capacidad sustentadora de la pradera varía también anualmente.

En las regiones Mediterráneas Árida y Semiárida de Chile, la vegetación original que existía en el lugar, cuando la zona comenzó a ser utilizada con base ganadera, se encontraba en condición excelente. Por esta razón se la utilizaba con bovinos y ovinos. La sobreutilización de la pradera durante períodos numerosos de años con cargas animales superiores a la capacidad sustentadora ha sido uno de los factores responsables de la retrogradación de las biocenosis naturales que se observan frecuentemente en la zona, como así mismo, en casos extremos, de la destrucción de la vegetación. Unido a esto, se encuentra el poco interés y aplicación del concepto de la presión de pastoreo óptimo que debe existir para cada pradera. Por esta razón se han ignorado las variaciones climáticas y de rendimientos que se producen anualmente y se ha mantenido una carga animal constante y muy elevada en relación a la mediana pluviométrica de cada zona. En los años normales y lluviosos se ha llegado incluso a sobrecargar las praderas con adquisiciones de ganado extra-prediales. En los años desfavorables, por el contrario, no se ha realizado la reducción adecuada, lo que ha contribuido a destruir o a degradar los recursos forrajeros.

Distribución de las poblaciones naturales

El hábitat y los factores que determinan la distribución de *Atriplex repanda* en su área de distribución natural fueron estudiados por Badilla (1975). Este autor determinó que la distribución actual de esta especie va desde Vallenar (28° 34', latitud sur) hasta Quilimarí (32° 07' latitud sur), existiendo en el extremo sur una población que cubre una pequeña superficie en Chincolco, 32° 13', latitud y 70° 52' longitud (Figura 9). Dentro de la zona indicada la distribución es discontinua, ya que sólo se le encontró asociada a cierto tipo de hábitat, especialmente cerca de la desembocadura de los ríos y a lo largo de los valles cultivados.

La región estudiada se agrupó en 4 zonas geográficas y dentro de ellas se determinó núcleos de dispersión.

Zona del Valle del río Huasco y Choros Bajos

En esta zona sólo se encontró ejemplares dentro del valle del Huasco entre San Félix y Huasco.

Es importante destacar que *A. repanda* no se encontró fuera del área de asentamiento humano y, dentro de ésta, aparece asociada en forma absoluta a sectores ruderales y no fue posible encontrarlo como componente de la vegetación natural, ya que las condiciones de aridez son extremas, presentando una media de 85 mm de precipitación y una variabilidad anual muy elevada.

El sector con una población más numerosa y extensa del arbusto se encontró en la desembocadura del río Huasco sobre terrazas marinas. Sin embargo, cuando en este mismo sector se presentaban zona de mal drenaje, no se encontró presencia de repanda.

Zona de los Valles de los ríos Elqui y Limarí

En general, el comportamiento de la especie es similar al del valle del Huasco. En el interior de los valles es menos abundante que en Vallenar y también presenta asociación con áreas ruderales. Hacia la costa se le encontró ocupando sectores más alterados por el paso del ganado y también formando parte de una vegetación natural correspondiente a una subserie de post aradura de 5 a 6 años. En la zona costera propiamente tal, aparece en áreas que podrían llamarse no ruderales y asociado a tres factores del hábitat: salinidad, nivel freático e influencia antropogénica directa.

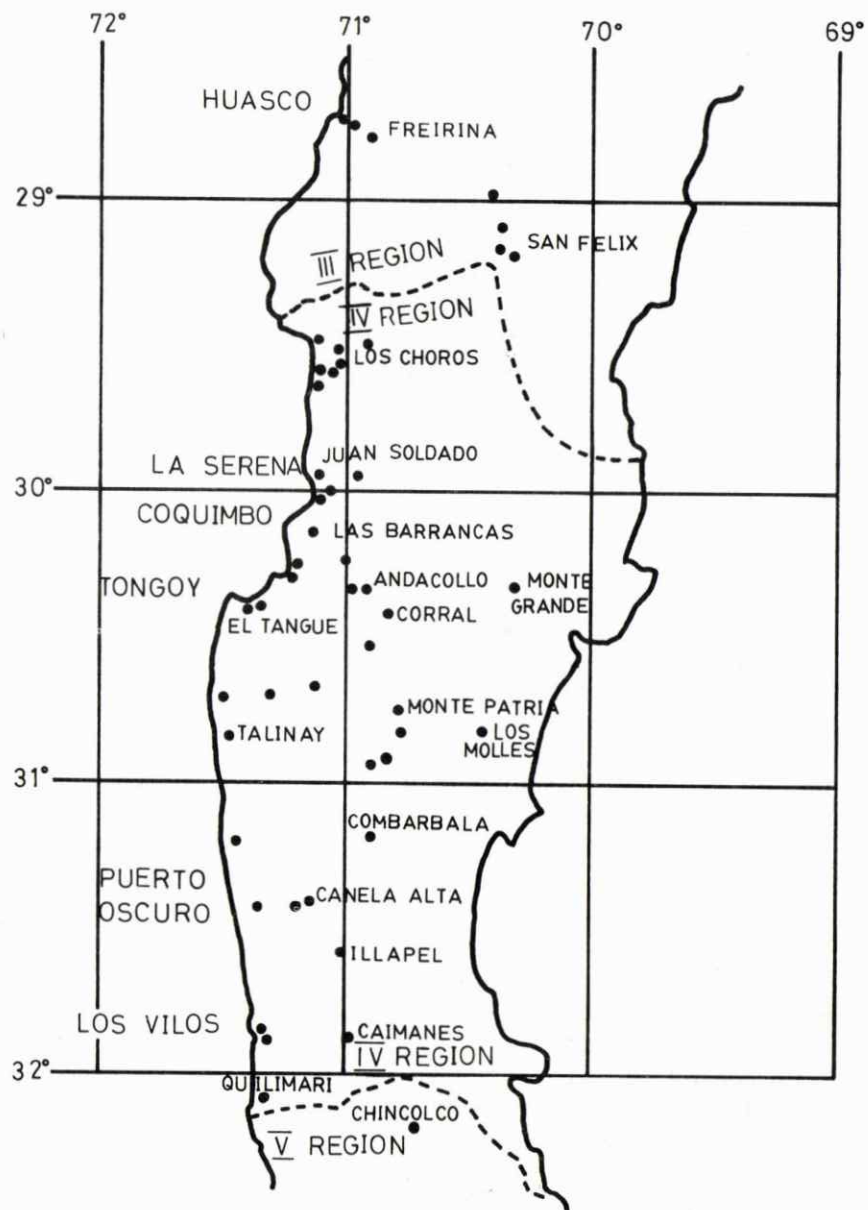


Figura 9. Lugares de Chile donde se han detectado poblaciones naturales de *Atriplex repanda* (Badilla, 1975).

Zona de Canela, Illapel, Los Vilos y Quilimari

El sector sur de la zona de distribución natural es más discontinuo. Los lugares de ubicación en el interior son característicos de áreas ruderales (Canela e Illapel). Los centros de mayor importancia con poblaciones grandes están en Los Vilos y en Huentelauquén.

En el sector de Los Vilos se encuentra una de las poblaciones más extensas y de mayor densidad dentro de una vegetación natural, sometida a condiciones de fuerte alteración e intervención. La densidad disminuye progresivamente desde la vega de la desembocadura del estero Pupío hacia los costados del valle, encontrándose ejemplares de gran desarrollo en la terraza marina.

Zona de Chincolco

En Chincolco se encontró la población establecida en forma natural más meridional.

El área total de distribución está limitada directa o indirectamente por el factor climático. Además de éste, aparecen otros factores como grado de humedad y artificialización.

Es importante señalar que los factores no actúan aisladamente, sino que interactúan de manera que no puede establecerse una relación clara de la influencia de estos factores, considerándolos en forma aislada.

Del análisis de la información relativa a la vegetación, aparece claro que *A. repanda* no tiene una fitocenosis de una composición definida. Esta vegetación varía ampliamente de norte a sur y en los distintos hábitats. Las especies que aparecen más asociadas con *A. repanda*, están también asociadas con hábitats alterados o húmedos.

La distribución también se presenta en hábitats húmedos y salinos o en hábitats más secos y en una gran diversidad de suelos con la condición de que tengan una gran alteración antropogénica y que sean de preferencias suelos de valles fértiles, terrenos de cultivos en la parte baja de la ladera o en terrazas marinas.

Adaptación

Los ensayos exploratorios realizados en jardines o parcelas de introducción iniciados a partir de 1963 y que se han prolongado hasta fechas recientes, se evaluaron mediante la calificación de las plantas en excelente, bueno, regular o malo, tomando en consideración parámetros de vigor, tamaño y crecimiento de las plantas.

A pesar que los resultados son algo erráticos, la tendencia general del comportamiento de la especie establecida en poblaciones puras del arbusto, indica respuestas generalizadas de su adaptación (Cuadro 5).

Se observa buena adaptación en las terrazas marinas ubicadas en los sectores más lluviosos del Norte Chico, ambientes de dunas antiguas con el suelo adecuadamente intemperizado y donde el perfil es profundo. Ello significa condiciones adecuadas de fertilidad natural, volumen elevado de suelo y escasa pendiente, lo cual le permite almacenar suficiente humedad durante el período de lluvias y alcanzar una alta tasa de crecimiento en primavera y verano. Ejemplo de ello es lo que ocurre en Los Vilos y hacienda Huentelauquén.

En los valles de terrazas marinas y de la Cordillera de la Costa, donde el suelo es profundo y fértil y donde las condiciones de topografía, posición en la ladera y con napas subterráneas estacionales, el crecimiento de la especie es excelente, como por ejemplo en Fray Jorge.

En valles de la Cordillera de la Costa, con suelos aluviales profundos del Norte Chico, el comportamiento es excelente. Ejemplo de ello es lo que ocurre en Tilama. Lo mismo ocurre en suelos aluviales más al sur, como en Rinconada de Maipú.

Desde aproximadamente la latitud 30°20'S Tongoy hacia el norte, en las terrazas marinas profundas, la adaptación y productividad de repanda disminuye gradualmente, debido a la disminución de las precipitaciones, como así mismo debido al aumento de su variabilidad, como por ejemplo en Lagunillas y en Los Choros.

En las terrazas que, además de encontrarse en las zonas más áridas de la IV Región, presentan suelos delgados o muy delgados, su establecimiento es difícil y su crecimiento es de medio o bajo, tal como ocurre en Peña Blanca y Corral de Julio.

La adaptación de la especie en los cerros de la Cordillera de la Costa es, en general baja, tanto debido a su escaso desarrollo como alta mortalidad y competencia por las especies arbustivas propias del medio, como ocurre en Las Damas.

Las terrazas marinas profundas más al sur, especialmente en latitudes superiores a las del río Maipo, han demostrado mal establecimiento y productividad. Ejemplo de ello es el resultado obtenido en Santo Domingo.

En los cerros y laderas de la Cordillera de la Costa, especialmente en suelos graníticos, incluso en la misma latitud anterior, donde las precipitaciones llegan a sobrepasar los 350 a 400 mm, la adaptación

de la planta es mala, como por ejemplo en Casablanca, La Ligua e Hídango. En estos dos ambientes el problema de adaptación deja de ser climático y comienza a ser principalmente de los atributos químicos y físicos del suelo.

CUADRO 5. Comportamiento de *Atriplex repanda* establecido en diversas localidades de la Zona Central y Norte Chico entre los años 1963 y 1976 (Gastó, 1976).

| Lugar | Ubicación latitud sur | Precipitación mm | Ambiente | Comportamiento de la especie |
|-------------------------|-----------------------|------------------|---|------------------------------|
| Los Vilos | 31° 54' | 224 | Terraza marina. Siembra y Trasplante | Excelente |
| Hacienda Huentelauquén | 31° 35' | 224 | Terraza marina. Siembra directa | Bueno |
| Hacienda Huentelauquén | 31° 35' | 224 | Terraza marina. Trasplante | Regular |
| Comunidad Huentelauquén | 31° 35' | 224 | Terraza marina. Trasplante. Suelo degradado. Sobrepastoreo | Malo |
| La Ligua | 32° 27' | 341 | Plano del valle de la Cordillera de la Costa. Suelo granítico: Trasplante | Malo |
| Comunidad de Halcones | | | Ladera baja lomaje de terraza. Trasplante | Bueno |

| Lugar | Ubicación latitud sur | Precipitación mm | Ambiente | Comportamiento de la especie |
|-----------------|-----------------------|------------------|--|------------------------------|
| Las Damas | | | Ladera de cerro Cordillera de la Costa. Suelo pesado. Trasplante | Malo |
| Fray Jorge | 30° 51' | 184 | Valle de la Cordillera de la Costa. Posiblemente algo de agua subterránea. Suelo profundo, bueno. Trasplante | Excelente |
| Quilimarí | 32° 07' | 256 | Cerro de la Cordillera de la Costa. Ladera. Suelo pesado. Trasplante | Más que gular |
| Los Vilos | 31° 54' | 224 | Ladera de lomaje de terraza marina. Buen suelo. Población natural. | Excelente |
| El Tangué | 30° 20' | 116 | Terraza marina. Arenoso. Daño activo de mamíferos subsoladores. | Menos que regular |
| Corral de Julio | 31° 09' | 144 | Terraza marina. Pesado. Suelo degradado y delgado. | Regular |

| Lugar | Ubicación latitud sur | Precipitación | Ambiente | Comportamiento de la especie |
|--------------------------|-----------------------|---------------|--|------------------------------|
| Rinconada | 33° 31' | 198 | Cono de deyección suelo profundo, pesado, pedregoso. | Excelente |
| Santo Domingo | 33° 38' | 238 | Terraza marina. Suelo pesado | Malo |
| Cauquenes | 35° 58' | 717 | Cerro, Cordillera de la Costa | Malo |
| Hidango | 34° 09' | | Terraza marina | Malo |
| Rosario | 34° 07' | | Faldeo bajo de lomaje de la Cordillera de la Costa | Regular |
| Choros Bajos | 29° 20' | 85 | Terraza marina. Valle aluvial | Regular. Bueno |
| Concones, Casablanca | 33° 20' | 368 | Cerro de la Cordillera de la Costa | Malo |
| San Gerónimo, Casablanca | 33° 20' | 362 | Cerro de la Cordillera de Costa. Granítico | Malo |
| Tilama | 32° 05' | | Valle interior, suelo profundo, bueno | Excelente |
| Peña Blanca | | | Terraza marina | Regular |

| Lugar | Ubicación latitud sur | Precipitación | Ambiente | Comportamiento de la especie. |
|------------|-----------------------|---------------|---|-------------------------------|
| Lagunillas | 30° 06' | 115,8 | Terraza marina. Población natural, Suelo arenoso. | Regular |
| Lagunillas | 30° 06' | 115,8 | Terraza marina. Trasplante. Suelo muy arenoso. | Malo |

CAPITULO III. ARQUITECTURA



Individuo

El objetivo que se persiga en la productividad de la fitocenosis, determina el grado de desarrollo que debe tener el tejido foliar, de sostén y de reproducción. Cuando el objetivo principal es la producción de tejido leñoso, deben diseñarse arquitecturas fitocenósicas donde se maximice el desarrollo del tejido de sostén, en especial el tronco del árbol. El tejido foliar, en este caso, es sólo el productor de la materia orgánica que debe transformarse en tejido de sostén. El diseño de fitocenosis productivas de tejido de sostén pretende ubicar los horizontes foliares a una altura considerable, tratando de interceptar la totalidad de la luz en las capas elevadas. De esta manera se logra inhibir el desarrollo exagerado de las ramas laterales con lo que se mejora la calidad de madera aserrable, simultáneamente con inhibir el desarrollo de las estratas inferiores de la vegetación.

En fitocenosis productoras de granos y frutos, en cambio, la función del forraje es fotosintetizar los carbohidratos, que luego se almacenan y utilizan en los órganos correspondientes. El índice de área foliar se regula genéticamente o a través de las prácticas culturales. El exceso de productividad neta se acumula en los frutos, en lugar de invertirse en la producción de nuevo follaje o de tejido de sostén. En estas fitocenosis se trata de minimizar la inversión de energía en la construcción del tejido de sostén, por lo cual las capas foliares se sitúan a escasa altura sobre el suelo. Además, se reduce el costo

de construcción del mecanismo fotosintetizador, a menudo hipertrofiado, de acuerdo a las necesidades de la fotosíntesis y se limita el desarrollo foliar a los márgenes que optimicen la productividad de frutos. Un exceso de follaje significa una reducción de elementos de canalización antrópica, es decir de aquella fracción que puede posteriormente ser utilizada por el hombre.

En fitocenosis cuyo objetivo principal es la producción de follaje, como por ejemplo en pastizales, se minimiza el desarrollo del tejido de sostén y de producción de frutos; a diferencia de lo que ocurre con las fitocenosis productoras de tejido de sostén y de frutos, donde el costo de mantención de estos tejidos es relativamente bajo y el desarrollo exagerado del follaje afecta la productividad neta, pues las pérdidas por respiración de este tejido en crecimiento es mayor que en los casos anteriores. Las fitocenosis más evolucionadas y construidas con este objetivo pueden sobrepasar el índice de área foliar óptimo, produciéndose un exceso de follaje que puede ser contraproducente en términos de su productividad neta. Por eso, en estos casos, es de primordial importancia la regulación del índice de área foliar.

Monsi y Saeki (1953) presentaron perfiles vegetacionales logrados con la técnica del corte estratificado, lo cual permite analizar diversos modelos al respecto. Entre las conclusiones derivadas de estos modelos, se ha visto que la biomasa foliar y de sostén corresponde a modelos de distribución vertical, característicos para cada especie o sinusia.

Algunos de los perfiles estudiados representan especies herbáceas y otras especies arbóreas. En todos ellos la distribución de la fitomasa foliar corresponde, de preferencia, a la fracción superior y la fitomasa de sostén y conductora, a la inferior. La distribución del tejido fotosintetizador y del resto del vegetal no son uniformes para todas las especies, como así mismo la proporción entre los dos tipos de tejido.

A pesar que las relaciones cuantitativas del área foliar y del tejido no fotosintetizador han sido estudiadas, aún no se conocen bien las relaciones que existen entre el tejido fotosintetizador y el resto del vegetal.

La explicación del análisis del perfil vegetacional se puede fundamentar siguiendo el estudio de Shinosaki *et al.* (1964). En la Figura 10 se advierte la distribución vertical del follaje (τ) y la del tejido no fotosintetizador (C) en relación a la unidad de incremento de la estatura de la capa vegetacional (Δz). El tejido no fotosintetizador localizado a una altura z , debe soportar mecánicamente y funcionalmente el tejido foliar distribuido sobre el horizonte z .

$$F(z) = \int(z) \text{ Apice } \tau(z) dz$$

Existe, además, una correlación estrecha entre $F(z)$ y $C(z)$; ambas curvas resultan también muy similares.

La relación $F(z) \sim C(z)$ establece correspondencia cuantitativa entre el tejido foliar acumulado hasta la altura del horizonte vegetacional y el resto del vegetal. La cantidad de hojas existentes sobre un nivel determinado, demuestra tener una estrecha correlación con la cantidad de tejido de sostén, haciendo excepción el extremo inferior que no contiene follaje. Es por esto, que el incremento del valor de $C(z)$ sobre ciertos límites, no viene acompañado de incrementos de $F(z)$, cuyo valor permanece constante.

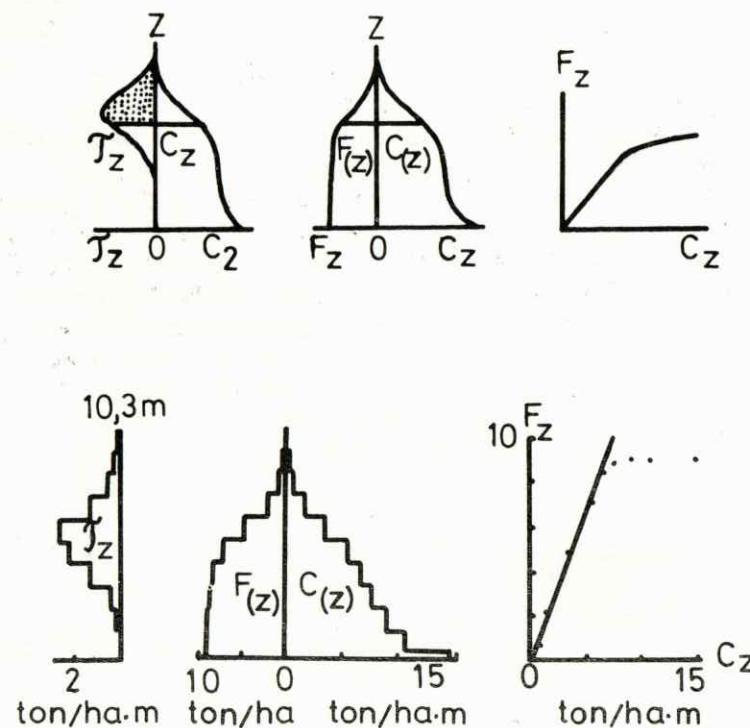


Figura 10. Distribución natural de *Picea glehni* y valores de $\tau(z)$, $C(z)$, $F(z)$ y $F(z) \sim C(z)$, según Shinosaki *et al.*, 1964.

La cantidad de órganos no fotosintetizadores disminuye con la altura, en proporción a la cantidad de hojas que existe en el horizonte respectivo (Shinosaki *et al.*, 1964)

$$\frac{dF}{dZ} = f = -L \cdot \frac{dC}{dZ}$$

La ecuación $F(z) = L \cdot C(z)$ expresa la proporción que existe entre $F(z)$ y $C(z) \cdot L$, siendo una constante que se refiere al largo tubular específico. Cualquiera que sea la cantidad de tejido foliar que exista a una determinada altura, se encuentra asociada hacia abajo con una cantidad de tejido fotosintetizador que tiene una cantidad constante de sección transversal.

La unidad del sistema tubular está constituida por el conjunto de hojas con su respectivo tubo que alcanza hasta el suelo donde la planta se arraiga. Desde el punto de vista de la teoría tubular de estos autores, una planta no es otra cosa que el conjunto de unidades tubulares. La unidad en la comunidad vegetal es el tubo con sus accesorios, los cuales, al unirse, forman la planta individual. El conjunto de plantas forma la comunidad vegetal (Figura 11).

La fitocenosis, durante el proceso de crecimiento en estatura y fitomasa, sigue la trayectoria ya analizada con algunas modificaciones. Los stands arbustivos están formados inicialmente por sistemas tubulares pequeños integrados por un reducido número de unidades. A medida que el organismo se desarrolla, nuevas unidades se van formando, pero otras ya formadas desaparecen. El follaje de las capas superiores va desapareciendo paulatinamente a medida que los ejemplares se desarrollan y el índice de área foliar de las capas superiores aumenta. Los stand maduros de bosques, matorrales y pastizales presentan una distribución uniforme del follaje concentrado preferentemente en las estratas superiores (Figura 12).

El componente tubular de las hojas de un árbol puede renovarse cada año, pero la cantidad de renovación tubular se relaciona directamente con el follaje con el cual se halla conectado.

L es la constante de proporcionalidad $F(z) \sim C(z)$ en la línea de regresión que relaciona los dos parámetros.

$$L = \frac{F(z)}{C(z)} = \frac{(\text{peso/área})}{(\text{peso/área } \Delta z)}$$

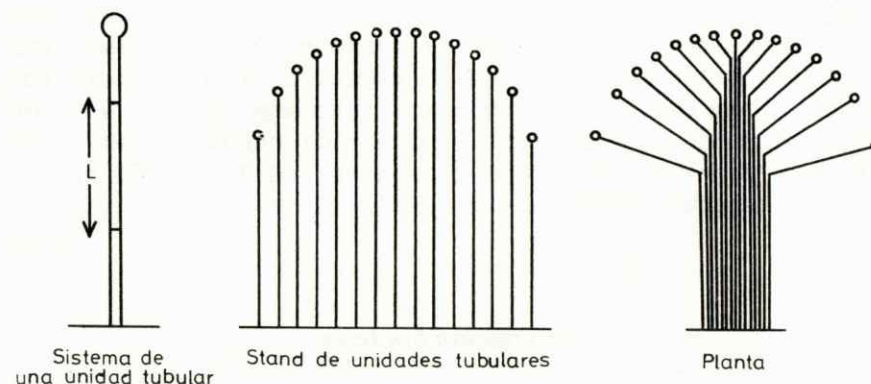


Figura 11. Representación esquemática de una unidad tubular, de un stand de unidades tubulares o de un stand o conjunto integrado de unidades tubulares (Shinosaki *et al.*, 1964).

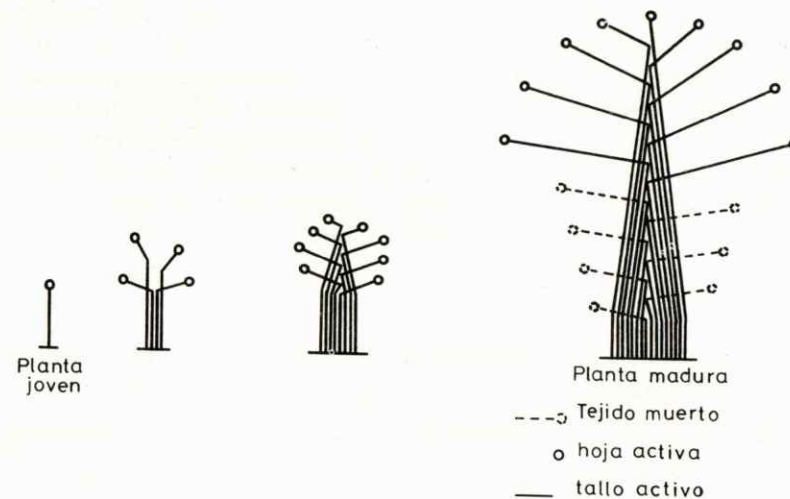


Figura 12. Representación esquemática del sistema tubular de una fanerófita, indicándose la acumulación de tejido en desuso en el tronco a medida que la planta crece (Shinosaki *et al.*, 1964).

El valor de dc/dz es el peso del tejido no fotosintetizador por unidad de área en una capa de un determinado espesor. De acuerdo con una ecuación presentada anteriormente (dc/dz) L es igual al peso de dF/dz a peso de las hojas τ en una unidad del sistema tubular. Esto equivale a sostener que una parte del sistema no fotosintetizador, cuyo peso fuera igual al de las hojas, tendría un largo igual a L . El valor de L expresado en centímetros, se denomina longitud tubular específica. El valor de L no es constante durante toda la estación, ni para todas las especies (Shinozaki *et al.*, 1964).

Descripción botánica

Familia Quenopodiaceae (Reiche, 1911)

Flores radiadas, hermafroditas o unisexuales. Perigonio corto en forma de caliz, de (3) 5 divisiones persistentes; rara vez ninguno. Estambres opuestos a las divisiones del perigonio, arqueados en el botón. Ovario súpero, unilocular, con un estilo corto que se divide en 2(-3-4) estigmas. Ovulo único campilótropo, sobre un funículo basal. El fruto es un utrículo rodeado por el perigonio a veces posteriormente transformado. Semilla con endospermio y con el embrión en forma de anillo o de tirabuzón. Cotiledones largos y angostos. Plantas anuales o perennes, a veces leñosas, lampiñas o pulverulento-harinosas por multitud de pelos vesicarios. Inflorescencia cimosopaniculadas. Flores verdosas, pequeñas. Los tallos generalmente con un engrosamiento irregular. Más de 70 géneros, distribuidos principalmente en las regiones litorales en las estepas y desiertos del globo; en Chile 6 géneros.

- I. Hierbas bajas, condensadas en céspedes con las hojas opuestas Chile boreal 1 *Nitrophila*
- II. Hierbas o arbustos más altos con las hojas alternas o sin hojas
 - A Plantas hojosas
 - 1 Hojas planas
 - a) Utrículo rodeado por el perigonio de 3 ó 5 divisiones 2 *Chenopodium*
 - b) Utrículo encerrado en 2 brácteas más o menos unidas en la base 3 *Atriplex*

- 2 Hojas cilíndricas o semi-cilíndricas
 - a) Divisiones del perigonio no transformadas por la madurez 5 *Suaeda*
 - b) Divisiones estiradas en un apéndice dorsal, horizontal 6 *Salsola*

- B Plantas con los tallos carnosos, articulados, sin hojas 4 *Salicornia*
- Subfamilia I Ciclolóbeas..... *Atripliceas*

Atriplex L

Flores unisexuales: Las masculinas con un perigonio de 5 divisiones y con 5 estambres; las femeninas sin perigonio; el ovario terminado en 2 estigmas y encerrado en una bolsa formada por dos brácteas persistentes y cuando maduras, en la base más o menos altamente unidas; a veces endurecen o llevan apéndices en el dorso. Utrículo con la semilla generalmente vertical. El embrión circular. Plantas herbáceas o leñosas con las hojas alternas, blanco pulverulentas. Inflorescencias paniculadocimosas. Flores pequeñas, verdosas. Cerca de 120 especies en todo el globo; en Chile cerca de 20 especies de un sistema todavía poco dilucidado por no conocerse siempre las semillas que sirven de base a la clasificación por la orientación de la radícula del embrión; por lo tanto, la disposición siguiente es meramente provisional.

Las especies leñosas del norte se llaman Cachiyuyo.

División primera: *especies dioicas**

- I Hojas cortamente pecioladas o sésiles
 - A Plantas perennes
 - 1 Hojas pequeñas (en medio de las ramas hasta 5 mm)
 - a) Arbustito del continente 1 *microphyllum*
 - b) Arbustito del islote San Ambrosio 2 *foliolosum*

* En caso dudoso, sígase también con la división segunda

| | |
|---|---------------|
| 2 Hojas de 1 a 3 cm de largo | |
| a) Brácteas con el dorso tuberculillado | 3 madariagae |
| b) Brácteas con el dorso liso | |
| α Brácteas más anchas que largas muy obtusas | 4 atacamense |
| β Brácteas rómbicas o rómbico orbiculares, apiculadas | |
| o Brácteas rómbicas, angostas hacia la base | 5 podocarpum |
| oo Brácteas orbicular-rómbicas | |
| + Base de las hojas paulatinamente angostadas en el pecíolo | 6 retusum |
| ++ Base ancha, bruscamente atenuada en el pecíolo. | 7 desertícola |
| B Plantas anuales | 8 peruvianum |
| II Pecíolo del largo de la lámina. | 9 chilense |

División segunda: *especies monoicas*

| | |
|---|------------------|
| I Hojas espatulado-cuneada hasta angostamente elípticas ** | |
| A Hojas espatulado-cuneada | |
| 1 Márgenes de la lámina angulosa | 10 castellata |
| hasta dentadas | 11 repandum |
| 2 Márgenes enteros. | 12 angustifolium |
| B Hojas angostamente elípticas. | 13 leucum |
| II Hojas suborbiculares o triangular-aovadas | |
| A Brácteas con el borde anterior dentado | |
| 1 Plantas perennes | |
| a) Hojas sub-orbiculares | 14 mucronatum |
| b) Hojas con la base angosta | |
| α Hojas más o menos del largo de los entrenudos. | 15 Phillippi |
| β Hojas tupidísimas | 16 myriophyllum |
| 2 Plantas anuales | 17 humile |
| B Brácteas con el borde anterior obtuso o apiculado | |
| 1 Flores de un verde purpúreo | 18 halimus |

** Compare 15 A. Phillippi 16 A. myriophyllum

| | |
|---|----------------|
| 2 Flores verdes | |
| a) Plantas con las ramas ascendentes o verticales | |
| α Hojas acorazonado-triangulares, obtusas; ramas ascendentes | 19 axillare |
| β Hojas aovado-triangulars, obtusas; ramas verticales. | 20 glaucescens |
| b) Plantitas bajas con las ramas tendidas | 21 andinum |

Atriplex repanda Phil. Arbusto monoico con las ramas ascendentes. Hojas tupidas trasaovado-oblongas hasta cuneadas, casi enteras, hasta con 5 dientes en cada margen, obtusas, atenuadas en la base, hasta 2 cm de largo. Las inflorescencias en el extremo masculino, más abajo femenino, quedando siempre pocas flores reunidas en las axilas de las hojas. Brácteas triangulares-orbiculares, ligeramente pulverulentas apenas marcadas de costillas prominentes, con el borde anterior truncado, con una puntilla terminal. En la zona litoral de las provincias de Coquimbo y Aconcagua.

Anatomía y Morfología

Atriplex repanda es un arbusto perenne cuya longevidad se estima superior a 40 años, de tamaño mediano, color grisáceo de hojas siempre verdes. Las plantas maduras alcanzan 1 a 2 metros de alto con 1 a 2 metros de diámetro, se ramifica libremente desde la base, las ramas son leñosas rígidas y quebradizas. La capa suberosa de las ramas más antiguas es estriada por pequeñas fisuras longitudinales. Las hojas son verde oscuro de tamaño pequeño de forma oblonga, base cuneada, de ápice obtuso, bordes dentados de color verde ceniciento en la cara inferior y verde más intenso en la superficie superior, gruesas alternadas, no superiores a 3 cm de largo y de 3 a 8 mm de ancho. Durante el invierno el follaje es persistente, a pesar que una pequeña proporción de él cae en los meses más fríos.

Flores poco vistosas estaminadas y pistiladas en el mismo pie. Las masculinas son de color amarillento pequeñas y aparecen en racimos en el ápice de los tallos jóvenes a fines de primavera y verano. Las femeninas son verdes, sésiles y van agrupadas a lo largo del tallo en las axilas de las hojas.

El fruto se desarrolla gradualmente a través del verano, madura y cae en otoño. A pesar que hay producción de frutos el primer año de vida de la planta, la producción propiamente tal se inicia desde el segundo año.

Posee un sistema radical pivotante, con raíz principal muy desarrollada de la cual nacen numerosas raicillas secundarias.

Un estudio histológico realizado en raíces, hojas y tallos de repanda (Silva, 1973), determinó en la estructura de la raíz una distribución helicoidal del sistema conductor, éste se dispone en forma compacta en torno a la zona medular. Los elementos conductores se encuentran en pequeña cantidad y distribuido irregularmente. Es notable además la gran cantidad de elementos lignificados que acompañan a los elementos conductores. Sobre esta zona y separada por tejido perenquimático se encuentran pequeñas zonas de tejido esclerenquimático en las cuales se observan algunos elementos conductores (Figura 13).

El parénquima cortical es abundante. La epidermis está formada por células pequeñas y paredes engrosadas por presencia de cutina. La exodermis la forman células grandes de paredes engrosadas seguida de un parénquima cortical de células pequeñas gruesas.

En la estructura primaria del tallo, Silva (1973) observó que se diferencian claramente los tejidos dérmicos, fundamental y vascular.

Se presenta una epidermis constituida por células isodiamétricas, membranas periclinales engrosadas y cutina, debajo de ella se encuentran dos capas de tejido colenquimático. Un parénquima cortical de células grandes con espacios intercelulares y cristales de Oxalato de Calcio.

En el límite del parénquima existe una zona endodermoide continua que rodea al sistema vascular. Hacia el centro se observa gran cantidad de tejido mecánico asociado con elementos conductores y fibras que forman un anillo alrededor del parénquima medular.

En un corte transversal del tallo se puede apreciar la disposición concéntrica de los elementos conductores. El tejido mecánico del límite de la corteza no rodea el floema, no existe relación entre ambos elementos; pero forman un haz colateral entre el xilema y el floema.

Las hojas del género *Atriplex* presentan hipodermis y pelos vesiculares en la superficie foliar (Black, 1954) que son modificaciones anatómicas que tienen importancia en la economía del agua. La presencia de un tejido vesicular constituido por vesículas fusionadas es una característica notable de la mayoría de las especies xerófitas de *Atriplex* (Black, 1954).

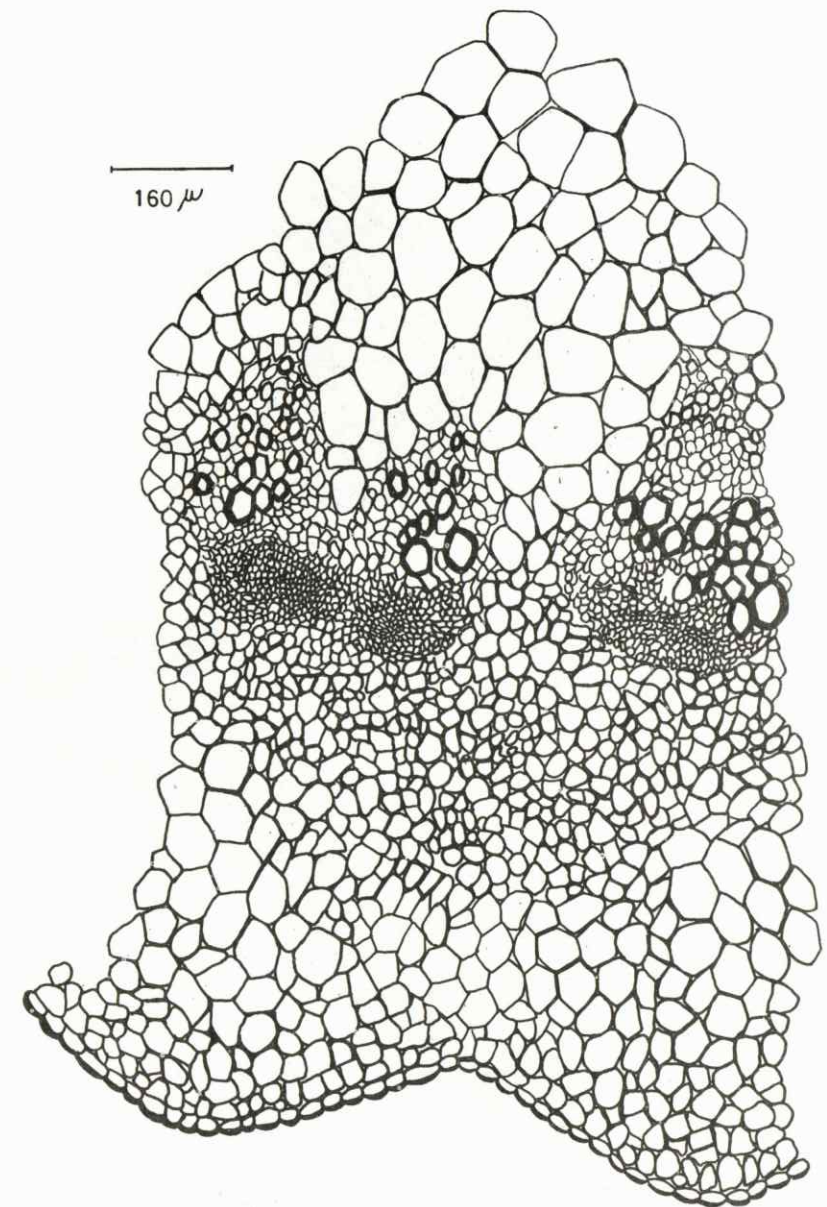


Figura 13a Esquema de una sección transversal de raíz de *Atriplex repanda* (Silva, 1973).

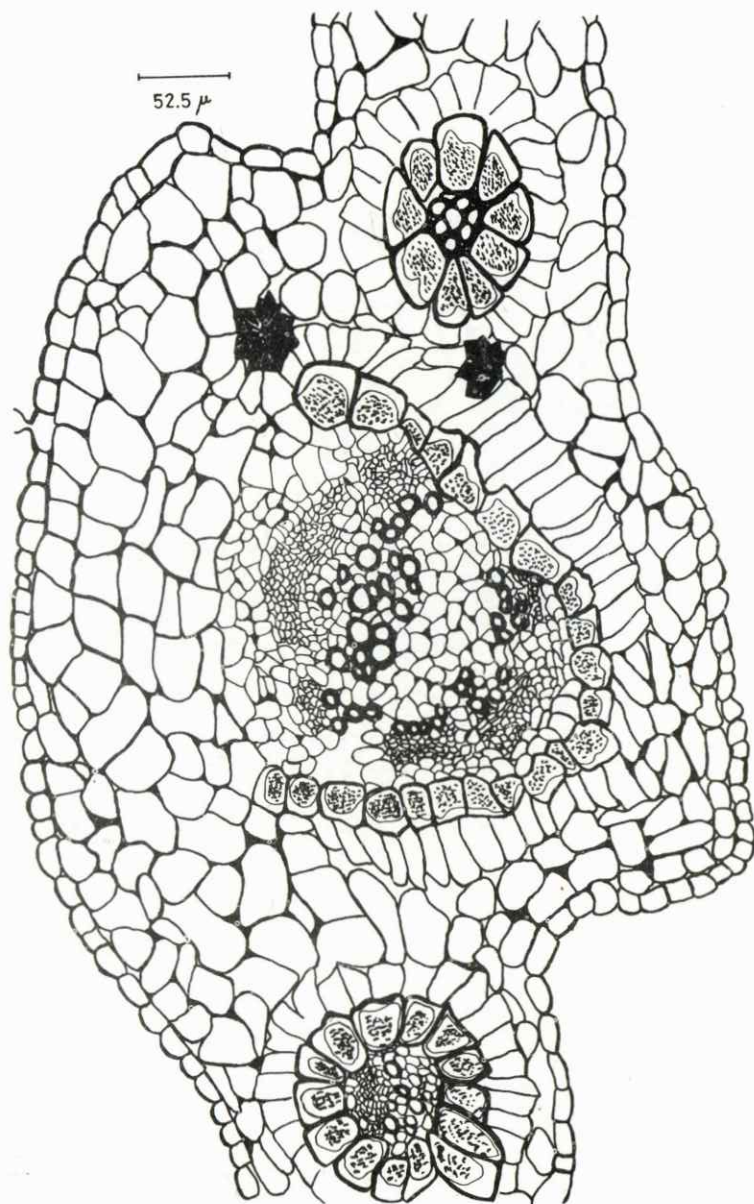


Figura 13b Esquema de una sección transversal de hoja de *Atriplex repanda* (Silva, 1973).

Los pelos vesiculares tiene origen en la epidermis y cuando están túrgidos se disponen apretadamente y presionan uno contra otro formando una gruesa capa que cubre la superficie foliar.

En un estudio realizado por Arensen (1972) se determinó una gran diferencia anatómica en hojas de *A. repanda* según sea el medio en que crecía. (Cuadro 6). En condiciones de invernadero con riego permanente no se observó presencia de pelos vesiculares. En condiciones de alta humedad relativa permanente; pero con precipitaciones escasas presentó características xerófitas intermedia, y en una zona con déficit hídrico y de baja humedad relativa se encontró presencia abundante de pelos vesiculares.

Silva (1973) determinó que la epidermis está formada por una capa de células de forma rectangular cuyas paredes externas presentan una banda continua de sustancia grasa, la cutina, que constituye la cutícula que impide la desecación de los tejidos subyacentes. A continuación se dispone una segunda capa de células epidérmicas (hipodermis) de forma alargada que contienen poca cantidad de cloroplastos.

Además se evidencia un tipo particular de venación en la cual se destaca una venación principal de otras secundarias, siendo todas iguales en cuanto a tamaño y disposición celular. Este tipo de venación se identifica con el término Kranz que es reticular y circunscrito por dos capas de tejido asimilador con gran cantidad de cloroplastos alrededor del xilema de la venación (Figura 13).

Componentes

La función β representa el comportamiento de un estímulo ϵ_j en todo su dominio, a través de una ruta l_j al interactuar con el arreglo topológico $\sigma(\eta)$ o arquitectura Λ del ecosistema. Una ruta l_j del estímulo ϵ_j en el sistema, corresponde a la forma de fluir de este estímulo.

La interacción del estímulo con el ecosistema significa cambios en el contenido de información del estímulo, lo cual acontece en cada nodo, estando definidos por cierta función β_n que depende de $\sigma(\eta)$ y del nivel de estímulo que incide sobre el nodo. Para conocer con mayores probabilidades de certeza, el comportamiento total del sistema es necesario conocer el comportamiento β_n de cada nodo. Este comportamiento es la función de particionalidad o integración de diversos estímulos con igual o diferente contenido de información y

CUADRO 6. Análisis comparativo de la anatomía de la hoja de *A. repanda* en tres localidades (Arentsen, 1972).

| | Antumapu (Santiago) | Corral de Julio (Coquimbo) | Rinconada (Santiago) |
|-------------------------|---|--|--|
| tricomas | no hay | vesiculares, abundantes, grandes | vesiculares, abundantes, planos |
| epidermis | células grandes, paredes delgadas cutícula muy delgada | células más pequeñas paredes delgadas cutícula muy delgada | células más pequeñas paredes gruesas, cutícula muy delgada |
| hipodermis | células parénquima prominentes | células parénquima prominentes | células parénquima no muy grandes |
| colenquima | angular, escaso, células grandes | ligeramente más abundantes ubicado sobre el floema | no hay |
| tejido de empalizada | células grandes | células más angostas | células largas notorias |
| xilema | abundante, rico en parénquima | abundante | escaso |
| cambium | no hay | notorio, con 4-5 corridas | cuando existe, muy poco notorio |
| floema | abundante | abundante | escasísimo |
| fibras | no hay | escasas, en el xilema | abundantes, de paredes muy gruesas, protegen al floema |
| estomas | superiores, con gran cámara en- doestomática; en ambas caras | abundantes, a nivel epidermal, cubier- tos por tricomas; en ambas caras | abundantes, normal- mente cubiertos por tricomas; en ambas caras |
| crisales | no hay | grandes células con grandes crisales | muy abundantes |
| vaina del haz | células de paredes delgadas | células de paredes más gruesas | células de paredes muy engrosadas |

su transformación en respuesta con igual o distinto contenido de información. La característica esencial de la función β_n para cada nodo, es la de modificar en cierto grado el contenido antrópico de cada estímulo.

El comportamiento total β del ecosistema representa, por lo tanto, el conjunto $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ de la diversas funciones de comporta-

miento de cada nodo; siendo éste el algoritmo analógico de funcionamiento del ecosistema. Simbólicamente:

$$\beta = \psi (\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n); \beta_i = \beta[\sigma_i(\eta_i)]$$

Cada una de las funciones β_i de comportamiento nodal está relacionada con cierto subconjunto definido de componentes topológicos o variables de estado. Los componentes topológicos directamente relacionados con β_i podrían denominarse componentes pertinentes del comportamiento de ese nodo y los restantes componentes impertinentes.

Lo anterior se puede interpretar como la partición del conjunto de componentes topológicos $[\sigma_k (\eta_k)]$ que intervienen en una función determinada β_k en dos conjuntos $[\sigma_i (\eta_i)]$ y $[\sigma_j (\eta_j)]$ mutuamente excluyentes. Esta partición se efectúa bajo el criterio de separación arbitraria de los componentes arquitectónicos de mayor incidencia en el comportamiento β_k , con respecto a los de mínima incidencia que se incluyen en el del otro conjunto. Por consiguiente, se tiene que si I es un conjunto índice, y

$$\frac{\partial \beta}{\partial \sigma_i} > \frac{\partial \beta}{\partial \sigma_j} \Rightarrow [\sigma_i] \in [\text{pertinente}]$$

$$[\sigma_j] \in [\text{impertinente}]$$

$$\forall_i \begin{matrix} j \in I & \text{y} & i \in I \\ \neq j & & \in I \end{matrix}$$

Las estrategias de mejoramiento de la respuesta del sistema pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- estrategias de cambio de estímulo (ϵ)
- estrategias de cambio de comportamiento (β)

La adición de tasas superiores de estímulos, tanto en lo que respecta a su cantidad como a su calidad, resulta normalmente la estrategia más frecuente. Durante las últimas décadas especialmente, se ha logrado a través de esta estrategia y, en particular, con el uso de agua de riego y fertilizantes, incrementar la respuesta del sistema. La utili-

zación de esta estrategia hace posible el incremento de la respuesta de prácticamente cualquier sistema. Sin embargo, es preciso hacer notar que el esfuerzo de producción de estos y otros estímulos viene acompañado de un costo considerable de energía en cualquiera de sus formas. La limitación a nivel mundial de los estímulos que cada día se hace más acentuada, deja ver la necesidad de ser aplicada de preferencia en aquellos ecosistemas donde la relación estímulo-respuesta sea más favorable.

En general, se puede afirmar que lo anterior corresponde a los ambientes más favorables, es decir a los mejores suelos, climas y biocenosis, siendo inconveniente su aplicación en ambientes más desfavorables.

Es posible, a manera de resumen, decir que, en general, el cambio de la respuesta de un ecosistema a través de la adición de mayor tasa de estímulo no resulta conveniente cuando:

la disponibilidad global de estímulos es limitada, y

la ineficiencia del sistema de acuerdo con la disponibilidad de estímulo es alta.

Otra alternativa de modificación de la respuesta consiste en la alteración del comportamiento β del sistema. Esta modificación debe llevarse a cabo a través de un cambio en la arquitectura del sistema, estrategia que puede resultar más adecuada en ambientes limitantes. Una tercera posibilidad de transformación de ecosistemas es la modificación simultánea de estímulos y arquitecturas hasta su nivel óptimo integral. Un último caso correspondería a aquellos ecosistemas que no satisfagan ninguna de las condiciones anteriores y que, por lo tanto, no deben ser modificados.

La dilucidación de la elección de posibilidades pertinentes debe ser la resultante de un estudio metodológico del ecosistema a través de la aplicación de los fundamentos de metodología clínica.

Cada ecosistema tiene un comportamiento general definido por un β total, el cual se puede categorizar, a su vez, en lo siguiente:

- D^β comportamiento de adición de estímulos
- I^β comportamiento de ingestión de estímulos
- A^β comportamiento de asimilación de estímulos
- T^β comportamiento de transformación de estímulos
- C^β comportamiento de traslocación de estímulos
- R^β comportamiento de respuesta de estímulos

Q^β comportamiento de almacenamiento de estímulos
 S^β comportamiento de cosecha ecosistémica.

de donde:

$$D^\beta = \beta_D (\sigma_D (\eta_D), \epsilon)$$

$$I^\beta = \beta_I (\sigma_I (\eta_I), \epsilon)$$

$$A^\beta = \beta_A (\sigma_A (\eta_A), \epsilon)$$

$$T^\beta = \beta_T (\sigma_T (\eta_T), \epsilon)$$

$$C^\beta = \beta_C (\sigma_C (\eta_C), \epsilon)$$

$$R^\beta = \beta_R (\sigma_R (\eta_R), \epsilon)$$

$$Q^\beta = \beta_Q (\sigma_Q (\eta_Q), \epsilon)$$

$$\beta = \psi (D^\beta, I^\beta, A^\beta, T^\beta, C^\beta, R^\beta, Q^\beta, S^\beta)$$

$$= \beta (\sigma (\eta), \epsilon)$$

El comportamiento β de un ecosistema corresponde a un homomorfismo del proceso real y, por lo tanto, es de naturaleza abstracta y conceptual. La arquitectura, en cambio, representa lo físicamente ponderable.

Puesto que los estímulos adicionados al ecosistema pueden ser: materia, energía e información, el arreglo topológico de cada nodo del sistema debe contemplar estructuras anátomo-morfológicas capaces de mediar entre las variables periféricas de estímulo y respuesta, de acuerdo a su naturaleza y magnitud. Por eso no sólo debe considerarse el arreglo topológico $\sigma (\eta)$ que está relacionado con el nicho o comportamiento correspondiente al componente, sino que su dimensión η_2 , lo cual implica territorialidad del componente.

Los componentes del arreglo topológico σ_η de un ecosistema cualquiera se pueden agrupar, de acuerdo con su comportamiento, en tres grupos diferentes: activos, pasivos y de cambio de estado.

La clasificación de los componentes topológicos, se hace atendiendo al objetivo del ecosistema. Algunos componentes intervienen directamente provocando los cambios de estado que promueven el objetivo. Otro grupo de componentes topológicos no intervienen directamente en estos procesos, pero sí interactúan con los anteriores. El primer grupo corresponde a los componentes activos y el otro a los pasivos.

Existe un tercer grupo de componentes topológicos que no per-

tenecen a ninguna de las categorías anteriores, pero sí a la familia de los primeros. Su función es almacenar materia, energía e información proveniente del cambio de estado como consecuencia de los activos.

En general, los componentes topológicos de los ecosistemas se pueden categorizar, de acuerdo con las funciones de comportamiento que generan. Los componentes topológicos activos son:

| | |
|---|---|
| Componente topológico de adición de estímulos $D^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de adición de estímulos D^{β} |
| Componente topológico de cosecha de estímulos $S^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de cosecha ecosistémica S^{β} |
| Componente topológico de ingestión de estímulos $I^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de ingestión de estímulos I^{β} |
| Componente topológico de asimilación de estímulos $A^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de asimilación de estímulos A^{β} |
| Componente topológico de transformación de estímulos $T^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de transformación de estímulos T^{β} |
| Componente topológico de traslocación de estímulos $C^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de traslocación de estímulos C^{β} |
| Componente topológico de respuesta de estímulos $R^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de respuesta de estímulos R^{β} |

En el caso de la fitocenosis, los tejidos activos pueden ser aquellos destinados a la absorción y transformación de materia y energía, tales como el follaje, los pelos radicales y el citoplasma.

Los componentes topológicos pasivos están dados por:

| | |
|--|--|
| Componente topológico de soporte y estructura $F^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de soporte y estructura F^{β} |
| Componente topológico de anclaje o inserción $G^{\sigma}(\eta)$ | Comportamiento de anclaje o inserción G^{β} |

Componente topológico de defensa $H^{\sigma}(\eta)$

Comportamiento de defensa H^{β}

Componente topológico de cobertura $J^{\sigma}(\eta)$

Comportamiento de cobertura J^{β}

Componente topológico métrico-vascular $V^{\sigma}(\eta)$

Comportamiento métrico-vascular V^{β}

En el caso de la fitocenosis, los tejidos pasivos pueden corresponder a estructuras de sostén como raíces, tallos y troncos de defensa, y a otros que, sin intervenir en los procesos activos, interactúan con ellos.

Los componentes topológicos de cambio de estado son todas las variables de estado, pues pueden modificar su tamaño individual η_2 o poblacional η_1 como así mismo, el arreglo topológico que les contiene, todo lo cual implica un cambio en el contenido de materia, energía e información. Entre ellos se tiene:

Componente topológico de desarrollo y crecimiento $K^{\sigma}(\eta)$

Comportamiento de crecimiento y desarrollo K^{β}

Componente topológico de almacenamiento $L^{\sigma}(\eta)$

Comportamiento de almacenamiento L^{β}

Las modalidades de cambio de estado, de cada una de las variables de estado, se ajustan a distintos modelos de carga y descarga de acuerdo a sus características intrínsecas y a los estímulos y reingestión.

Algunas de las estructuras fitocenósicas de cambio de estado son el tejido meristemático y el tejido de almacenamiento.

Los componentes activos, pasivos y de cambio de estado, según el grado de integración dado por el arreglo topológico y tamaño de los componentes de la arquitectura ecosistémica, junto con el estímulo, determinan su respuesta global, que a su vez es función de las respuestas parciales de cada agrupación de componentes o estratos del ecosistema.

Lo anterior se puede presentar en forma más compacta como:

$[D^\sigma, S^\sigma, I^\sigma, A^\sigma, T^\sigma, C^\sigma, R^\sigma]$ activo = σ activo

$[F^\sigma, G^\sigma, H^\sigma, J^\sigma, V^\sigma]$ pasivo = σ pasivo

$[K^\sigma, L^\sigma] = \sigma$ cambio, tal que

σ activo $\Rightarrow \beta$ activo

σ pasivo $\Rightarrow \beta$ pasivo

σ cambio $\Rightarrow \beta$ cambio, y para todo el sistema

$[\sigma \text{ activo}, \sigma \text{ pasivo}, \sigma \text{ cambio}] \rightarrow \beta \text{ total}$, o equivalentemente:

$\sigma \text{ total} \Rightarrow \beta \text{ total}$

Estructura de la planta

En el diseño de fitocenosis mejoradas se requiere definir, tanto los elementos estructurales que deba tener la comunidad, como su ordenamiento espacial, para luego proceder a su construcción. Luego se selecciona la especie dominante y las subordinadas, de manera de lograr conformar la arquitectura diseñada. La fitocenosis resultante es el producto de la integración de individuos, poblaciones, sinusias y estratas en una unidad mayor que constituye la comunidad vegetal como componente más del ecosistema.

La fitocenosis es el componente del ecosistema cuya función principal es la de transformar energía solar sintetizándola en compuestos orgánicos vegetales. La estructura de cada uno de los ejemplares que integran la comunidad requerida para llevar a cabo ésta y otras funciones que le son propias, debe contar con determinados elementos, los cuales además deben estar organizados en alguna forma definida. Cada uno de ellos, desarrolla alguna función y su conjunto determina el comportamiento global del sistema.

De acuerdo al objetivo perseguido en la utilización del ecosistema diseñado, como un componente de unidades mayores de integración, como lo son el predio, la cuenca o la región, su comportamiento no debe alejarse del óptimo pretendido. En estudios anteriores (Armijo, Nava y Gastó, 1976) se ha establecido que:

$\rho \quad \rho(\epsilon, \beta)$
 $\beta \quad \beta(\epsilon, \Lambda), \gamma$
 $\Lambda \quad \Lambda(\sigma, \eta)$

donde ρ es la respuesta del ecosistema, β su comportamiento, y Λ la arquitectura del sistema. Existe, por lo tanto, una estrecha relación entre el comportamiento del sistema y su arquitectura.

Al diseñar ecosistemas se persigue lograr aquel que permita alcanzar un comportamiento definido para lo cual se requiere la arquitectura que lo produzca. La arquitectura, a su vez, es una función del arreglo topológico tanto intra como interindividuos y del tamaño η de los componentes. Sólo determinando las funciones generales de arquitectura y de sus componentes σ y η de las poblaciones dominantes es posible generalizar el diseño de comunidades optimizadas. En algunos ambientes mediterráneos de Chile es factible mejorar el ecosistema basado en arquitecturas fitocenósicas dominadas por *Atriplex repanda* (Gastó y Contreras, 1972), que difiere de las especies esclerófitas nativas tanto en su adaptación como en su morfología y anatomía (Riveros *et al.*, 1976; Silva 1973).

Dado que el objetivo que se persigue es establecer modelos generales que permitan predecir el comportamiento del ecosistema, no se ha pretendido construir modelos a escala de ejemplares desarrollados en diversos ambientes y edades, sino que calcular funciones generales que permitan predecir su forma en los ambientes y circunstancias más diversas, lo cual a su vez permite predecir su comportamiento.

Los estudios sucesionales realizados en la zona permiten conocer algunos de los atributos de las comunidades vegetales tanto en estado climácico como en desequilibrio (Olivares y Gastó, 1971). Durante largo tiempo se ha pretendido desarrollar ecosistemas mejorados que contengan algunos de los elementos propios de los ecosistemas naturales (Gastó y Contreras, 1972). La búsqueda de una metodología que permita diseñar el ecosistema mejorado no debe sustentarse sobre una base que utilice simplemente analogía superficiales entre el natural y el artificial. El fundamento del diseño de la nueva arquitectura deben ser las funciones generales determinadas inductivamente a partir del estudio de conjuntos de casos particulares.

En estudios anteriores (Zúñiga, 1973 y Gastó y Caviedes, 1976) se ha considerado el crecimiento estacional y de la relación que existe entre la densidad de plantas y su productividad. Se requiere, por lo tanto, analizar las funciones de arquitectura del ecosistema y, consecuentemente, de su comportamiento (Patten, 1971; Maynes, Armijo y Gastó, 1975, Nava, Gastó y Armijo, 1976).

Gastó y Olivares (1979) realizaron un estudio en la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, ubicada en la provincia de Santiago.

La precipitación media del lugar es de 290,3 mm la mediana de 295,6 mm (Valdivia, 1975). Los suelos corresponden a terrenos aluviales de formación reciente, con escaso desarrollo del perfil. Las características más sobresalientes son: textura franco-arcillosa, gran profundidad, abundancia de piedras pequeñas y angulosas, aunque ligeramente redondeadas, buen drenaje y pendientes inferior al uno por ciento.

La vegetación natural del lugar coresponde a la de matorral, la cual fue destruida en 1959 y el suelo ocupado por cultivos de cereales y praderas artificiales, para luego ser mantenido como pradera natural. En 1969 se establecieron los ejemplares de *Atriplex repanda* en plantaciones distanciadas a 5 m, lo cual corresponde a una densidad de 400 ejemplares por hectárea. A partir del segundo año el sector fue destinado a un ensayo donde se estudió el efecto de la época y frecuencia de utilización. Dentro de estos tratamientos se eligió ejemplares de la especie correspondiente a sectores utilizados con ovinos durante siete años consecutivos en la primera quincena de julio, es decir, con cosecha invernal y frecuencia de doce meses, haciéndose la descripción en esta fecha. Simultáneamente, se estudió la estructura de plantas utilizadas en invierno y verano en los meses de julio y enero. Dado que el objetivo del estudio fue determinar funciones generales de estructura, para cada caso se eligió ejemplares representativos, los cuales fueron estudiados detalladamente en aspectos referidos a su forma, como es usual en este tipo de estudios.

Por tratarse de un arbusto cuya forma corresponde aproximadamente a la de una semiesfera, formada por un tronco central que se ramifica desde la base en todas direcciones, lo cual le da su forma características, se eligió una metodología compatible con su forma. La distancia desde el centro de la planta fue medida para cada rama, las cuales fueron trozadas en segmentos de 10 cm. El conjunto de todos estos segmentos de la totalidad de las ramas fue posteriormente pesado y separado en sus componentes foliares, de frutos y de ramas. Las funciones de estructura se calcularon tomando como base la metodología propuesta por Shinozake *et al.* (1964), haciendo salvedad de las restricciones ya indicadas.

Los resultados provenientes de las mediciones efectuadas en el terreno en plantas utilizadas cada 12 meses indican que la proporción de los componentes de la productividad varían de acuerdo con la posición del horizonte en la planta. La tendencia general es definida demostrándose que la fitomasa foliar por horizonte se incrementa desde la periferia de la planta hasta los 40 cm, pasado los cuales comienza gradualmente a decrecer hacia el interior, hasta llegar al centro de la

planta en que casi no existe follaje (figuras 14 y 15). La máxima concentración se encuentra, por lo tanto, en los horizontes en que la intensidad lumínica es mayor, y a medida que se extingue la luz se reduce paralelamente el follaje. La misma tendencia de aumentos de fitomasa foliar desde la periferia hacia el interior ocurre en los tratamientos utilizados con una frecuencia de seis meses, aunque el máximo se presenta a los 30 cm. En los horizontes ubicados hacia el interior la cantidad de follaje decrece gradualmente hasta llegar también a valores cercanos a cero en el centro (Cuadro 7).

Los tallos constituyen el tejido de sostén del follaje y conductor de la savia y, como tal, por razones meramente físicas debe aumentar hacia el centro, pues se requiere de una mayor resistencia para soportar una masa cada vez mayor (Shinozaki *et al.*, 1964). Así se demuestra que su incremento es mayor en los horizontes periféricos, donde la masa foliar que debe soportar es también mayor.

El tejido de sostén, vale decir los tallos, tiene como función principal ubicar a una cierta altura sobre el suelo y en cierta distribución espacial, al tejido foliar. Los frutos se comportan como órganos de almacenamiento y reproducción, ubicándose en los extremos de las ramas del año las cuales, durante la temporada de crecimiento van produciendo flores y fructificando en el extremo. A medida que el crecimiento continúa durante la estación, los puntos van quedando ubicados más al interior de la planta. Dado el alto porcentaje de fitomasa de frutos en relación a la foliar que se aprecia tanto en éste como en otros estudios (Zúñiga 1973; Gastó y Caviedes, 1976) y dado que ambos se ubican de preferencia en el extremo de las ramas, y que la fitomasa se incrementa aún más en la planta viva debido al peso de su contenido hídrico, el tejido de sostén debe caracterizarse por una elevada capacidad de soporte, lo cual se logra con una alta proporción de tejido de sostén.

Por razones físicas, la proporción de tallos y tronco es mayor en los horizontes ubicados más próximos a la base de la planta (Figura 16). En el extremo exterior de la planta, la cantidad de tallos es proporcional a la biomasa que debe soportar, lo cual para esas secciones sólo corresponde a una pequeña fracción del total del componente foliar y del fruto.

Los ejemplares utilizados cada 12 meses demuestran el mayor tamaño de las estructuras de sostén requerido a la vez para soportar una masa foliar y de frutos considerables, especialmente en los horizontes ubicados en los cuarenta centímetros de la periferia. Los ejemplares más pequeños, son aquellos ramoneados cada seis meses, en

enero y julio, acción que no sólo afecta su productividad de hojas y frutos, lo cual lo muestra muy reducido en relación a los ejemplares sometidos a la frecuencia de 12 meses, sino que también el tejido de sostén es más escaso. Por eso, en este último caso, la planta se torna más tierna y apetecible para el ganado. El tejido pasivo es menor, con lo cual disminuye los sitios de protección para los mamíferos pequeños, la mayor parte de los cuales son herbívoros que consumen o dañan al arbusto.

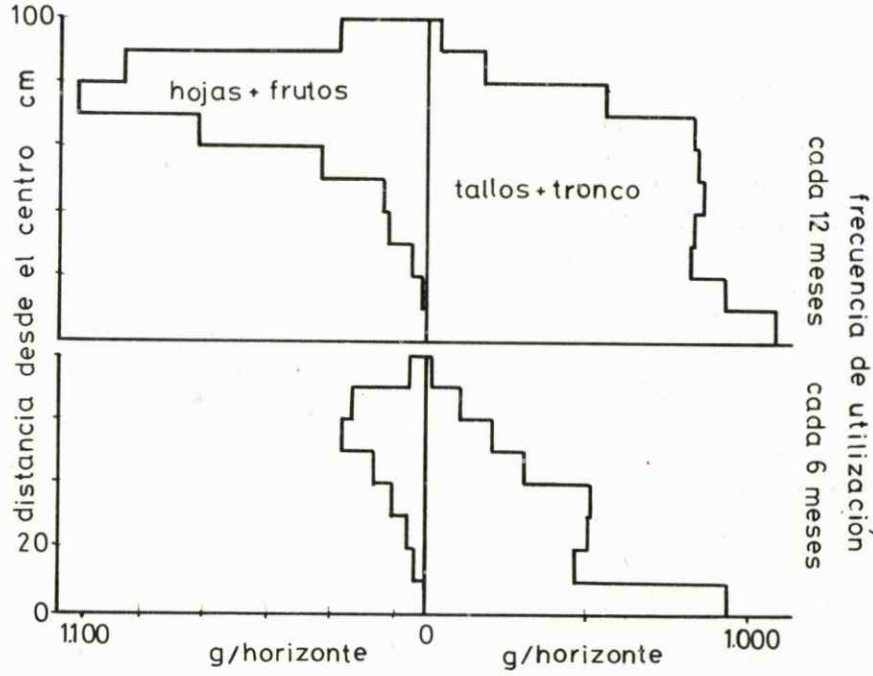


Figura 14 Fitomasa por horizonte de plantas de *Atriplex repanda* previo al uso en una pradera de ocho años utilizada cada 12 ó 6 meses. Mediciones realizadas en la primera quincena de julio (Gastó y Olivares, 1979).

CUADRO 7. Elementos de la arquitectura de *Atriplex repanda* previo al uso de una pradera de ocho años utilizada anualmente una vez al año en el mes de julio, dos veces en enero y julio. Mediciones realizadas en la primera quincena de julio (Gastó y Olivares, 1979)

| Horizonte desde centro planta | Cantidad total en el horizonte | | | Índice de área foliar (IAF) | | Biomasa acumulada | | | Densidad por unidad de Volumen | | | IAF de la estrata | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-------|--------|--------------------------------|-------|--------|----------------------|---------|-------|---------|--------|------|
| | Hoja más fruto | Hoja más fruto | Tallos No | Estrata Acum-lativo | Estrata acum-lativo | Hojas más fruto | Fruto | Tallos | Hoja | Fruto | Tallos | | Peso No | | | | |
| m | g/horizonte | | | IAF | | g/horizonte | | | g/m ³ | | | Unid./m ³ | | | | | |
| 0.0-0.1 | 0 | 0 | 1.100 | 0.00 | 5.06 | 0.03 | 0.58 | 100.0 | 1.755 | 1.947 | 3.702 | 7.039 | 234 | 0 | 117.765 | 16.237 | 0.14 |
| 0.1-0.2 | 11 | 0 | 943 | 0.03 | 5.06 | 0.03 | 5.06 | 100.0 | 1.755 | 1.947 | 3.702 | 5.939 | 700 | 24 | 47.498 | 7.366 | 0.74 |
| 0.2-0.3 | 44 | 5 | 832 | 0.13 | 5.03 | 2.50 | 99.4 | 1.744 | 1.947 | 3.692 | 4.996 | 1.105 | 1.105 | 132 | 20.915 | 5.981 | 1.41 |
| 0.3-0.4 | 104 | 17 | 839 | 0.30 | 4.91 | 5.90 | 97.0 | 1.701 | 1.942 | 3.642 | 4.163 | 1.137 | 1.137 | 225 | 10.827 | 4.568 | 1.67 |
| 0.4-0.5 | 126 | 12 | 872 | 0.36 | 4.61 | 7.18 | 91.0 | 1.597 | 1.924 | 3.521 | 3.225 | 1.987 | 1.987 | 92 | 6.826 | 2.873 | 1.44 |
| 0.5-0.6 | 225 | 105 | 849 | 0.65 | 4.24 | 12.85 | 83.8 | 1.471 | 1.913 | 3.384 | 2.452 | 1.184 | 1.184 | 551 | 4.445 | 3.510 | 1.81 |
| 0.6-0.7 | 383 | 340 | 723 | 1.11 | 3.59 | 21.84 | 71.0 | 1.245 | 1.808 | 3.053 | 1.603 | 1.441 | 1.441 | 1.279 | 3.145 | 3.087 | 2.26 |
| 0.7-0.8 | 456 | 646 | 1.102 | 1.32 | 2.49 | 26.00 | 49.1 | 862 | 1.467 | 2.329 | 767 | 1.289 | 1.824 | 1.576 | 2.410 | 2.06 | 2.06 |
| 0.8-0.9 | 319 | 631 | 951 | 1.17 | 1.17 | 18.23 | 23.1 | 406 | 822 | 1.227 | 209 | 704 | 1.389 | 385 | 977 | 1.14 | 1.14 |
| 0.9-1.0 | 86 | 190 | 276 | 0.25 | 0.25 | 4.89 | 4.9 | 86 | 190 | 276 | 34 | 151 | 335 | 60 | 448 | 0.25 | 0.25 |
| Utilizada una vez al año | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.0-0.1 | 0 | 0 | 950 | 0.03 | 3.01 | 0.01 | 100.0 | 713 | 187 | 900 | 3.117 | 3.342 | 3.342 | 0 | 38.004 | 10.029 | 1.90 |
| 0.1-0.2 | 35 | 0 | 472 | 0.12 | 3.98 | 0.04 | 99.0 | 713 | 187 | 900 | 2.167 | 1.877 | 1.877 | 0 | 26.770 | 8.799 | 1.86 |
| 0.2-0.3 | 58 | 1 | 514 | 0.24 | 2.87 | 0.08 | 95.2 | 678 | 187 | 866 | 1.695 | 1.452 | 1.452 | 26 | 12.906 | 6.358 | 1.74 |
| 0.3-0.4 | 105 | 1 | 106 | 0.44 | 2.62 | 0.15 | 87.1 | 620 | 186 | 807 | 1.181 | 1.349 | 1.349 | 15 | 6.766 | 4.765 | 1.77 |
| 0.4-0.5 | 145 | 15 | 160 | 0.61 | 2.18 | 0.22 | 72.4 | 516 | 185 | 701 | 657 | 1.134 | 1.134 | 117 | 2.427 | 4.101 | 1.57 |
| 0.5-0.6 | 205 | 56 | 261 | 0.86 | 1.57 | 0.29 | 52.1 | 371 | 170 | 541 | 347 | 1.073 | 1.073 | 292 | 1.116 | 3.227 | 1.54 |
| 0.6-0.7 | 140 | 92 | 232 | 1.13 | 0.70 | 0.20 | 23.4 | 166 | 114 | 281 | 134 | 525 | 346 | 426 | 1.361 | 0.77 | 0.77 |
| 0.7-0.8 | 27 | 22 | 49 | 0.11 | 0.11 | 0.04 | 3.8 | 27 | 22 | 49 | 21 | 76 | 63 | 59 | 2.29 | 0.11 | 0.11 |
| Utilizada dos veces al año | | | | | | | | | | | | | | | | | |

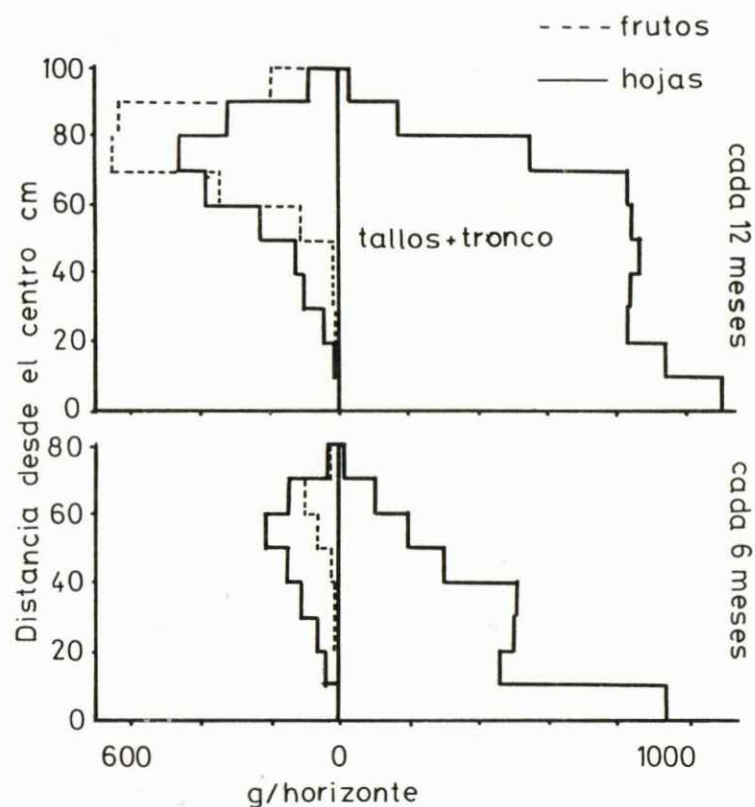


Figura 15 Fitomasa por horizonte de plantas de *Atriplex repanda* previo al uso en una pradera de ocho años utilizada cada 12 ó 6 meses. Mediciones realizadas en la primera quincena de julio (Gastó y Olivares, 1979).

La baja variabilidad en la cantidad de tejido de sostén que se observa a partir de la estrata de los 40 centímetros, en los ejemplares utilizados con una frecuencia de 12 meses, está en concordancia con el bajo contenido foliar de frutos de la estratas centrales, lo cual hace que no se incremente su peso. En este mismo tratamiento, la masa de tronco y tallo se incrementa considerablemente en la base de la planta, igual que lo que ocurre con la frecuencia de 6 meses.

En forma acumulativa, los mismos ejemplares pueden represen-

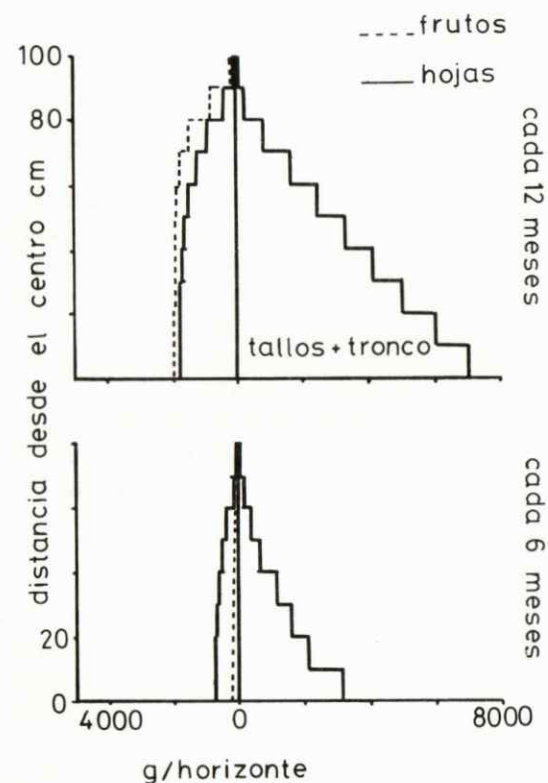


Figura 16 Fitomasa por horizonte acumulada, de plantas de *Atriplex repanda* previo al uso en una pradera de 8 años utilizada con frecuencias de 12 ó 6 meses. Mediciones realizadas en la primera quincena de julio (Gastó y Olivares, 1979).

tarse de acuerdo con lo indicado en la Figura 16. La función de incremento de la masa foliar y de frutos sigue aproximadamente una forma sigmoídea, incrementándose lentamente en las primeras estratas, luego sube en forma brusca, para finalmente hacerse asintótica hacia el centro de la planta. Tanto la cosecha cada 12 como cada 6 meses se caracterizan por la misma función, aunque el valor de la asíntota es menor en el caso de la frecuencia más breve. El incremento del tejido de sostén sigue, en cambio, una tendencia ligeramente exponencial, aunque por tratarse de arbustos, no alcanza a hacerse asintótica en la abscisa, dado su escaso tamaño.

Los componentes de la fitomasa del arbusto pueden clasificarse en tallos, hojas y frutos y ordenarse en estratas que conserven una forma esférica. Aun cuando la forma de la parte aérea del arbusto, no es exactamente la de una esfera, se aproxima bastante a ello, suposición que puede traer como resultado un incremento del error.

La fitomasa aérea total considerada como base para calcular los porcentajes de los componentes, indica en forma generalizada que los porcentajes de frutos disminuyen desde la periferia (Figura 17). Lo mismo ocurre con el follaje, que también se hace mínimo al centro de la planta, ocurriendo lo opuesto con los tallos.

Dada la menor densidad del extremo de las ramas, la concentración foliar es también más baja, lo cual se refleja en su menor índice de área foliar, que en los primeros 10 cm alcanza a sólo 0,25. En los horizontes que le siguen, los índices se aproximan a uno o incluso llegan a sobrepasarlo. En la quinta estrata, el índice baja 0,65 para continuar disminuyendo hasta hacerse cero al centro de la planta (Figura 18).

El índice de área foliar expresado en términos porcentuales, corresponde a un 4,89% en la estrata periférica, a un 49,12% en los primeros 30 cm y alcanza al 83,81% en la mitad exterior de la planta, que corresponde a 50 cm. El restante índice de área foliar, que corresponde al 15,19% se ubica en el 50% de los horizontes. Ello significa que el follaje de la planta está capacitado para captar la mayor parte de la luz con un espesor de algo más de 50 cm, pasado lo cual debe incurrir en la elaboración de una fitomasa destinada principalmente al soporte del follaje, lo cual le significa una reducción en su tasa de productividad neta.

La fitomasa de tallos se eleva exponencialmente en los ejemplares de mayor tamaño. Hipotéticamente podría considerarse que la función general que describe la fitomasa de los tallos en relación a la distancia desde la base de sostén de los elementos que constituyen la parte aérea consta de 2 partes. En la base, la biomasa tiende a aumentar exponencialmente (Figura 19), en tanto que en los horizontes de inserción de hojas y frutos se ajustan a una función sigmoidea.

El follaje, en cambio, es ínfimo en el centro de la planta aumentando gradualmente hasta la zona de máxima concentración, ajustándose a una función sigmoidea. Más allá de ese horizonte, la densidad de follaje disminuye, pero ello ocurre en una distancia considerablemente menor, aunque ajustándose a la misma función. El punto máximo es diferente para los tratamientos de seis y doce meses de frecuencia de utilización. La estructura del componente frutal sigue

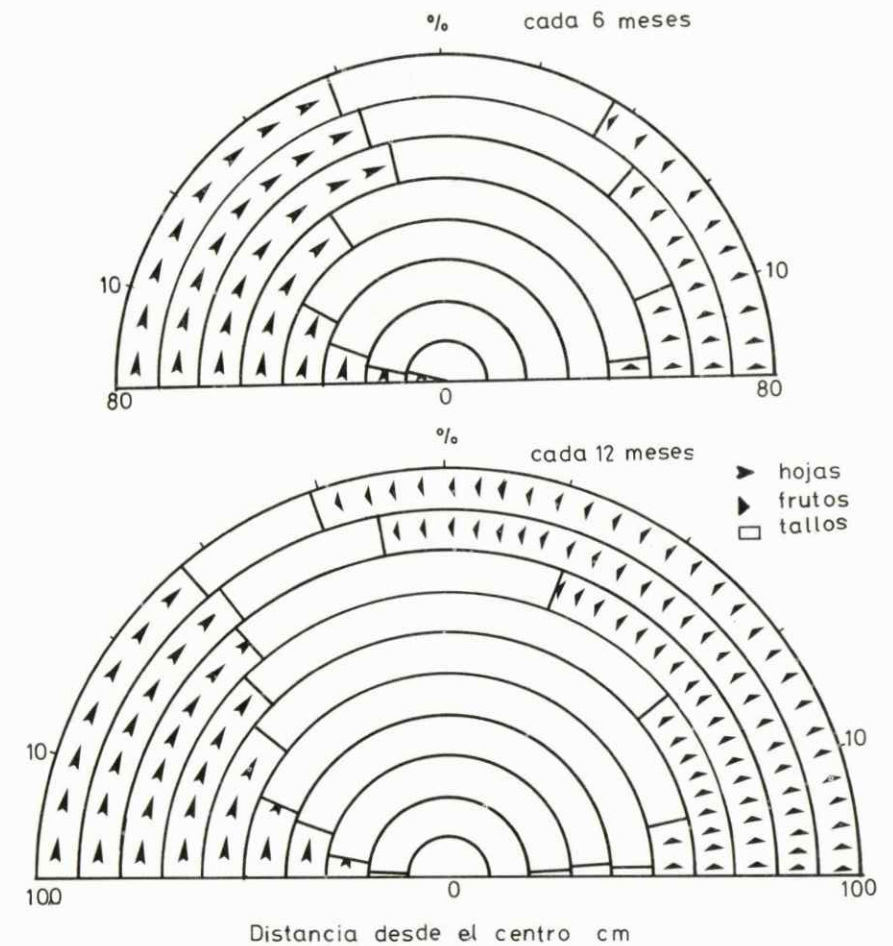


Figura 17 Esquema de los componentes de fitomasa de plantas de *Atriplex repanda* de ocho años de edad previo al uso, utilizadas una y dos veces al año.

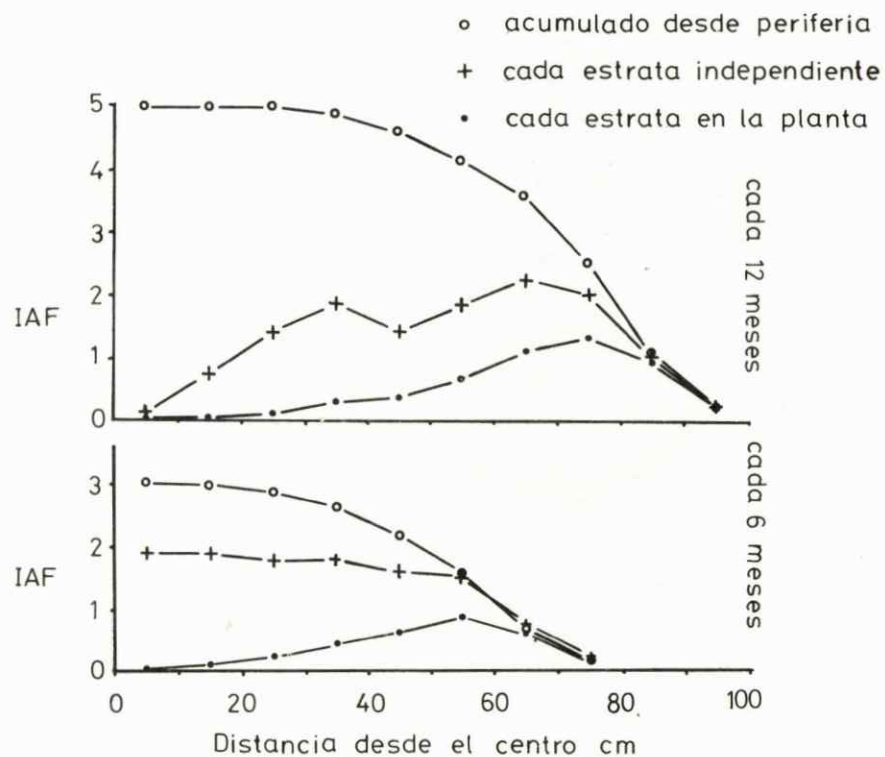


Figura 18 Índice de área foliar de cada estrata y contribución de cada estrata al índice foliar del arbusto, previo al uso en plantas ramoneadas anualmente durante 8 años una vez al año, en el mes de julio o dos veces al año en enero y julio (Gastó y Olivares, 1979).

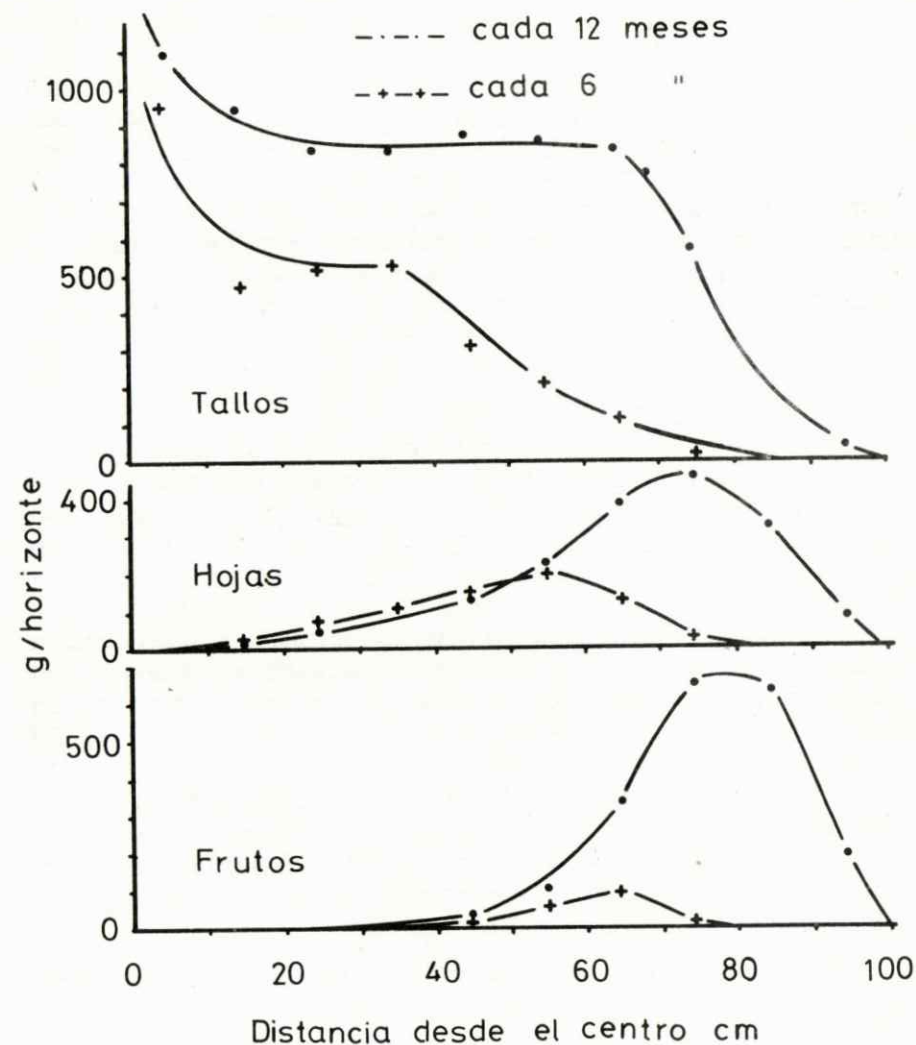


Figura 19 Elementos de la arquitectura de plantas de *Atriplex repanda* previo al uso, ramoneados una o dos veces al año durante un período de 8 años. Fitomasa de cada componente en los horizontes respectivos, cada uno de 10 cm de espesor, medidos a partir del centro de la planta (Gastó y Olivares 1979).

funciones similares a las del follaje salvo que sus máximos son diferentes.

La forma de la planta debe estar ajustada a las características del material de constitución, especialmente en el caso del tejido de sostén, es decir, de los tallos y de la masa y ubicación de los elementos que soporte, en este caso, hojas y frutos. Existe por lo tanto una relación estrecha entre la masa soportada y la masa de sostén, la cual debe necesariamente estar relacionada con la resistencia propia del material. Shinozaki *et al.* (1964) buscaron establecer esta relación llegando a la conclusión que inicialmente existe una función rectilínea entre follaje y sostén, relación que al aumentar la estatura de la planta se discontinúa hasta que finalmente el incremento del soporte no viene acompañado de un incremento del follaje.

Los resultados de este estudio indican que los valores experimentales se ajustan a una función exponencial (Figura 20). En los ejemplares pequeños la relación hoja-tallo es favorable al primer componente, lo cual significa que una alta proporción de la fotosíntesis neta se destina a la productividad de follaje. En ejemplares de mayor tamaño, la proporción de tallos se incrementa, por lo cual, una mayor porción de la fotosíntesis debe ser destinada a su producción y respiración, debiendo necesariamente disminuir su eficiencia. En plantas excesivamente grandes, esta proporción se deteriora en exceso hasta llegar a un estado en el cual no existe incremento del follaje.

En circunstancias en que la producción de frutos es elevada, la biomasa que debe soportar es también alta, lo cual requiere de una mayor proporción de tejido de soporte. Esta relación puede presentarse, en esta forma, entre el soporte y la fitomasa de follaje más los frutos, con lo cual se ajusta más a la realidad.

Debe destacarse el buen ajuste de los resultados experimentales a la función.

$$\hat{Y} = A (1 - e^{bx})$$

donde b es la pendiente de la curva y A es el valor de la asíntota en y , cuando la fitomasa foliar alcanza su máximo. La importancia de esta relación es que con sólo conocer el valor de la asíntota y el de la pendiente es posible describir a cualquier especie o tipo de planta, lo cual simplifica enormemente los estudios de arquitectura de plantas.

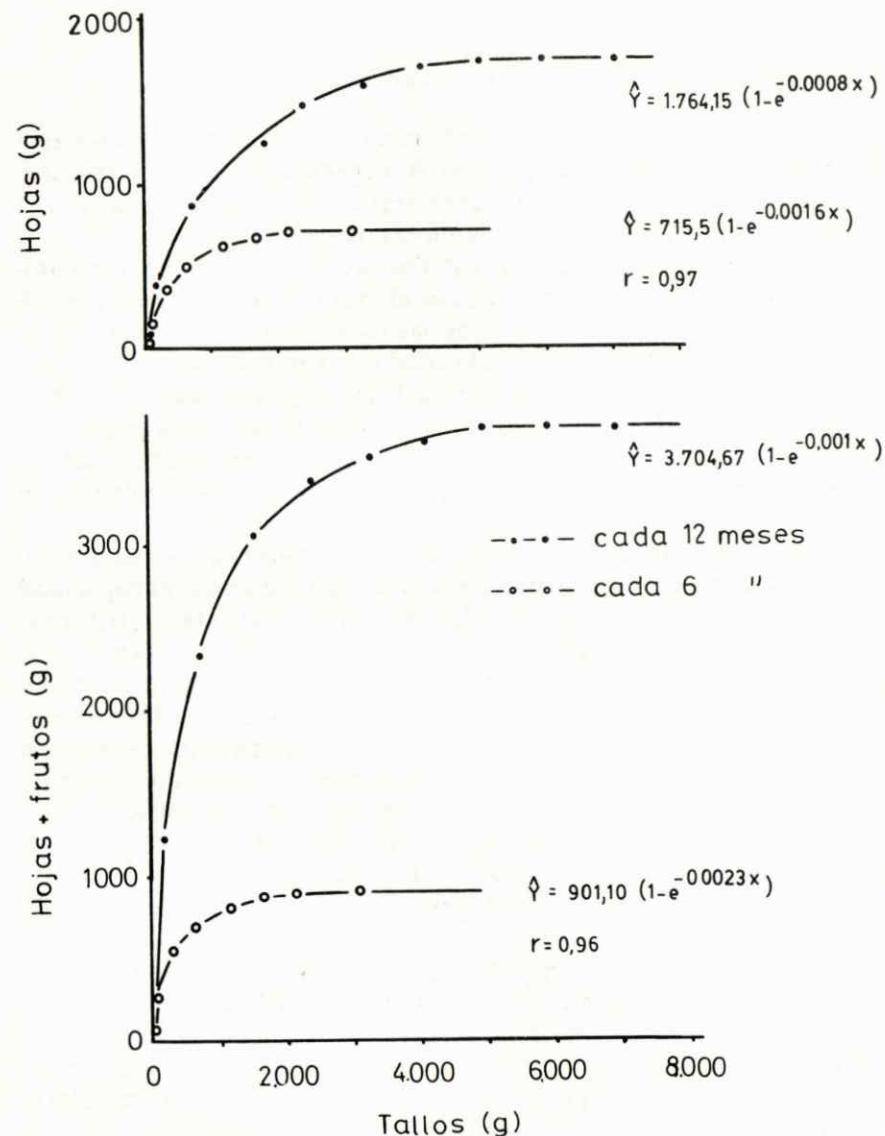


Figura 20 Relación entre fitomasa del follaje o de éste más los frutos de los tallos en plantas con frecuencia de utilización de 6 y 12 meses (Gastó y Olivares, 1979).

Poblaciones

Atributos poblacionales

Los organismos vivos están organizados de manera diferente que la materia inerte. Para comprender su organización es necesario primeramente analizar los niveles superiores de los organismos los cuales son el individuo, la población y la biocenosis.

A pesar de existir algunas diferencias obvias entre el reino animal y el vegetal, algunas de las similitudes hace que sea más atractivo estudiarlas en conjunto. Una de las diferencias más sobresalientes entre plantas y animales es la capacidad de estos últimos de trasladarse de un lugar a otro. La inamovilidad de las plantas tiene implicancias en cada uno de los aspectos ecológicos de la vida de la población. Detrás de la falta aparente de movilidad de los vegetales, considerados desde una perspectiva en el tiempo se presentan, sin embargo, en extremo móviles.

La inamovilidad de los vegetales se contrarresta con su amplio potencial reproductivo, su producción de diseminulas y su capacidad migratoria que los faculta para alcanzar nuevos hábitats y territorios. La mayor parte de las diseminulas se pierde, pues no encuentran las condiciones ambientales compatibles con sus rangos de tolerancia.

Frecuentemente, la densidad poblacional contigua a los progénitores es mayor, por lo cual, la interferencia intraespecífica es también mayor, debido a la competencia por las limitadas disponibilidades de recursos y hábitat. Los animales, en cambio, pueden moverse, buscar el hábitat adecuado y permanecer, finalmente, donde las condiciones ambientales les sean más favorables. Por eso las técnicas de muestreo que se emplean para medir poblaciones animales y vegetales son diferentes.

El tamaño y crecimiento indeterminado de las plantas y de algunos animales es el origen de su plasticidad, donde la falta de movimiento les hace comportarse de manera diferente que la mayoría de los animales. Los animales están capacitados para ocupar los territorios, nichos y hábitats que se encuentran desocupados al trasladarse en búsqueda de ambientes más favorables. Las plantas, al no poder trasladarse han enfatizado otra estrategia para ocupar los territorios desocupados, cual es aumentar su tamaño individual hasta copar las disponibilidades territoriales. A corto plazo, no afecta su biomasa en pie; pero con el tiempo afecta la dinámica de la población, ya que se modifica su natalidad y mortalidad.

La unidad individual o individuo es fácilmente reconocible en la mayoría de las especies animales, especialmente las de mayor tamaño, lo cual tiene su origen en la ausencia de reproducción vegetativa. Esta es, precisamente, una de las razones por las cuales los estudios de ecología de poblaciones están más desarrollados en animales. En plantas, en cambio, la dualidad de reproducción sexual y asexual, unido al tamaño y forma indeterminada de los organismos, hace muy difícil la distinción entre lo que corresponde al individuo y a la población. Esta falta de definición clara que delimite el concepto de individuo y de población, crea uno de los obstáculos mayores en los estudios de poblaciones.

Tanto las plantas como los animales deben vivir en equilibrio con el medio, el cual es por naturaleza, de magnitud limitada. Como el medio varía de año en año y a través de las estaciones, los organismos han desarrollado mecanismos que les permite crecer hasta que ocupan completamente el territorio disponible para cada nicho. Estos mecanismos están centrados en su capacidad de crecer hasta que los factores ambientales les limiten. La natalidad, mortalidad y migración son los únicos mecanismos que regulan a las poblaciones animales y vegetales, por lo cual, desde un punto de vista dinámico, deben ser considerados en conjunto.

Una población es un grupo de organismos de la misma especie, limitados en espacio y tiempo. Es la unidad básica de la biocenosis y, a través de ésta, del ecosistema como un todo. Las poblaciones resultan de la integración de un número variable de individuos que viven juntos en un cierto ambiente y territorio; pero cuya resultante no es la adición del comportamiento individual de cada uno de ellos actuando independientemente, sino que una organización social, estructural y funcional diferente en muchos aspectos de los individuos que la forman.

Las poblaciones están sujetas a cambios direccionales en el tiempo, el cual siendo altamente variable de año en año, como así mismo a través del año, deben adaptarse en forma recurrente a esas variaciones. De un año a otro pueden ocurrir en las poblaciones algunos cambios no recurrentes, modificándose hasta constituir una nueva organización poblacional con características estructurales, funcionales y de comportamiento diferentes a las de la población original.

Algunos de los atributos de las poblaciones difieren de aquellos de los individuos. Los individuos nacen y mueren, en tanto que las poblaciones tienen tasa de natalidad y mortalidad. La población también tiene una estructura por edades y sexos; en cambio, el individuo

sólo tiene un sexo y edad determinada, pero carece de atributos estructurales propios de la población. Otros de los atributos de las poblaciones son su densidad, tasa de crecimiento, dispersión, distribución espacial y potencial biótico, todos los cuales no están presentes en el individuo. Bajo ciertas circunstancias, los mecanismos reguladores pueden ajustar las poblaciones a las condiciones del medio, hasta que finalmente se logre un equilibrio o se haga desaparecer a la población.

Una población no puede existir sin un ambiente donde desarrollarse el cual está constituido por el ecotopo más la biocenosis; siendo las poblaciones, resultantes de su acción, coacción y reacción. Bajo condiciones naturales, una población puede ser modificada si el biotopo o su complemento biocénosico se modifican. Una población puede también sufrir modificaciones internas que conduzcan a su mejor ajuste al medio, o bien, que le haga finalmente desaparecer. Bajo condiciones antrópicas, tanto el medio como la población pueden ser modificados para aumentar o disminuir su desarrollo y mejorar su comportamiento.

El tamaño de una población puede ser muy variable, fluctuando entre rangos muy amplios, que van desde un tubo de ensayo donde se incluyen algunos microorganismos, hasta campos de cultivos que cubren extensas áreas donde el número de organismos puede ser mayor. En teorías, las diversas poblaciones están perfectamente delimitadas, pero en la práctica, es difícil hacerlo con precisión. Un campo de cultivos de papa o cebada pueden constituir una población, al igual que los arbustos de una cierta especie en un matorral o las langostas en una pradera. Cada una de estas poblaciones, está regulada independientemente de las demás; pero la magnitud de sus atributos varía al modificar el medio que las rodea, ya que cada población es a su vez parte del ambiente de las demás.

Los principales atributos poblacionales pueden agruparse en las siguientes categorías:

| Estáticos | Tiempo | Espaciales | Dinámicos | Dinámico-Espaciales |
|-----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|---------------------|
| Estructura por edades | Estabilidad | Territorialidad | Natalidad | Emigración |
| Estructura por sexos | Homostasis | Densidad | Mortalidad | Inmigración |
| Longevidad | Sucesiones | Sociabilidad | Crecimiento poblacional | |
| | Periodicidad | | Regulación | |
| | Evolución | | | |
| | Mutación | | | |

Densidad es una medida que expresa el número de individuos por unidad de superficie o de volumen. La densidad poblacional en un instante dado es una consecuencia de las tasas de natalidad, mortalidad y migración de organismos al sistema. En la práctica, es posible modificar la totalidad de los atributos de la población alterando esos mecanismos de ajuste poblacional y permitiendo mantener distintas densidades.

Cuando los organismos de una o varias especies están ubicados a una distancia tal que interfieren entre sí, el ambiente del individuo se modifica mutuamente, lo cual puede significar un empeoramiento o mejoramiento de su medio. El efecto total en el medio, es la resultante de su acción positiva, negativa y neutra y se conoce como interferencia, lo cual no es sinónimo de competencia, pues esta última incluye sólo los efectos negativos. El efecto total de los organismos sobre los demás, de una misma especie, puede presentarse como ejerciendo una interferencia intraespecífica positiva, negativa o neutra.

El diseño de ecosistemas cuya fitocenosis está denominada por *Atriplex repanda* debe iniciarse con la definición de las características que debe tener la población de la especie dominante. El resto de las poblaciones deben ajustarse como subordinadas al ambiente generado por el sistema.

Interferencia intraespecífica

Uno de los factores reguladores de la productividad más importante es la densidad de plantas (Bleasdale y Nelder, 1960; Duncan, 1958; Elías y Ramírez, 1973; Farazdaghi y Harris, 1968; Holliday, 1960; Kira, Ogawa y Shinozaki, 1953; Palmblaud, 1968 y Willey y Heath, 1979). Este factor opera en forma dinámica en cuanto al espacio disponible y al tiempo transcurrido. Por esta razón es indispensable determinar la densidad óptima de plantas y el momento más adecuado para utilizarlas.

El problema de la regulación de la densidad de plantas es sólo la expresión de la regulación de la interferencia intraespecífica. Una vez determinada la densidad de plantas óptima, es necesario lograr esa densidad ya sea regulando la natalidad a través de la siembra directa o manejando la población. Es posible, también, regular natural o artificialmente la mortalidad de plantas y manejarlas de acuerdo a los objetivos y atributos que deba tener el ecosistema. Aun cuando el problema de regulación de la densidad de *Atriplex repanda* está lejos de ser resuelto, existe información que indica que se puede lograr una densidad óptima a través de la natalidad y mortalidad natural, al

aplicar ciertas normas de manejo y utilización del matorral.

En estudios realizados en Rinconada (Gastó y Caviedes, 1976 y Zúñiga, 1973) se encontró que la productividad individual de *Atriplex repanda* de 18 meses de edad, muestra una marcada tendencia a aumentar en densidades intermedias fluctuantes entre un rango de 1.307 y 697 individuos por hectárea (Cuadro 8). Densidades muy bajas son responsables de una disminución leve en la productividad individual; en cambio, con densidades más altas el peso por planta disminuye abruptamente a partir de densidades de 1.697 individuos por hectárea hasta la densidad máxima estudiada (Figura 21).

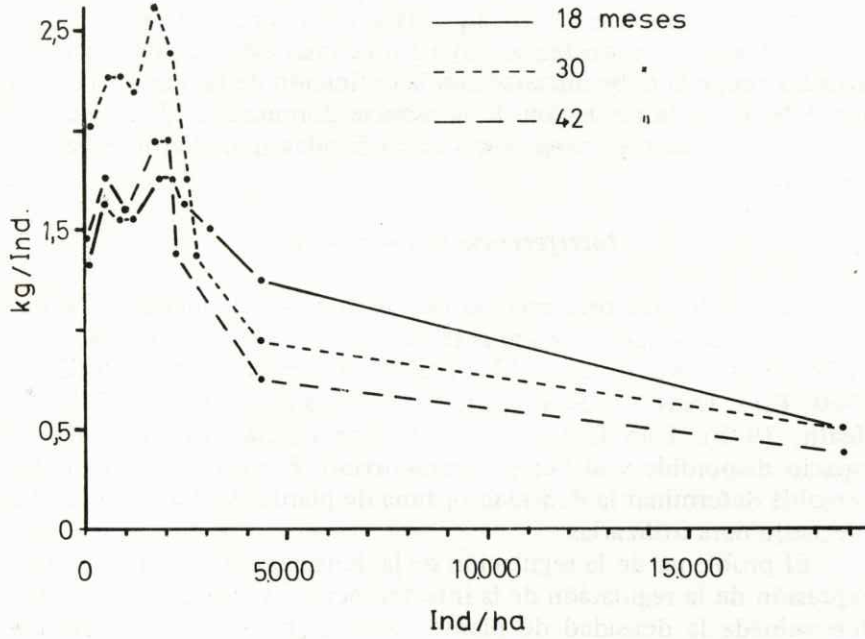


Figura 21 Productividad total individual de *Atriplex repanda* en relación a la densidad poblacional (Gastó y Caviedes, 1976).

Cuadro 8. Productividad anual de *Atriplex repanda* de 18, 30 y 42 meses de edad con densidades poblacionales variables, en Rinconada (Gastó y Caviedes, 1976).

| Densidad ind/ha | Peso verde individual | | | Peso seco individual | | | Peso seco poblacional | | | Materia seca | | | Peso fruto | | |
|--------------------|--------------------------|------|------|-------------------------|------|------|--------------------------|-------|-------|-----------------|----|----|------------|------|----|
| | 18 | 30 | 42 | 18 | 30 | 42 | 18 | 30 | 42 | 18 | 30 | 42 | 18 | 30 | 42 |
| 18.518 | 0,73 | 0,40 | 0,56 | 0,42 | 0,43 | 0,28 | 7,730 | 7,777 | 5,241 | 57 | 58 | 50 | 2,62 | 0,69 | |
| 4.237 | 2,21 | 1,58 | 1,66 | 1,22 | 0,90 | 0,83 | 5,156 | 3,812 | 3,534 | 57 | 58 | 50 | 2,86 | 0,63 | |
| 2.427 | 3,04 | 2,62 | 2,61 | 1,54 | 1,37 | 1,30 | 3,745 | 3,324 | 3,172 | 51 | 53 | 57 | 2,02 | 1,00 | |
| 1.697 | 3,45 | 3,83 | 2,72 | 1,65 | 1,79 | 1,36 | 2,797 | 3,019 | 2,315 | 48 | 47 | 48 | 3,31 | 1,28 | |
| 1.307 | 3,94 | 5,20 | 3,66 | 1,82 | 2,37 | 1,83 | 2,376 | 3,084 | 2,392 | 46 | 46 | 49 | 3,40 | 1,65 | |
| 1.061 | 3,79 | 5,97 | 3,69 | 1,78 | 2,65 | 1,84 | 1,889 | 2,891 | 1,957 | 47 | 43 | 46 | 3,21 | 1,66 | |
| 893 | 3,35 | 5,19 | 3,30 | 1,59 | 2,26 | 1,65 | 1,419 | 2,008 | 1,474 | 47 | 43 | 47 | 3,30 | 3,35 | |
| 772 | 3,66 | 5,29 | 3,35 | 1,68 | 2,33 | 1,67 | 1,296 | 1,796 | 1,293 | 46 | 44 | 47 | 3,32 | 3,36 | |
| 697 | 3,37 | 5,33 | 3,39 | 1,76 | 2,33 | 1,69 | 1,198 | 1,576 | 1,184 | 52 | 44 | 45 | 3,36 | 3,38 | |
| Sin competencia | 2,66 | 4,89 | 2,80 | 1,29 | 2,04 | 1,40 | - | - | - | 48 | 40 | 46 | 3,66 | 3,50 | |

Las mediciones a la edad de 30 meses, indican la misma tendencia general. Existe, sin embargo, una tendencia muy marcada en los ejemplares de mayor edad y densidad, los cuales incrementan su desarrollo individual hasta los 30 meses. Las poblaciones que se desarrollan en densidades iguales o inferiores a 1.307 individuos por hectáreas aumentan de tamaño, pero los establecidos a densidades mayores disminuyen, aunque aquellos con la densidad no variaron de peso considerablemente.

Los rendimientos individuales en plantas de 42 meses muestran una tendencia general similar a los anteriores que aumentan en el rango de 1.307 y 697 individuos por hectáreas. En densidades altas el peso individual se reduce abruptamente. Con densidades bajas la reducción de rendimientos es menos notoria.

Es importante hacer notar que se observa una disminución de rendimiento con el tiempo en todas las densidades. Sin embargo, es notorio que a densidades mayores esta tendencia se ve aumentada, mientras que con densidades bajas existe una clara tendencia a la estabilización.

Los componentes de la productividad individual presentan curvas también características. La Figura 22 indica que en densidades bajas la cantidad de nueces producidas es mayor que en densidades altas, alcanzando la máxima productividad con 1.697 ejemplares por hectárea. Es notable la disminución del peso unitario de los frutos al reducirse la densidad (figuras 23 y 24). Con densidades muy bajas de plantas existe también una disminución leve de la cantidad de tallos por planta, reduciéndose gradualmente al bajar de 4.237 ejemplares por hectárea. Con densidades muy altas también ocurre una leve disminución de la densidad de tallos, reduciéndose en cantidad gradualmente al bajar de 4.237 ejemplares por hectárea.

El Cuadro 9 muestra también la disminución gradual de hojas cuando aumenta la densidad. Al igual que en los casos anteriores, existe también una notable disminución del follaje en las densidades mínimas.

La tendencia general de la productividad de los tres componentes principales se mantiene similar entre los 18 meses a los 42 de edad. Hay, sin embargo, algunas diferencias notables, entre las cuales cabe mencionarse la cantidad de tallos por planta, que es mayor que los otros dos componentes de la productividad. En las densidades bajas sobrepasa levemente a la cantidad de frutos y hojas; pero en las densidades altas la biomasa de tallos es proporcionalmente mayor que la de los otros tres componentes. El incremento en la productividad in-

dividual detectado en las densidades, baja a medida que aumentan de edad, se debe al incremento en la producción de tallos y hojas, manteniéndose constante la producción de frutos.

Los resultados que se presentan en la Figura 25 ofrecen un panorama más claro de las variaciones porcentuales de los tres componentes de la productividad. Con densidades bajas, a los 18 meses, el mayor porcentaje corresponde a nueces y el menor a los tallos. Con densidades altas, en cambio, el mayor porcentaje corresponde a tallos y el menor a hojas. Resultados similares ocurren a los 30 meses de edad (Cuadro 9). Existen, sin embargo, algunas diferencias. El porcentaje de tallos a los 30 meses de edad, es siempre mayor que el de los otros dos componentes, incluso a densidades muy bajas. El porcentaje de frutos tiene una tendencia muy marcada a aumentar hasta densidades intermedias y luego, descender gradualmente a medida que la densidad continúa aumentando. No ocurre un descenso abrupto del porcentaje de frutos al pasar de densidades bajas a intermedias, tal como ocurre a los 18 meses de edad. El porcentaje de hojas tiende a descender gradualmente a medida que aumenta la densidad y, luego, en densidades más altas el porcentaje se mantiene.

Los resultados a los 42 meses muestran que en densidades bajas e intermedia existen diferencias de producción entre tallos y hojas, que disminuye a medida que la densidad poblacional aumenta. La producción de tallos y frutos por individuo es fuertemente afectada cuando aumenta la densidad de planta, no sucediendo lo mismo con las hojas.

La productividad poblacional de *Atriplex repanda* de 18 meses de edad, muestra una marcada tendencia a aumentar a medida que se incrementa la densidad de las plantas. La productividad es mínima a densidades muy bajas y aumenta abruptamente con la densidad. El aumento de la biomasa producida por unidad de área es aproximadamente rectilíneo en su fase inicial o bien sigue levemente una curva típica de incrementos decrecientes.

La densidad de 1.697 ind./ha indica una mayor competencia intraespecífica, motivo por el cual el incremento comienza a disminuir levemente, aunque la productividad total sea mayor. La mayor reducción de la productividad individual ocurre entre las densidades de 4.237 individuos por hectárea y los 18.518 individuos por hectárea. La máxima productividad total se produce con las densidades más altas estudiadas.

CUADRO 9. Componentes de la productividad de *Atriplex repanda* de 18, 30 y 42 meses de edad en relación a la densidad poblacional (Gastó y Caviedes, 1976)

| Densidad poblacional | Peso seco individual | | | Peso seco poblacional | | | Proporción peso seco. | | |
|----------------------|----------------------|-------|--------|-----------------------|-------|--------|-----------------------|-------|--------|
| | tallos | hojas | nueces | tallos | hojas | nueces | tallos | hojas | nueces |
| ind/ha | kg/ind | | | kg/ha | | | % | | |
| 18 meses de edad | | | | | | | | | |
| 18518 | 0,19 | 0,11 | 0,11 | 3649 | 1977 | 2102 | 47,2 | 25,6 | 27,2 |
| 4237 | 0,47 | 0,41 | 0,58 | 1646 | 1484 | 2019 | 31,7 | 28,8 | 39,2 |
| 2427 | 0,39 | 0,44 | 0,85 | 861 | 818 | 1877 | 24,2 | 23,0 | 52,8 |
| 1697 | 0,44 | 0,57 | 1,10 | 573 | 786 | 1436 | 20,5 | 24,9 | 51,4 |
| 1307 | 0,37 | 0,52 | 1,00 | 467 | 653 | 1253 | 19,7 | 27,5 | 52,8 |
| 1061 | 0,38 | 0,52 | 0,99 | 377 | 520 | 990 | 20,0 | 27,6 | 52,5 |
| 893 | 0,34 | 0,48 | 0,83 | 290 | 414 | 713 | 20,5 | 29,2 | 50,3 |
| 772 | 0,33 | 0,50 | 0,75 | 271 | 08 | 617 | 20,9 | 31,5 | 47,6 |
| 679 | 0,38 | 0,53 | 0,91 | 249 | 349 | 598 | 20,8 | 29,2 | 50,0 |
| Sin competencia | 0,26 | 0,37 | 0,55 | 0,26 | 0,37 | 0,55 | 21,5 | 30,3 | 48,3 |
| 30 meses de edad | | | | | | | | | |
| 18518 | 0,22 | 0,12 | 0,08 | 4074 | 2222 | 1481 | 52,1 | 28,6 | 19,2 |
| 4237 | 0,41 | 0,23 | 0,26 | 1737 | 974 | 1101 | 45,5 | 25,3 | 28,6 |
| 2427 | 0,58 | 0,38 | 0,41 | 1407 | 922 | 995 | 42,1 | 27,8 | 30,0 |
| 1697 | 0,68 | 0,47 | 0,63 | 1153 | 797 | 1069 | 38,2 | 26,5 | 35,2 |
| 1307 | 0,94 | 0,54 | 0,88 | 1228 | 706 | 1150 | 39,9 | 22,9 | 37,1 |
| 1061 | 0,97 | 0,74 | 0,95 | 1029 | 785 | 1007 | 36,6 | 27,9 | 35,9 |
| 893 | 0,82 | 0,74 | 0,69 | 732 | 660 | 616 | 36,3 | 32,9 | 30,7 |
| 772 | 0,88 | 0,67 | 0,78 | 679 | 517 | 602 | 37,8 | 28,7 | 33,5 |
| 679 | 0,82 | 0,77 | 0,73 | 557 | 523 | 496 | 35,3 | 33,0 | 31,5 |
| Sin competencia | 0,75 | 0,62 | 0,67 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 36,7 | 30,3 | 32,9 |
| 42 meses de edad | | | | | | | | | |
| 18518 | 0,13 | 0,05 | 0,11 | 2352 | 945 | 1944 | 44,8 | 18,1 | 37,1 |
| 4237 | 0,32 | 0,15 | 0,36 | 1364 | 644 | 1526 | 38,6 | 18,3 | 43,2 |
| 2427 | 0,52 | 0,25 | 0,52 | 1284 | 616 | 1272 | 40,5 | 19,4 | 40,2 |
| 1697 | 0,54 | 0,30 | 0,53 | 908 | 504 | 903 | 39,2 | 21,8 | 39,0 |
| 1307 | 0,66 | 0,43 | 0,74 | 861 | 661 | 970 | 36,0 | 23,4 | 40,6 |
| 1061 | 0,62 | 0,46 | 0,76 | 660 | 440 | 807 | 25,3 | 22,6 | 42,1 |
| 893 | 0,61 | 0,35 | 0,69 | 541 | 313 | 620 | 36,1 | 21,3 | 42,0 |
| 772 | 0,66 | 0,38 | 0,69 | 510 | 291 | 492 | 39,4 | 22,5 | 38,1 |
| 679 | 0,66 | 0,39 | 0,65 | 462 | 268 | 456 | 38,9 | 22,7 | 38,4 |
| Sin competencia | 0,51 | 0,34 | 0,55 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 36,5 | 24,3 | 39,1 |

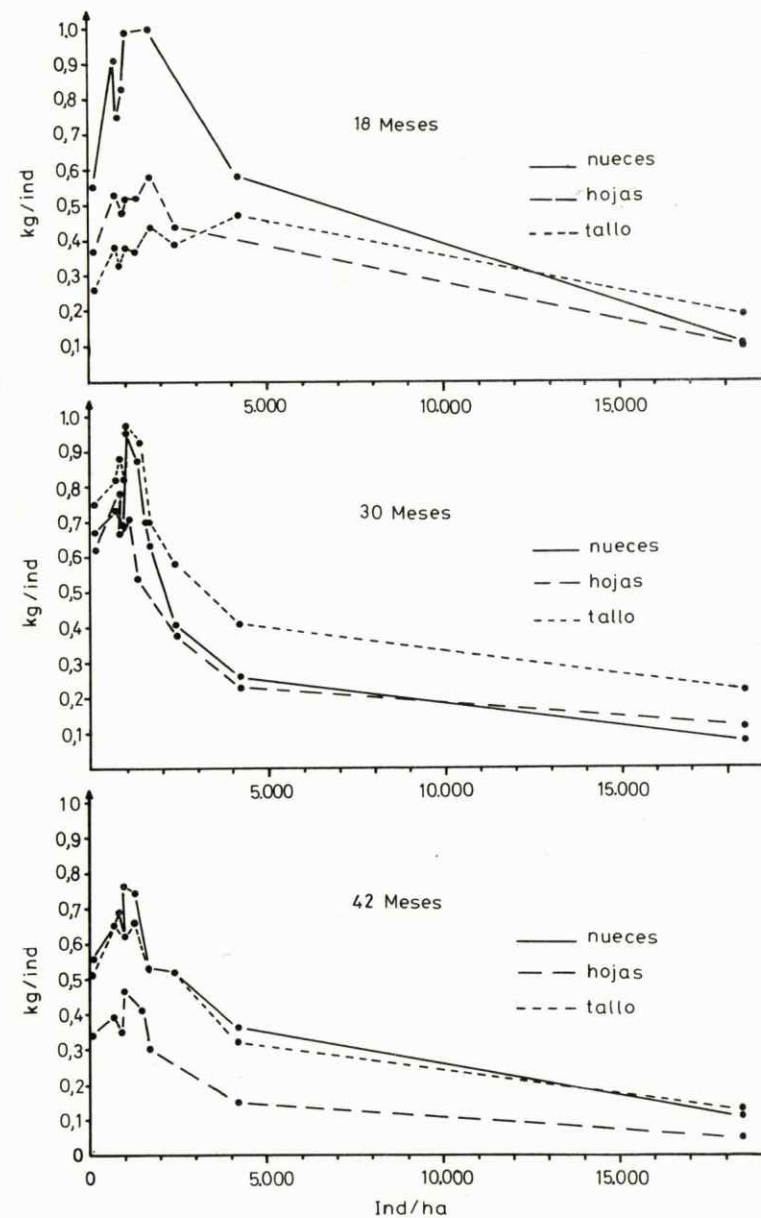


Figura 22 Componentes de la productividad de *Atriplex repanda* a los 18, 30 y 42 meses de edad en relación a la densidad poblacional (Gastó y Caviedes, 1976).

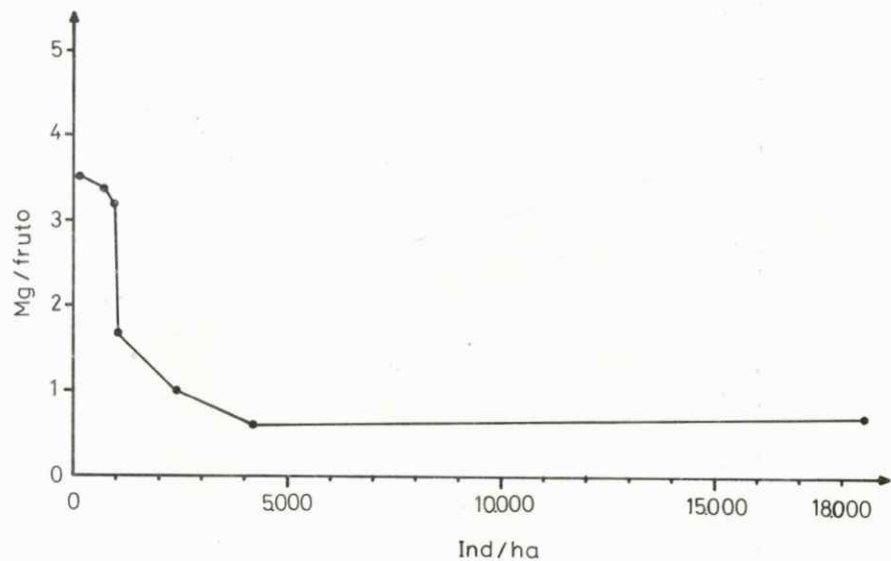


Figura 23. Peso de los frutos de *Atriplex repanda* de plantas de 42 meses de edad (Gastó y Caviedes, 1976).

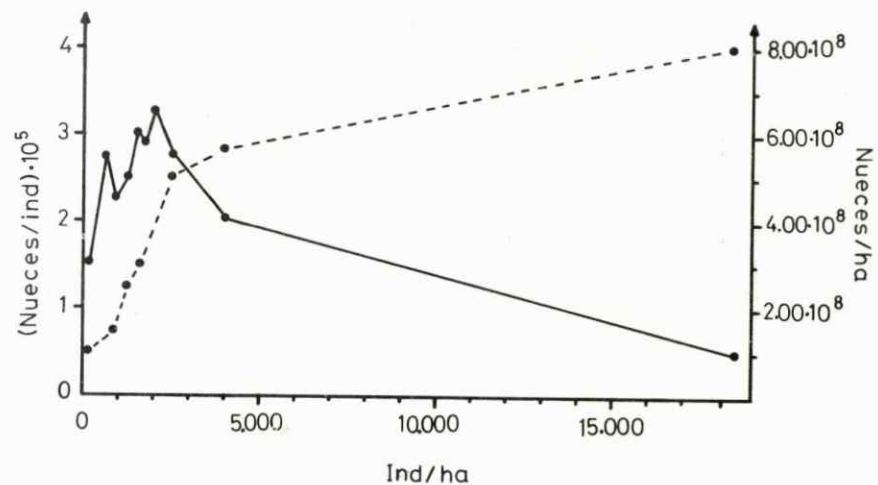


Figura 24. Productividad individual y poblacional de número de frutos bien formados de *Atriplex repanda* a los 18 meses de edad (Gastó y Caviedes, 1976).

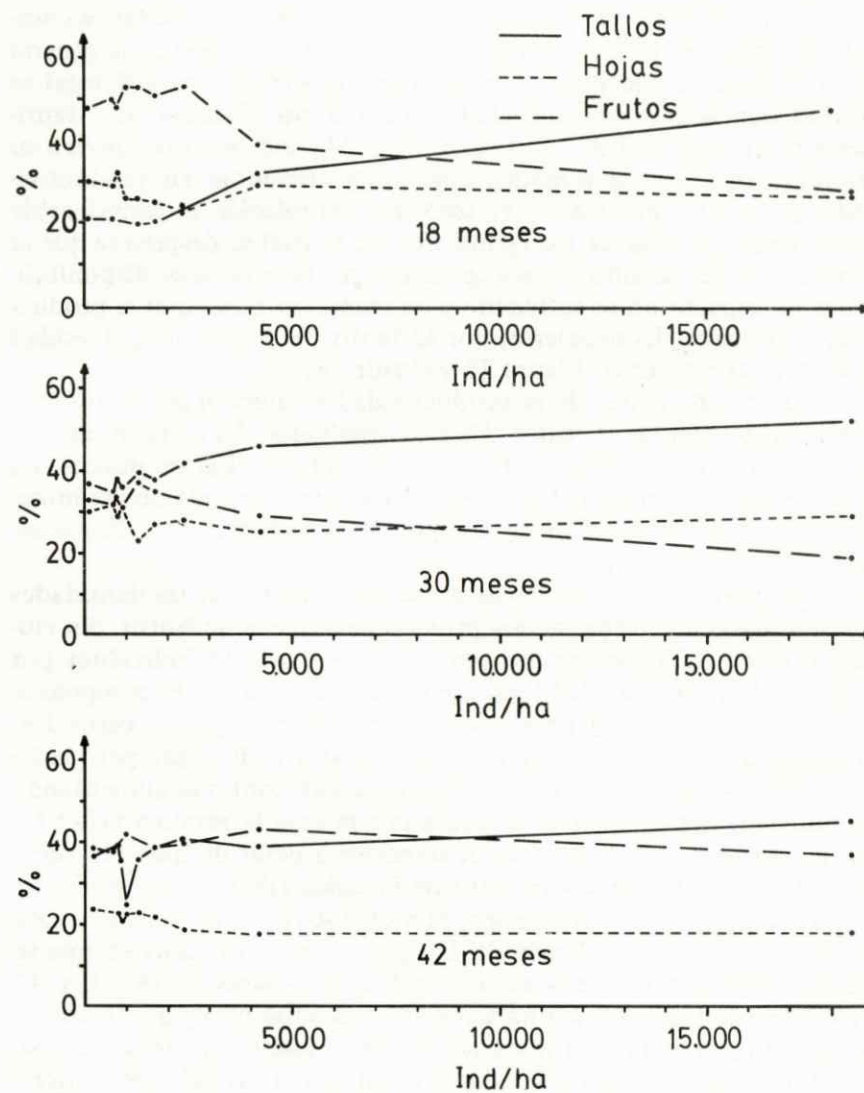


Figura 25. Componentes de la productividad individual de *Atriplex repanda* expresado en porcentaje del peso total a los 18, 30 y 42 meses de edad (Gastó y Caviedes, 1976).

Las mediciones de la productividad de los mismos ejemplares, al alcanzar la edad de 30 y 42 meses, muestran algunos resultados coincidentes con los de los organismos más jóvenes; la tendencia general de la curva permanece constante. La máxima productividad total se alcanza con la máxima densidad estudiada, no obstante ello, densidades inferiores de 4.237 ind./ha y de 2.247 ind./ha, disminuyen su productividad. Las densidades más bajas aumentan su productividad; pero este incremento es sólo leve en relación al considerable aumento de tamaño de los ejemplares, de lo cual se desprende que el incremento de tamaño en comparación de las mayores disponibilidades de espacio no es suficiente para mantener constante la productividad del área. Es necesario, por lo tanto, incrementar la densidad hasta niveles más altos (Figura 26 y Cuadro 8).

Los componentes de la productividad se afectan al modificar la densidad de plantas (Cuadro 9). Los resultados del estudio indican que con densidades bajas existe una alta proporción de nueces. La productividad poblacional de nueces aumenta a medida que se incrementa la densidad de plantas, aunque en densidades muy altas se estabiliza.

La productividad de hojas aumenta también en las densidades bajas, aunque en forma menos pronunciada que la de frutos. Sin embargo, entre 4.237 individuos por hectárea y 18.518 individuos por hectárea, la productividad total continúa aumentando. El componente tallo reacciona, en general, de manera diferente que los otros dos. La primera parte de la curva es muy similar a la de hojas; pero la última parte se diferencia de la anterior en que continúa aumentando pronunciadamente. Esta es la causa por la cual la productividad total de biomasa continúa incrementándose a pesar de que ello significa de por sí, un empeoramiento de la calidad de la cosecha (Figura 27). El contenido de materia seca al momento de la cosecha depende de diversos factores, además de la época misma del año en que se efectúe. Las curvas obtenidas al cosechar ejemplares de 18, 30 y 42 meses de edad son de forma semejante, aunque no aparecen superpuestas. El porcentaje de materia seca de la planta aumenta la densidad. Ello puede relacionarse, al menos en forma parcial, con el incremento en la proporción de tallos y con el incremento de la fitomasa evaporante (Figura 28).

Los ejemplares de *Atriplex repanda* de mayor tamaño presentan productividades poblacionales más bajas que los menores (Figura 29). La máxima productividad corresponde a los ejemplares más pequeños, ya que coincide con una mayor densidad de plantas por unidad de superficie.

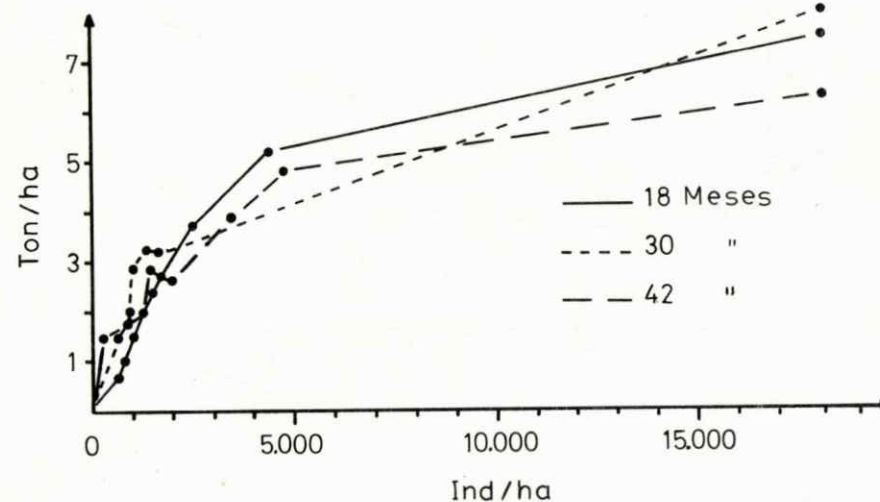


Figura 26. Productividad poblacional de *Atriplex repanda* de 18, 30 y 42 meses de edad (Gastó y Caviedes, 1976).

Los resultados de este estudio (Gastó y Caviedes, 1976), indican que el tamaño individual se reduce a medida que aumenta la densidad de población. En este caso, una reducción del tamaño viene simultáneamente acompañada de un incremento de la productividad poblacional. En el caso contrario, cuando la reducción del tamaño corresponde a una reducción muy alta de la densidad, se produce una baja en la productividad poblacional de fitomasa. Los valores calculados para los ejemplares de 18 meses de edad, se ajustan también a la misma tendencia que los de 30 y 42 meses (Figura 30).

Las funciones generales que se pueden establecer luego de analizar los resultados de este trabajo y la información que presenta la literatura aparece presentado en la Figura 31. En ella se evidencia dos tipos de mortalidad: fisiológica y ecológica. La mortalidad fisiológica ocurre bajo situaciones extremas donde el ambiente individual ya no es adecuado para el funcionamiento normal del organismo, lo cual sólo se presenta bajo condiciones extremas, cuando el medio es demasiado adverso para los requerimientos del organismo, sobrepasando

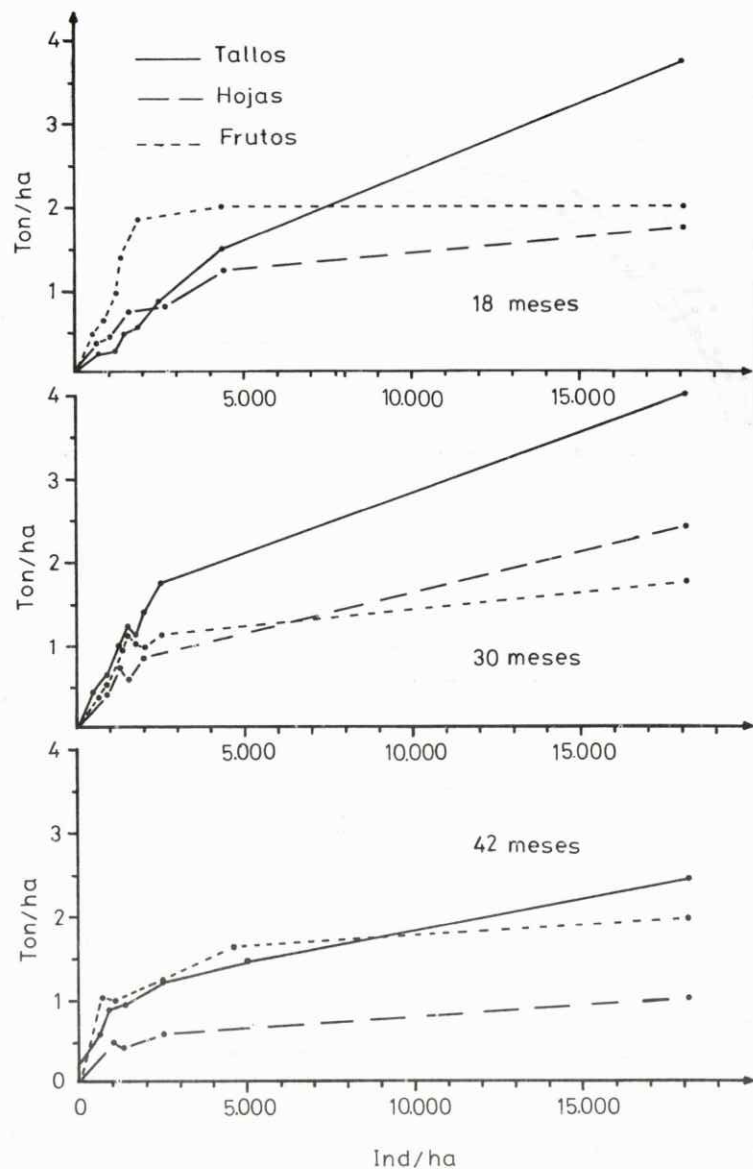


Figura 27. Componentes de la productividad poblacional de *Atriplex repanda* de 18, 30 y 42 meses de edad (Gastó y Caviedes, 1976).

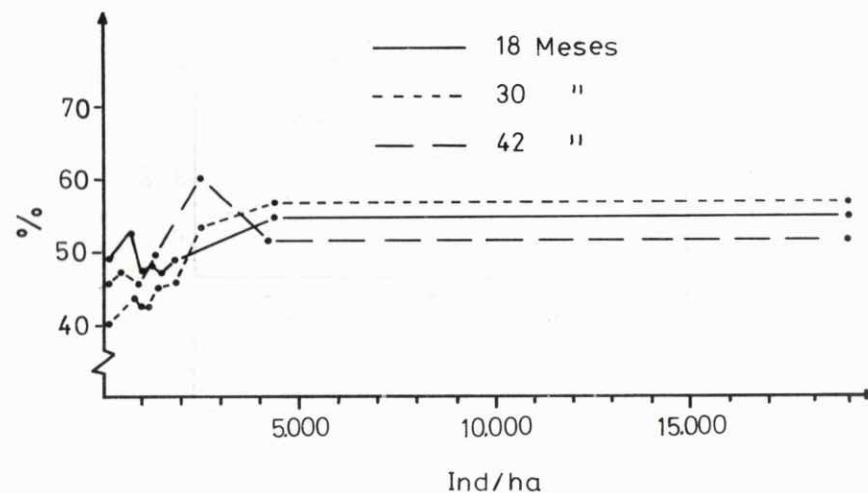


Figura 28. Contenido de materia seca al momento de la cosecha en ejemplares de 18, 30 y 42 meses de edad (Gastó y Caviedes, 1976).

sus límites de tolerancia. La mortalidad ecológica ocurre, en cambio, cuando el medio no le proporciona a los organismos los requerimientos para su mantenimiento y desarrollo, lo cual corresponde a ambientes donde la tasa de cambio de la población tiene valores negativos. Esto significa que el ambiente corresponde a los límites de tolerancia fisiológica del organismo, pero su tasa de natalidad, mortalidad y migración es desfavorable, por lo cual la resultante, o tasa de cambio de la población es negativa, haciendo que finalmente la población desaparezca de su territorio.

La capacidad ambiental o capacidad sustentadora de un ecosistema puede ser cambiada por medio de modificaciones antrópicas, pero estas modificaciones mejoran el medio para algunas poblaciones y lo deterioran para otras. El manejo implica hacer transformaciones que permitan alterar las tasas de mortalidad y natalidad de cada una de las poblaciones, en algunos casos mejorando sus posibilidades de sobrevivencia y en otros, deteriorándolas, según se trate de organismos útiles o nocivos.

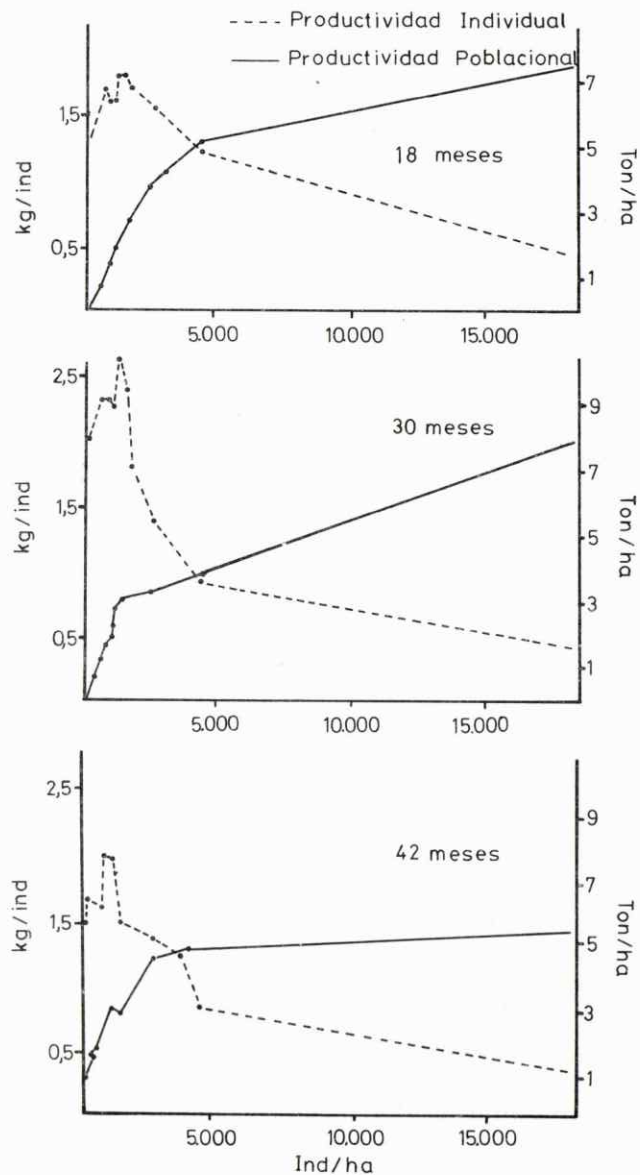


Figura 29. Relación entre la densidad y la productividad individual y poblacional de *Atriplex repanda* de 18, 30 y 42 meses de edad (Gastó y Caviedes, 1976).

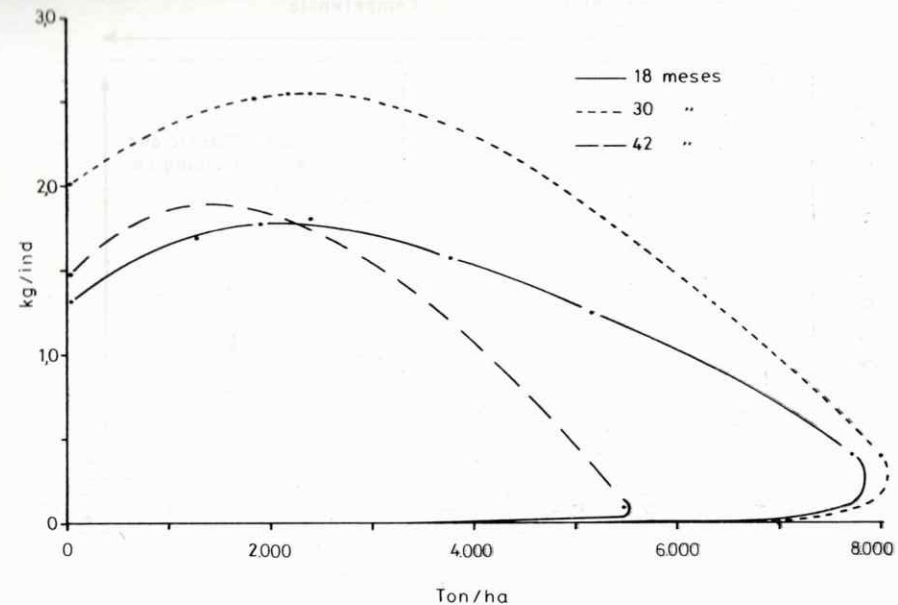


Figura 30. Relación entre la productividad individual y poblacional de *Atriplex repanda* de 18, 30 y 42 meses de edad. (Gastó y Caviedes, 1976).

En la Figura 31 se presenta el efecto de la densidad en la plasticidad del organismo, haciéndose distinción entre tres tipos de plasticidad: una originada en el deterioro del ambiente, otra la plasticidad ecológica cuando la tasa de cambio de la población se hace igual a cero y en tercer lugar se tiene la plasticidad fisiológica que representa el rango de plasticidad del organismo desde su ambiente óptimo, cuando alcanza el mínimo tamaño, al ser la densidad excesivamente elevada y las disponibilidades de recursos per cápita insuficientes, todo lo cual afecta su comportamiento fisiológico normal y concluye en ocasionarle la muerte.

Se indica, además, que dentro de la gama tan amplia de alternativas de mantener la densidad entre rangos muy variados se puede definir a algunas de ellas. La densidad donde se obtiene el máximo desarrollo es ineficiente desde el punto de vista de la productividad poblacional; pero permite maximizar el desarrollo individual y en muchos

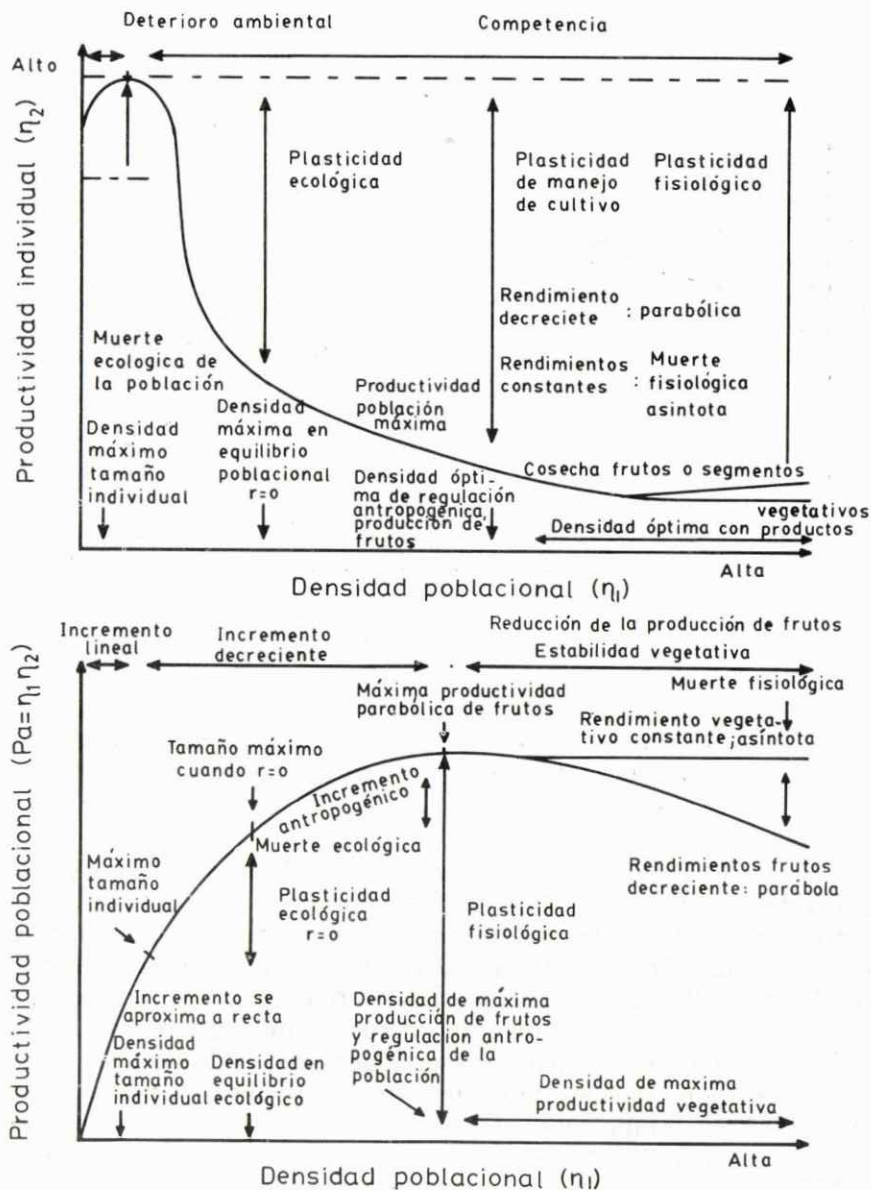


Figura 31. Relación general esquematizada entre la densidad de población y la productividad por individuo (gráfico superior); y relación poblacional o por unidad de superficie en vegetales (gráfico inferior). (Gastó, 1979).

casos la calidad de la cosecha, además del tamaño y vigor de los organismos. En agricultura raramente se trabaja a este nivel, sólo cuando se pretende obtener productos de exposición o de calidad sobresaliente se sacrifica la productividad por unidad de superficie en beneficio de la productividad individual.

En poblaciones que deben tener autorregeneración, la densidad no debe sobrepasar aquella en que la tasa de cambio de la población se haga negativa. En ecosistemas de producción ésto no es corrientemente el caso y se trabaja en densidades mayores, ya que no interesa la natalidad natural. En praderas, en cambio, interesa frecuentemente su regeneración natural, por lo cual la densidad no debe pasar el límite donde se produce la muerte ecológica.

Fitocenosis

Interferencia interestrata

Actualmente es posible modelar ecosistemas de fisionomías muy diversas y dedicarlos a la producción de alimentos para el ganado o bien a la producción de frutos, tallos, hojas, raíces, corteza, savia u otros productos de consumo humano, además de los otros usos que puede dársele al sistema de acuerdo al principio de uso múltiple de la tierra.

La tendencia general silviagropecuaria se ha dirigido hacia la producción de cultivos anuales pioneros. Se ha ignorado, casi completamente, la utilización de bosques y matorrales en la producción de cosechas utilizables como alimento del hombre o del ganado. Smith (1929), a pesar de la fecha de publicación de su trabajo, realiza un interesante análisis de las posibilidades de producir alimento para el hombre con especies leñosas altas. Considera, además, las posibilidades de hacer ganadería bajo tales circunstancias. Llega a la conclusión que en ambientes inestables la producción de cosechas para el hombre debe provenir de fisionomías arbóreas o arbustivas.

Las estratas y sinusias superiores pueden ser las dominantes, pues su posición les permite interceptar la mayor proporción de la luz solar recibida, dejando el remanente para ser utilizado por los estratos inferiores. Su ventajosa capacidad competitiva les permite sintetizar alimentos en mejores condiciones que las otras estratas.

Las especies leñosas de las estratas superiores afectan el crecimiento de las herbáceas que crecen bajo ellas. La reducción en la densidad de las estratas superiores usualmente incrementa la productividad de las estratas herbáceas inferiores y ello se debe a la reducción de la competencia por luz, agua, nutrimentos y posiblemente efectos antagónicos de exudados (Jameson, 1967 y Woods, 1961). Perry *et al.* (1967) confirman lo anterior al indicar que, cuando se controla la estrata arbustiva por medio de herbicidas, se incrementa la capacidad sustentadora de la estrata herbácea inferior, debido a la reducción de las especies arbustivas menos deseables y el subsiguiente reemplazo de ellas por plantas herbáceas deseables, quedando, por lo tanto, desocupada una fracción del nicho y territorio.

Los trabajos de Reid (1964) y Schuster (1967) permiten deducir que las estratas más importantes que determinan interrelaciones y competencia son:

una estrata superior o arbórea, constituida por árboles, cuyo producto principal es la producción de madera;

una estrata media o arbustiva, constituida por arbustos más bajos y cuya respuesta es una combinación de productos para ramoneo y madera, y

una estrata inferior o herbácea, constituida por sinusias productoras de forraje.

La descripción de la fitocenosis en estratas corresponde a la primera etapa analítica de estudio, y se puede hacer de acuerdo a la clasificación de Raunkiaer (1934), siguiendo como criterio la ubicación de las yemas perennizadoras o de rebrote con respecto a la superficie del sustrato. Las estratas que pueden existir son las siguientes:

Fanerófitas. Son aquellos organismos cuyas yemas de rebrote y ápices de los tallos nacen de ramas aéreas ubicadas sobre 0,25 m del suelo.

Se subdividen en:

| | |
|-------------------------|-------------|
| <i>megafanerófitas</i> | más de 30 m |
| <i>mesofanerófitas</i> | 8 a 30 m |
| <i>microfanerófitas</i> | 2 a 8 m |
| <i>nanofanerófitas</i> | 0,25 a 2 m |

Caméfitas. Incluye a aquellas especies cuyos órganos perennizadores están ubicados sobre la superficie edáfica, pero a alturas no superiores a 0,25 m. En este grupo se incluye, entre otros, a las plantas de cojín, a los arbustos sufrutescentes y a las plantas postradas.

Hemicriptófitas. Son aquellas plantas cuyas yemas perennizadoras o de rebrote están ubicadas al nivel del suelo o muy cercano a ello; pero cuyos órganos aéreos mueren en su totalidad o en un alto grado al iniciarse la estación desfavorable del año. Se incluye en este grupo de plantas a las gramíneas perennes de pastoreo y a algunas hierbas latifoliadas.

Criptófitas. Las yemas de rebrote o perennizadoras se encuentran bajo la superficie del agua o del suelo. Se subdivide en:

geófitas: plantas terrestres con rizomas, bulbos o tubérculos, órganos que además se utilizan en el almacenamiento bajo tierra de las reservas nutritivas;

halófitas: plantas con yemas perennizadoras bajo el nivel del agua, que viven en barro o suelo sumergido, pero con órganos de crecimiento ubicados sobre el nivel del agua, e

hidrófitas: plantas con yemas perennizadoras bajo la capa hídrica, pero con un tejido foliar bajo el agua o en flotación.

Terófitas. Son plantas anuales que escapan a los períodos desfavorables en forma de semilla. Las yemas de rebrote están protegidas por la cubierta de la semilla.

Epífitas. Plantas vasculares que viven sobre otros organismos o restos vegetales, sin estar conectados directamente al sustrato edáfico por medio de raíces.

Lianas. Tienen sus yemas perennizadoras sobre o bajo la superficie del sustrato; pero su tejido de sostén no es capaz de resistir su propio peso, por lo cual utilizan como soporte a otras especies u objetos de manera de alcanzar los horizontes luminosos superiores.

Muscíneas. Vegetales inferiores que viven sobre otras plantas o materia inerte, entre los que se encuentran los musgos y los líquenes.

El término sinusia significa forma vital del vegetal. En el presen-

te trabajo se le ha dado una acepción más amplia que significa forma vital dentro de la estrata, que incluye tanto a plantas como a animales. En este sentido corresponde a una subdivisión de la estrata vegetal o animal.

En cualquier descripción fisionómica de la fito y zoocenosis es necesario definir su bisecto y perfil donde se incluye:

- cada una de las estratas de la fitocenosis y zoocenosis;
- cada una de las sinusias correspondientes a la estrata;
- cada una de las poblaciones de las especies correspondientes a la sinusia, y
- las características morfológicas de los individuos que forman la población.

Teóricamente la capacidad sustentadora total (K) de un ecosistema debe ser constante, independiente de la proporción y ubicación de las estratas que interfieren entre sí. Es posible suponer que a medida que aumenta la dominancia o tamaño de la cubierta de la estrata superior, debe disminuir proporcionalmente el de la inferior. Si se establece un modelo general con dos estratas, una superior o dominante y una inferior o dominada y se altera la dominancia de la superior, la inferior tiende a ajustarse hasta alcanzar el complemento de la capacidad sustentadora. (Figura 32).

Un ajuste más real de las relaciones interestrata, sin embargo, podría ser del tipo esquematizado en la Figura 33. La capacidad sustentadora total del nicho correspondiente al ecosistema no logra coparse ni se ajusta a una recta. En densidades muy bajas de la estrata arbustiva una porción considerable del nicho queda desocupada, pues las características anátomo-morfológicas de las especies herbáceas no les permite ocuparlo íntegramente. Su sistema radical superficial y de naturaleza más bien fibrosa, unido a su estación de crecimiento restringida al período más favorable del año, deja desocupado algunos horizontes aéreos y subterráneos, además de permanecer inactivos durante una parte de éste, lo cual trae como consecuencia productividades inferiores al potencial. De manera opuesta, las densidades excesivamente elevadas de la estrata arbustiva superior, producen un efecto negativo al bajar la productividad total neta, pues el exceso de fitomasa en pie provoca un incremento en la tasa de respiración, por lo cual una mayor porción de la fotosíntesis debe ser destinado para tal propósito.

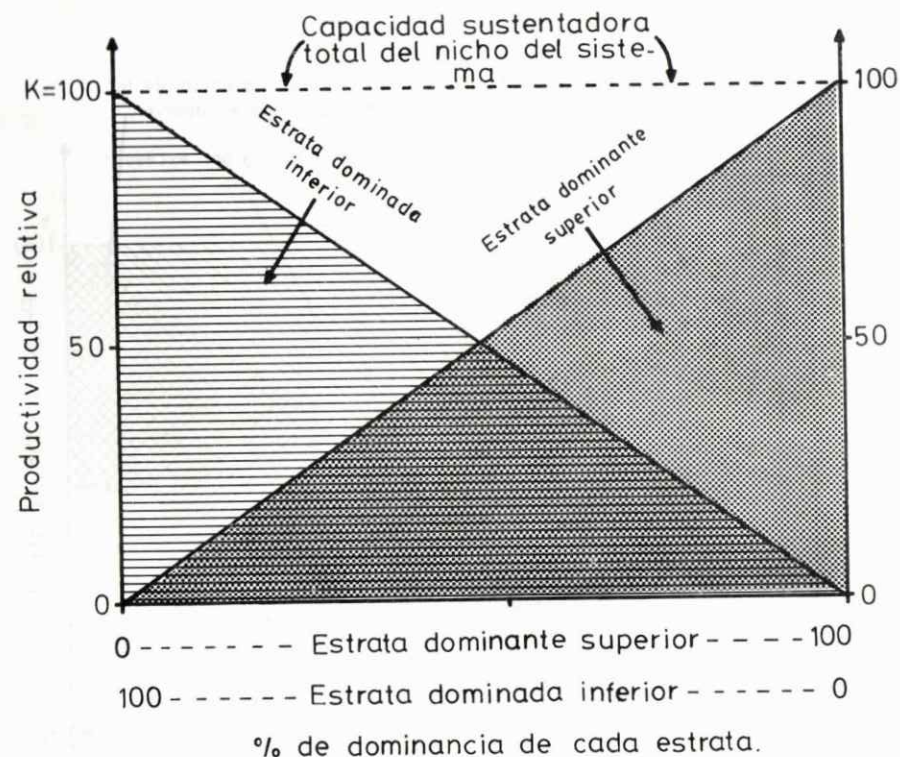


Figura 32. Relación hipotética general entre dos estratas, una superior dominante y una inferior dominada, donde se presenta su particionalidad en la ocupación de la capacidad sustentadora total del nicho. La dominancia se puede expresar en cubierta o biomasa en pie y su efecto en términos de la productividad relativa de la estrata

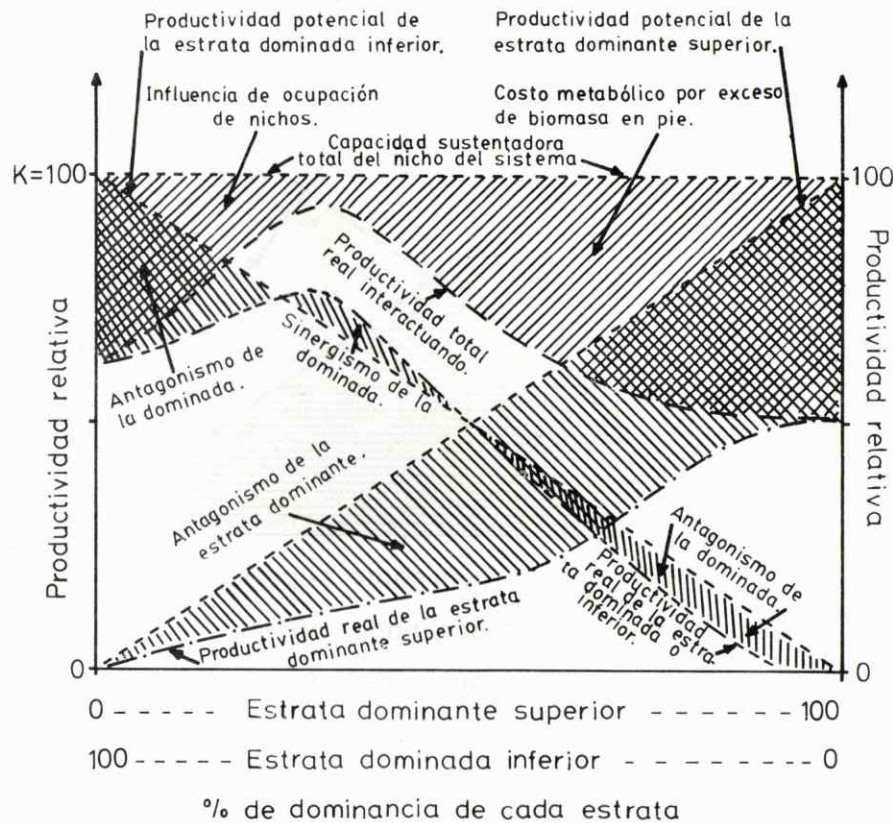


Figura 33. Relaciones hipotéticas generales entre las estratas dominantes y dominadas en un ecosistema

La función que define la productividad de cada estrata expresa relaciones de sinergismo y antagonismo, debido a las diversas relaciones de interferencia entre las sinusias y estratas involucradas. El óptimo puede corresponder a un intermedio, donde se produzca la mejor combinación de consorcio entre las estratas.

Las especies leñosas de las estratas superiores afectan el crecimiento de las herbáceas que crecen bajo ellas. La reducción en la densidad de las leñosas incrementa la productividad de las herbáceas y ello se debe a la reducción de la competencia por agua, luz, nutrimentos y posiblemente efectos antagónicos de exudados, (Jameson, 1967 y Woods, 1961). Perry *et al.* (1967) corroboran estas afirmaciones cuando indican que al controlar el matorral por medio de herbicidas se incrementa la capacidad sustentadora de la estrata herbácea inferior, debido a la reducción de las especies leñosas menos persistentes y el subsiguiente reemplazo de ellas por plantas herbáceas deseables quedando, por lo tanto, desocupada una fracción del nicho.

El borde entre dos o más fisionomías de vegetación que puede ser, por ejemplo, herbácea y leñosa tiene características diferentes a las de cada una de las fitocenosis considerada en forma aislada y constituye lo que se denomina efecto de borde (Nytzenko, 1948 y Odum, 1959). En el desarrollo de ecosistemas pluriestratificados se puede obtener provecho de esta reacción y productividad, pues es posible incrementar la zona donde ocurre el contacto entre dos o más fisionomías o especies diferentes, y, por lo tanto, el efecto de borde y la productividad podrían ser mayores.

La interferencia entre dos estratas, una superior o dominante y una inferior o dominada, puede ser analizada, según Jameson (1967) siguiendo el modelo de Grosenbaugh (1965). Aunque el autor sólo se refiere a un caso particular de dos estratas específicas, una arbórea y otra herbácea inferior, al hacerle los ajustes pertinentes su método sería válido para cualquier estructura fitocenósica, donde se presentan dos o más estratas superpuestas, una de las cuales es dominante y la otra dominada.

Jameson (1967) indica que diversos autores han estudiado la competencia interestrata, ajustando los resultados a funciones matemáticas de naturaleza muy variada. La estrata dominante, que generalmente es de árboles o arbustos, ya sea respecto a su densidad o dominancia, corresponde a la variable independiente (x) y la productividad de la estrata dominada, que corrientemente es la de hemicriptófitas o la de terófitas, representa a la variable dependiente (y). La relación encontrada es típicamente curvilínea; pero las funciones matemáticas mejor ajustadas corresponden a modelos muy diversos entre

los que se encuentran, según el mismo autor, los siguientes:

$$y = a + bx$$

$$y = a + b \log(x + L)$$

$$y = a + bx + cx^2$$

$$y = a + b \log(kx + L)$$

La ecuación más general es probablemente la propuesta por Grosenbaugh (1965), que en términos silviagropecuarios corresponde a lo siguiente (Figura 34):

$$y = h - a(1 - e^{-bx})^m$$

donde:

y es la productividad de la estrata herbácea o dominada;
 x es la cubierta arbórea o de la estrata dominante;
 h es la asíntota superior de la función y representa la productividad de la estrata inferior, en ausencia de la estrata superior;
 a es igual a $H - A$, donde A es la asíntota inferior.
 b es una constante que determina la pendiente de la curva, y
 m es el punto de inflexión de la función sigmoídea descrita por la ecuación (Jameson, 1967).

La mantención de árboles, arbustos y otras especies leñosas o maderables que sólo producen pequeñas porciones consumibles de forraje o alimentos, reducen la capacidad sustentadora del pastizal o del cultivo. El efecto deprimente de las estratas superiores sobre la capacidad sustentadora de las inferiores, depende de la densidad y dominancia de las superiores, del tamaño individual y de su habilidad competitiva y depresiva sobre las especies dominantes. Además, al calcularse la productividad total debe incluirse el porcentaje de tejido utilizable de la estrata dominante y adicionársele a la productividad de la estrata dominada.

En el estudio de Reynolds y Tshirley (1963) se presenta la relación entre la densidad de algarrobo (*Prosopis juliflora* var. *velutina*) y la reducción de la capacidad sustentadora de la estrata inferior (Figura 35). En el estudio en referencia, la capacidad sustentadora se reduce a medida que la densidad del arbusto aumenta. La capacidad sustentadora mínima ocurre con la máxima densidad de microfanerófitas, cuando la densidad de la hemicriptófita se hace cero.

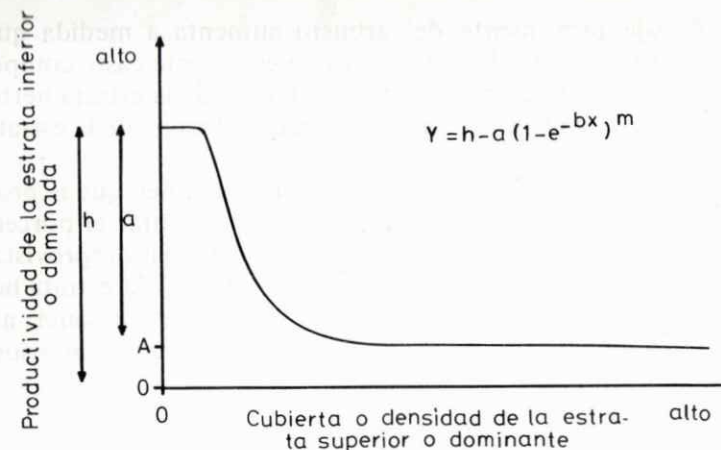


Figura 34. Función general entre la productividad de la estrata inferior o dominada (y) y la cubierta de la estrata superior o dominante, según la interpretación de Grosenbaugh (1965).

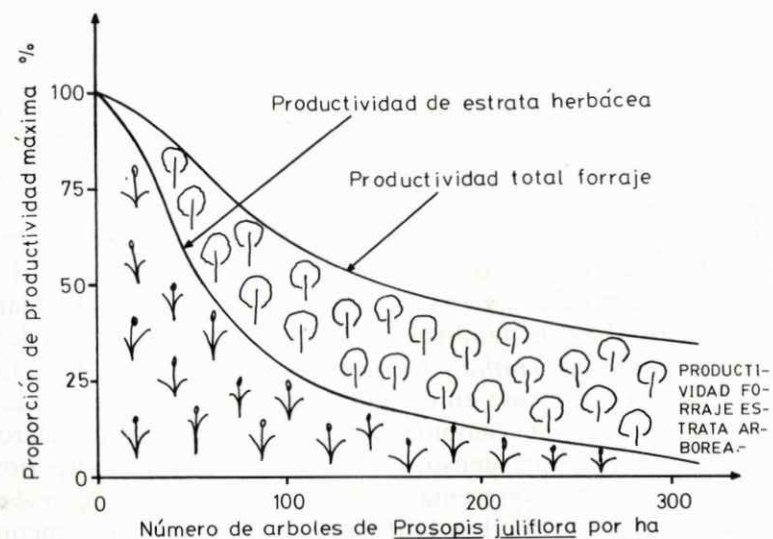


Figura 35. Relación entre la densidad de *Prosopis juliflora* y la productividad combinada de forraje de las estratas arbórea y herbácea (Reynolds y Tshirley, 1963).

El forraje proveniente del arbusto aumenta a medida que su densidad se incrementa. Este aumento no es, en este caso, compensatorio, pues la disminución de la productividad de la estrata herbácea es superior al aumento de la productividad de forraje de la estrata arbustiva.

En otro estudio (Pose, 1958), se calculó también que la producción de forraje del sotobosque disminuye al aumentar el porcentaje de cubierta de la estrata de especies leñosas. En áreas desprovistas de una conífera (*Pinus ponderosa*) la productividad de la estrata herbácea se hizo igual a 2,4 ton/ha. En stands donde su dominancia alcanzaba a 70% de cubierta, la productividad de la estrata inferior fue de sólo 0,045 ton/ha.

La función se representa por la ecuación:

$$\log y = 3,33545 - 0,022466 x$$

donde:

y es la productividad de materia seca de la estrata herbácea inferior, y

x es el porcentaje de cubierta de la conífera (Figura 36)

Aunque todas las sinusias dominadas por el árbol disminuyen al aumentar la cubierta de la capa superior, las gramíneas son más afectadas que las hierbas y los arbustos. Para cada especie y estrata debe calcularse la ecuación correspondiente.

Las diversas especies y sinusias reaccionan de manera diferente ante la dominancia de otras formaciones y formas vitales (Pose, 1958). *Carex pensilvánica* y *Oryzopsis asperifolia* que son abundantes en los espacios abiertos, también se encuentran bajo cubiertas densas de *Pinus ponderosa*. *Danthonia spicata* es abundante en densidades intermedias, pero es escasa en densidades muy altas o muy bajas del árbol. *Poa pratensis*, en cambio, es más abundante en los claros y desaparece en el bosque denso, o donde la cubierta es superior al 40%. Igual reacción presentan *Elymus innovatus* y *Sporobolus heterolepis*. Entre las hierbas latifoliadas, el autor citado encontró que *Trifolium repens*, *Fragaria vesca* var. americana y *Achillae lanulosa* son más frecuentes en los claros y raramente se encuentran bajo el bosque denso. *Lathyrus ochroleurus* es más persistente bajo cubiertas más densas de las estratas superiores.

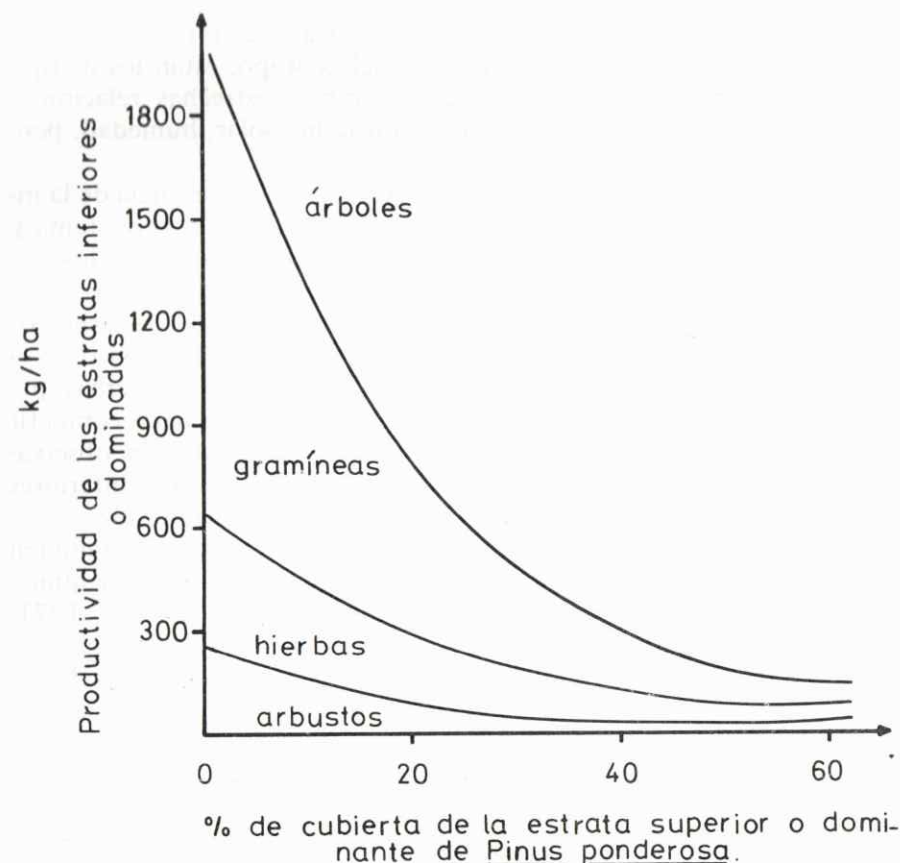


Figura 36. Producción de gramíneas, hierbas y arbusto bajo la cubierta de *Pinus ponderosa* (Pino ponderosa) según Pose (1958), modificado.

La competencia interestrata que implica el éxito de las especies constituyentes de una estrata dominante en desmedro de otra de especies dominadas, manteniendo siempre constante la capacidad sustentadora del ecosistema, está determinada por una serie de factores principalmente abióticos que se encuentran en cantidades limitativas al desarrollo más exitoso de algunas estratas en interferencia.

Entre los factores característicos del ecotopo, están los de tipo químico y físico y se observa entre ambos estrechas relaciones. Los factores físicos más importante son la luz solar, humedad, pendiente y altitud.

En numerosos estudios se ha observado la importancia de la intensidad de luz que llega a las diferentes estratas del ecosistema y que determina la cantidad de energía que pueden absorber los elementos activos de la comunidad. Así, Schuster (1967) observó en bosques de pino que hubo un mayor crecimiento de los arbustos de la estrata de nanofanerófitas al permitirse un mayor paso de la luz solar. Lo mismo ocurrió con el crecimiento de las hierbas que fue mayor en los claros, ya que esta estrata inferior debe competir con todas las superiores. Basile y Jensen (1971) también observaron una disminución de la vegetación de las estratas inferiores cuando las superiores le aventajaban en la competencia por luz.

De manera similar, las estratas superiores pueden también presentar ventajas sobre las inferiores, en lo que respecta a humedad, debido a su mayor desarrollo radical (Basile y Jensen, 1971; Reifsneider y Lull, 1965; Riveros y Gastó, 1977).

La pendiente y altitud también son factores que generalmente se encuentran asociados al éxito o fracaso de determinadas estratas. Así Schuster (1967) encontró que la disminución de plantas herbáceas estuvo relacionada al aumento de pendientes y cercanía a la cumbre.

Lo mismo observaron Ellison y Houston (1958) en bosques naturales de álamos en que en posiciones más cercanas a la cumbre se beneficiaba la estrata superior dado que puede aprovechar mejor las condiciones del medio que las especies de las estratas inferiores.

La concentración de nutrimentos se encuentra en estrecha relación con los factores físicos de altitud y pendiente. Al respecto, cabe mencionar las observaciones realizadas por Schuster (1967) en bosques de pinos, en donde encontró que las estratas herbáceas tenían menor éxito en pendientes mayores y horizontes superficiales más profundos, posiblemente porque esta situación implica una mayor traslocación de nutrimentos desde los horizontes superficiales, en donde se encuentra el mayor desarrollo radical de

la estrata herbácea.

La competencia por nutrimentos dada por el desarrollo radical se ha establecido que comienza previamente a la competencia de la copa. Basile (1971) logró determinar que las especies de la estrata inferior comenzaban a sólo 60 cm de estatura y cubrían un 7 % de la superficie.

En la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, se hizo un estudio para determinar el efecto de una estrata arbustiva formada por *Atriplex repanda* sobre la estrata herbácea dominada por *Vulpia dertonensis* y *Erodium cicutarium* (Gastó y Contreras, 1978).

Las plantas se establecieron en líneas distanciadas para lograr una gradiente de densidad correspondiente a valores fluctuantes entre cero y 3.500 ejemplares por hectárea. Para cada ejemplar se calculó la superficie ocupada por la planta y se establecieron equidistantes entre la línea y sobre ésta. Dado que se trataba de un estudio establecido en densidades variables, las distancias sobre y entre las líneas se fueron incrementando gradualmente hasta llegar a un sector en que la densidad de arbustos se hizo igual a cero (Figura 37).

El sector fue utilizado con pastoreo rotativo estacional y las mediciones se realizaron previo a la utilización por el ganado ovino. Las mediciones de la estrata herbácea se hicieron con cuadrantes de 0,5 x 1,0 m en las fechas indicadas para cada temporada. Los arbustos fueron cosechados en su parte aérea correspondiente al crecimiento del año, quedando en cada caso la base del tronco sin cosechar. Luego del muestreo, la pradera fue utilizada anualmente.

Las mediciones realizadas en febrero de 1974, es decir con plantas de aproximadamente dos años de edad, reflejan valores más bien erráticos de su peso individual (Cuadro 10). Los valores indican, sin embargo, una leve tendencia a presentar ejemplares pequeños en las densidades muy bajas, debido posiblemente a una serie de efectos negativos que se magnifican al existir un número reducido de plantas ocupando una gran superficie. Los efectos microclimáticos positivos originan una transformación del hábitat inmediato de la planta que favorece su crecimiento. Las plagas susceptibles de dañar a la quenopodiácea pueden también concentrarse sobre un número más reducido de plantas.

El crecimiento individual del arbusto, en densidades relativamente bajas, de aproximadamente 200 a 800 ejemplares por hectárea, es mayor y tiende a disminuir a medida que la densidad aumenta, a pesar que la cubierta de la copa no logra sobrepasar el 15 % (Figura 38).

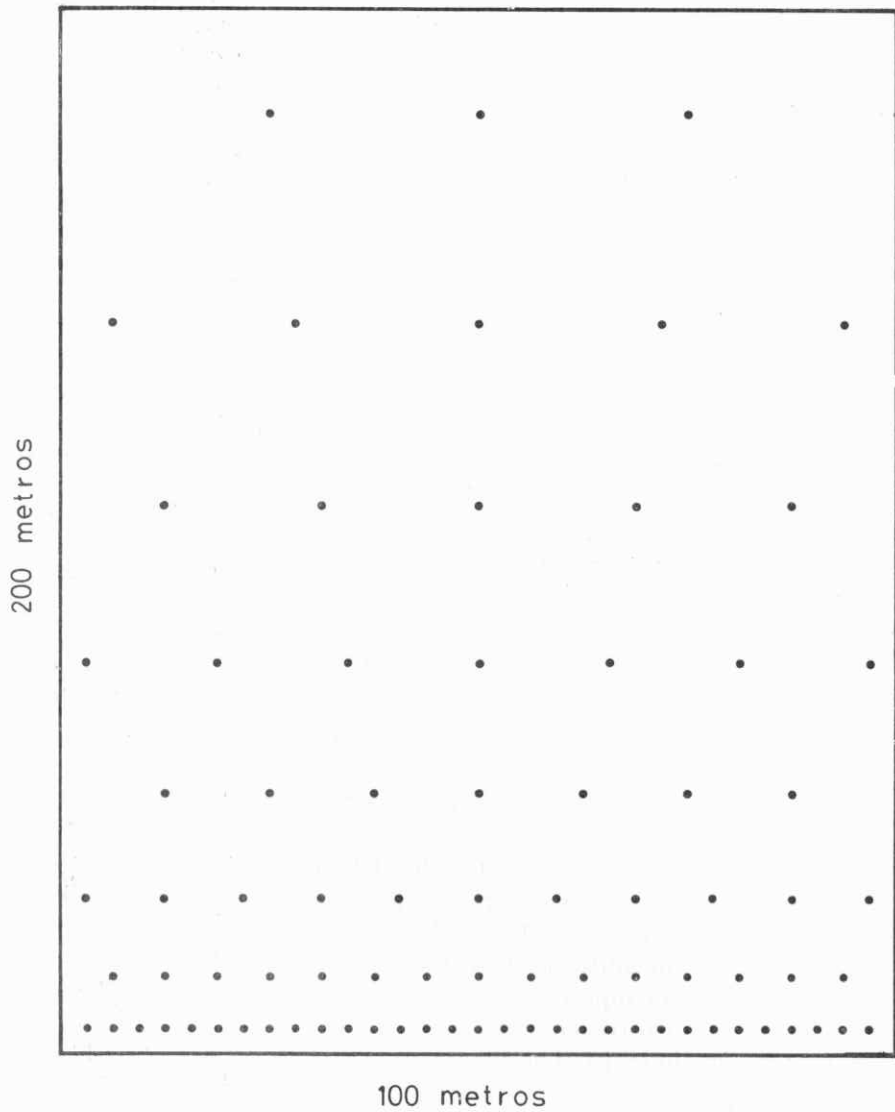


Figura 37. Plano de la ubicación de las plantas establecidas en una repetición del estudio. Cada punto representa una planta.

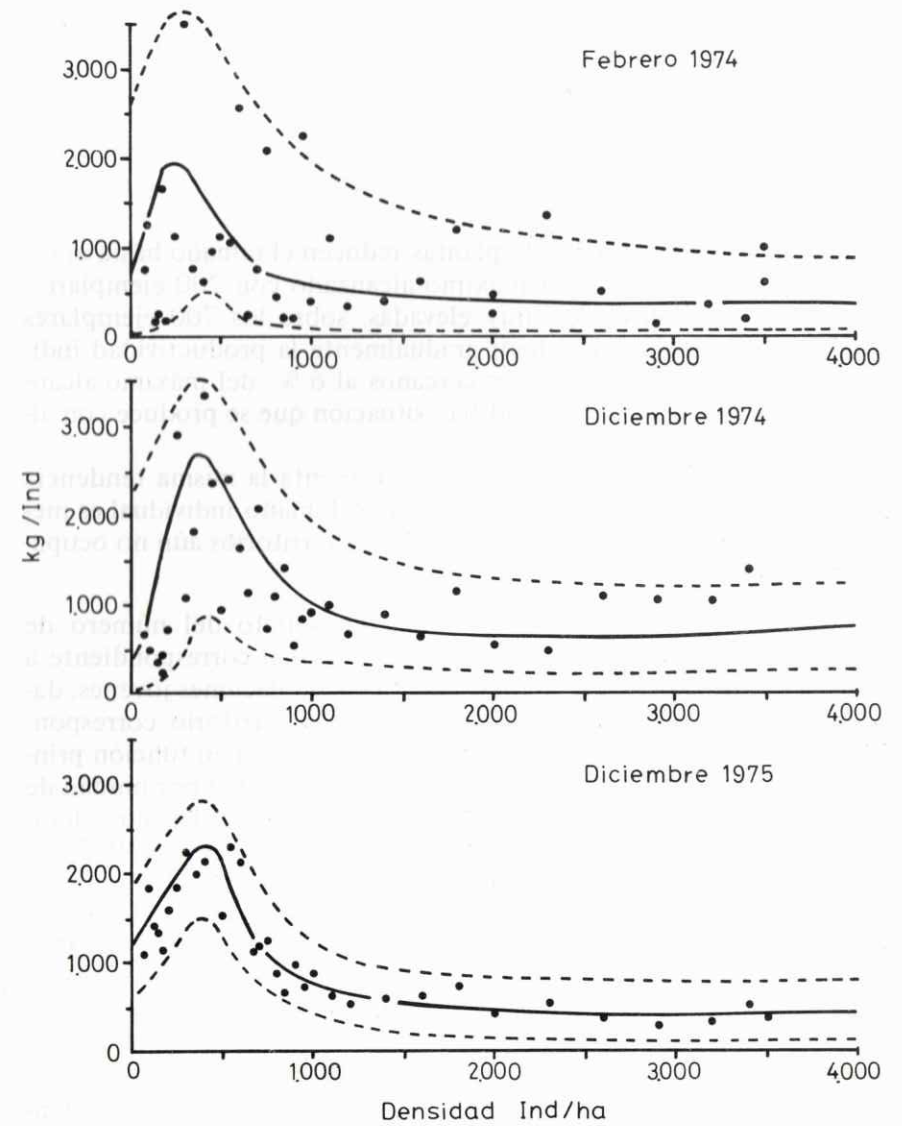


Figura 38. Productividad individual de la estrata de *Atriplex repanda* de acuerdo a la densidad poblacional y edad de la plantación (Gastó y Contreras, 1978).

Dado el tamaño reducido de las plantas, la competencia entre los ejemplares es escasa, siendo el factor limitante las características del hábitat más bien que la competencia intraindividual. No ocurre lo mismo a medida que el arbusto va alcanzando mayor tamaño, y tres años después, en diciembre de 1976 el efecto de la densidad sobre el tamaño individual es ya muy marcado. Los ejemplares de mayor tamaño son aquellos que se desarrollan en densidades fluctuantes entre 175 ind/ha y 650 ind/ha.

Densidades muy bajas de plantas reducen el tamaño hasta aproximadamente un 25 % del máximo alcanzado con 200 ejemplares. Por otra parte, densidades muy elevadas, sobre los 700 ejemplares por hectárea, tienden a reducir gradualmente la productividad individual del arbusto, hasta valores cercanos al 6 % del máximo alcanzado con densidades de 200 ind/ha., situación que se produce con alrededor de 3.400 plantas por ha.

Durante el año anterior, 1975, se presenta la misma tendencia general, diferenciándose en que el máximo tamaño individual es menor, lo cual refleja la existencia de nichos y territorios aún no ocupados por el arbusto.

La productividad poblacional es el producto del número de ejemplares multiplicado por el tamaño individual correspondiente a la densidad (Cuadro 10 y Figura 39). En las poblaciones jóvenes, dado que aún no han ocupado íntegramente el territorio correspondiente a su nicho, su productividad poblacional está en función principalmente de la densidad de plantas. La productividad por unidad de superficie tiende, en esta forma a ser mayor en densidades muy elevadas, situación que se mantiene constante hasta fines del año 1975.

Las mediciones efectuadas en la temporada siguiente, reflejan una situación que tiende a cambiar. Las mayores productividades por unidad de superficie se registran entre densidades de 400 y 1.000 ejemplares para luego disminuir gradualmente. En todos los casos, densidades muy bajas producen productividades poblacionales reducidas ya que la proporción de territorios desocupados es también elevada.

La proporción de tejido foliar disminuye al elevarse la densidad poblacional, alcanzando un máximo de 69 % en densidades bajas y de sólo 59 % en las densidades mayores estudiadas, al término del año 1975.

La estrata inferior, dominada primordialmente por especies terófitas residentes, se encuentra subordinada a la arbustiva. La productividad, en matorrales jóvenes tiende a aumentar gradualmente

a medida que la densidad del arbusto se eleva. La productividad de la pradera anual, en ausencia de la estrata de leñosas, es menor que cuando existe una cierta población de éstos. Es posible, que la cubierta arbustiva modifique los ciclos biogeoquímicos del hábitat de manera de estimular un mayor crecimiento de las especies herbáceas (Cuadro 11 y Figura 40).

Un aumento mayor de la cubierta arbustiva, desde 650 ind/ha hasta 3.400 provoca gradualmente reducciones cada vez mayores de la productividad de la estrata subordinada.

Durante el último año la tendencia a reducir la productividad de la estrata herbácea es muy marcada y se expresa desde las densidades más bajas. Es posible que el diseño experimental no permita detectar el efecto sinérgico de densidades menores que el tratamiento de 75 ejemplares por hectárea, lo cual indicaría en ese caso que la tendencia se mantiene.

La composición botánica de las estratas residentes refleja un predominio de las gramíneas sobre otros grupos de componentes (Cuadro 12). Dos especies, *Trisetobromus hirtus* y *Vulpia dertonensis* ocupan la mayor fracción de la composición.

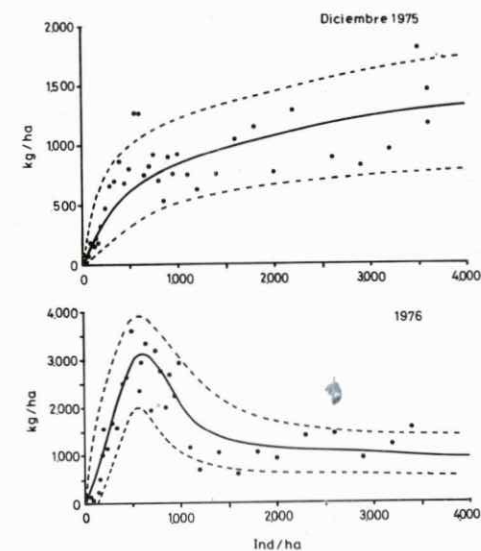


Figura 39. Productividad poblacional de la estrata de *Atriplex repanda* de acuerdo a la densidad poblacional y edad de la plantación (Gastó y Contreras, 1978).

Cuadro 10. Productividad de *Atriplex repanda* de acuerdo a la densidad poblacional y fecha de medición.

| Densidad de plantas | Productividad individual | | | | Productividad poblacional | | | |
|---------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Febrero 1974 | Diciembre 1974 | Diciembre 1975 | Diciembre 1976 | Febrero 1974 | Diciembre 1974 | Diciembre 1975 | Diciembre 1976 |
| ind./ha | kg/ind. | | | | kg/ha | | | |
| 0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 75 | 0,755 | 0,690 | 1,045 | 1,815 | 57 | 52 | 78 | 136 |
| 100 | 1,230 | 0,480 | 1,865 | 0,541 | 123 | 48 | 186 | 54 |
| 125 | 0,180 | 0,400 | 1,425 | 1,892 | 22 | 50 | 178 | 236 |
| 150 | 0,230 | 0,300 | 1,360 | 3,553 | 34 | 45 | 204 | 532 |
| 175 | 1,660 | 0,490 | 1,080 | 5,730 | 240 | 88 | 189 | 1.003 |
| 200 | 0,165 | 0,780 | 1,625 | 7,735 | 33 | 156 | 325 | 1.547 |
| 250 | 1,085 | 2,930 | 1,880 | 4,741 | 271 | 732 | 470 | 1.185 |
| 300 | 3,495 | 1,050 | 2,225 | 5,537 | 1.048 | 315 | 667 | 1.661 |
| 350 | 0,730 | 1,840 | 2,000 | 4,481 | 255 | 644 | 750 | 1.568 |
| 400 | 0,560 | 3,380 | 2,110 | 6,267 | 224 | 1.352 | 844 | 2.507 |
| 450 | 0,985 | 2,420 | 1,525 | 5,801 | 443 | 1.089 | 686 | 2.610 |
| 500 | 1,070 | 0,975 | 1,590 | 7,257 | 535 | 487 | 795 | 3.628 |
| 550 | 1,020 | 2,450 | 2,305 | 4,277 | 561 | 1.347 | 1.268 | 2.352 |
| 600 | 2,530 | 1,620 | 2,115 | 4,868 | 1.518 | 972 | 1.269 | 2.920 |
| 650 | 0,275 | 1,100 | 1,155 | 5,187 | 179 | 715 | 751 | 3.372 |
| 700 | 0,725 | 2,050 | 1,180 | 3,003 | 507 | 1.435 | 826 | 1.952 |
| 750 | 2,100 | 0,750 | 1,225 | 4,277 | 1.575 | 562 | 919 | 3.208 |
| 800 | 0,455 | 1,070 | 0,865 | 3,458 | 364 | 816 | 692 | 2.766 |
| 850 | 0,220 | 1,420 | 0,660 | 2,366 | 187 | 1.207 | 561 | 2.011 |
| 900 | 0,230 | 0,540 | 0,990 | 3,025 | 207 | 486 | 891 | 2.722 |
| 950 | 0,230 | 0,920 | 0,800 | 2,389 | 2.185 | 874 | 760 | 2.270 |
| 1.000 | 0,405 | 0,950 | 0,925 | 2,957 | 405 | 950 | 925 | 2.957 |
| 1.100 | 1,070 | 1,010 | 0,680 | 1,046 | 1.177 | 1.111 | 748 | 1.151 |
| 1.200 | 0,365 | 0,700 | 0,520 | 0,582 | 438 | 840 | 624 | 689 |
| 1.400 | 0,400 | 0,870 | 0,540 | 0,751 | 560 | 1.218 | 756 | 1.051 |
| 1.600 | 0,605 | 0,590 | 0,650 | 0,375 | 968 | 949 | 1.040 | 600 |
| 1.800 | 1,170 | 1,120 | 0,640 | 0,591 | 2.106 | 2.016 | 1.152 | 1.064 |
| 2.000 | 0,235 | 0,520 | 0,380 | 0,457 | 470 | 1.040 | 760 | 914 |
| 2.300 | 1,405 | 0,490 | 0,560 | 0,610 | 3.231 | 1.127 | 1.288 | 1.403 |
| 2.600 | 0,485 | 1,090 | 0,340 | 0,550 | 1.261 | 2.834 | 884 | 1.430 |
| 2.900 | 0,150 | 1,080 | 0,280 | 0,316 | 435 | 3.132 | 812 | 916 |
| 3.200 | 0,265 | 1,090 | 0,300 | 0,382 | 848 | 3.488 | 960 | 1.222 |
| 3.400 | 0,210 | 1,400 | 0,530 | 0,466 | 714 | 3.760 | 1.802 | 1.548 |

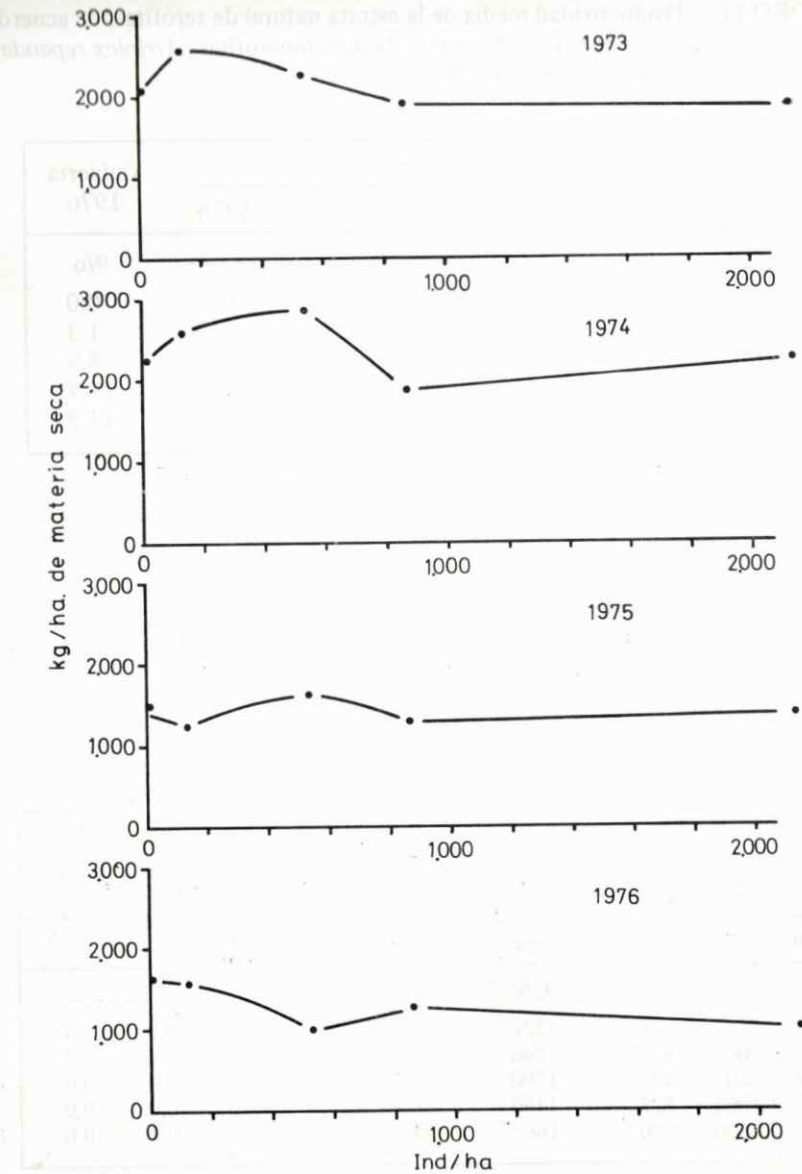


Figura 40. Productividad de la estrata natural de terófitas en función de la densidad de la estrata de nanofanerófitas (*Atriplex repanda*) (Gastó y Contreras, 1978).

CUADRO 11. Productividad media de la estrata natural de terófitas, de acuerdo a la densidad de la estrata de nanofanerófitas (*Atriplex repanda*) (Gastó y Contreras, 1978).

| Densidad estrata superior | Fecha de medición | | | | Cubierta 1976 |
|---------------------------|-----------------------------------|------|------|------|---------------|
| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | |
| ind/ha | ----- kg/ha de materia seca ----- | | | | o/o |
| 0 | 2040 | 2240 | 1530 | 1632 | 0,0 |
| 75 a 200 | 2560 | 2566 | 1223 | 1572 | 1,3 |
| 250 a 600 | 2320 | 2878 | 1630 | 1038 | 8,9 |
| 650 a 1000 | 1960 | 1882 | 1326 | 1266 | 10,4 |
| 1100 a 3500 | 1890 | 2257 | 1424 | 1044 | 14,5 |

CUADRO 12. Composición botánica de las estratas inferiores de pradera natural residente, según mediciones realizadas en diciembre de 1975 (Gastó y Contreras, 1978).

| Densidad estrata arbustiva superior | Componente botánicos | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----|
| | Producción de materia seca | <i>Trisetobromus hirtus</i> | <i>Vulpia dertonensis</i> | <i>Erodium cicutarium E. botrys</i> | <i>Scholzianiana</i> | <i>Atriplex semibacata</i> | |
| Rango media | kg/ha | ----- o/o ----- | | | | | |
| 0 | 0 | 1530 | 90,8 | 3,7 | 0,9 | 0,9 | 3,4 |
| 75 - 200 | 137 | 1240 | 96,1 | 1,3 | 1,2 | 0,7 | 0,7 |
| 250 - 600 | 437 | 1790 | 89,1 | 2,8 | 7,3 | 0,0 | 0,0 |
| 650 - 1000 | 823 | 1480 | 81,5 | 2,2 | 16,3 | 0,0 | 0,0 |
| 1100 - 3500 | 2200 | 1665 | 94,2 | 3,6 | 2,2 | 0,0 | 0,0 |

Las gramíneas de mayor tamaño tal, como ocurre con *Trisetobromus hirtus*, son indicativas de un uso moderado o liviano de la pradera y de una época de utilización correspondiente a los meses de verano o a comienzos de la estación de crecimiento en el otoño. La falta de utilización durante la primavera permite que las especies que elevan el meristema apical sobre la altura de corte por el ganado se vean más severamente afectadas.

La presencia de *Atriplex repanda* obliga a una utilización estacional de la fitocenosis, cuando la pradera se utiliza en épocas en que las especies residentes ya han completado su ciclo de crecimiento, lo que permite un mayor desarrollo de las gramíneas. La dominancia de *Vulpia dertonensis* refleja el manejo más intensivo a que fue sometida la pradera original durante las temporadas anteriores, tendencia que tiende a reducirse en la temporada siguiente (Cuadro 12).

Las papilionáceas aunque frecuentes, son de escaso dominio, predominando especies residentes tales como *Trifolium glomeratum*, *Hosackia subpinata* y *Medicago polymorpha*. Entre las geraneáceas debe destacarse *Erodium cicutarium* y *E. malacoides*.

Cuadro 13. Componentes de la productividad de la estrata de *Atriplex repanda* de acuerdo a su densidad y edad de la planta en dos fechas de mediciones (Gastó y Contreras, 1978).

| Densidad estrata superior del arbusto. | | Enero 1975 | | Diciembre 1975 | |
|--|----------------|-----------------|--------|----------------|--------|
| Rango | Densidad media | Hojas | Tallos | Hojas | Tallos |
| ind/ha | | ----- o/o ----- | | | |
| 75 a 200 | 137 | 67 | 33 | 69 | 31 |
| 250 a 600 | 437 | 66 | 34 | 69 | 31 |
| 650 a 1.000 | 823 | 65 | 35 | 58 | 42 |
| 1.100 a 3.500 | 2.200 | 61 | 39 | 59 | 41 |

Algunas invasoras destacadas son *Scholtzia californiana*, *Centaurea melitensis* y *Convolvulus arvensis*, las cuales se presentan en forma errática. *Atriplex semibaccata* es el reflejo de acciones tomadas en el pasado cuando se sembró la especie en el sector. El pastoreo rotativo estacional permitió estimular esta especie caméfito, especialmente donde la estrata arbustiva de *A. repanda* se encuentra ausente o en densidades bajas.

La variabilidad propia de la composición botánica de la estrata, unido a una falta de una tendencia muy marcada a variar, de algunas especies herbáceas en función de la densidad de la estrata arbustiva, hace que no sea posible llegar a conclusiones definidas.

La tendencia general de las relaciones interestrata podría representarse de acuerdo a lo indicado en la Figura 41, lo cual indica que la productividad máxima total de las dos estratas se logra con una densidad intermedia de la estrata superior.

Comparación de arquitecturas

En ciertos ambientes, originalmente cubiertos de matorral denso o de bosques, la destrucción de la vegetación original y su reemplazo por praderas de plantas hemicriptófitas o terófitas, viene acompañado de una reducción de la productividad del sistema. La reducción de la fitomasa en pie, además de provocar una disminución de la estabilidad del sistema, hace que los ciclos biogeoquímicos, originalmente cerrados, se transformen en abiertos (Margalef, 1974 y Odum, 1969) con lo cual el balance de nutrientes inorgánicos del sistema disminuye su eficiencia (Rodin y Basilevich, 1965). Las especies herbáceas, además son de período de crecimiento más reducido, lo cual contribuye también a una baja en la productividad del sistema.

El aumento de la fitomasa en pie tiene, sin embargo, un efecto negativo, cual es que su costo metabólico se eleva en proporción a la fitomasa. Desde este punto de vista sería preferible desarrollar fitocenosis de baja fitomasa en pie que proporcionalmente son más productivas, pues su gasto por concepto de respiración total del sistema es menor. En medios abióticos estables es factible desarrollar ecosistemas cuya fitomasa sea reducida, sin desestabilizar el sistema. En ambientes abióticos inestables, tal como ocurre en suelos con pendientes elevadas o en medios áridos en general, es necesario contar con fitomasa elevada, que aunque incrementan los requerimientos metabólicos de mantención de la fitocenosis, mejoran la estabilidad y los ciclos biogeoquímicos, dando como consecuencia un balance neto más positivo (Charley, 1972; Arts y Marks, 1971).

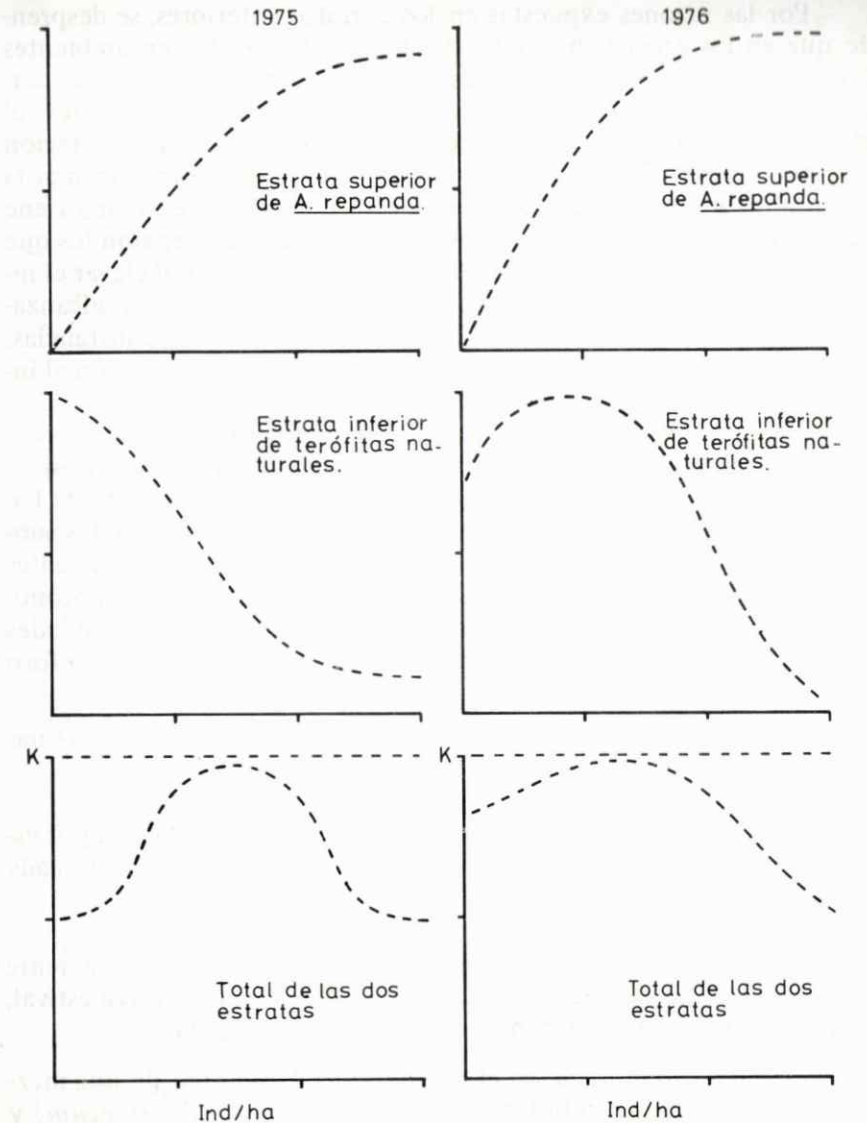


Figura 41. Esquema de la productividad de la estrata superior de *Atriplex repanda*, de la inferior de terófitas naturales de acuerdo a la densidad de la estrata superior y productividad total de las dos estratas durante las temporadas 1975 y 1976 (Gastó y Contreras, 1978).

Por las razones expuestas en los párrafos anteriores, se desprende que en los ecosistemas naturales que se desarrollan en ambientes característicos de bosques y matorrales, la fisionomía de pradera herbácea no logra aumentar su productividad sobre ciertos límites, al elevar el suministro de nutrimentos minerales y la precipitación (Slayter, 1973). El incremento de fitomasa en pie, al transformar la fisionomía herbácea en una de matorral, boscosa o de sabana viene acompañado de aumentos en la productividad que sobrepasan los que se logran al mejorar el funcionamiento del ecosistema al elevar el nivel de aporte de estímulos. El mejoramiento de la fitocenosis alcanzado con un incremento de su fitomasa es, bajo tales circunstancias, uno de los mecanismos que mayor incidencia tiene en relación al incremento de la productividad.

En un estudio realizado por Contreras y Gastó (1978), se comparó la productividad de las principales arquitecturas fitocenósicas correspondientes a praderas, cultivos y matorral. Con el objeto de hacer más general la comparación se dividieron las parcelas en dos subtratamientos uno de los cuales no recibió aplicación de fertilizantes minerales, en tanto que al otro se le aplicó anualmente, en el otoño, una dosis elevada de nitrógeno y fósforo, equivalente a 64 unidades de nitrógeno en forma de nitrato de sodio y 100 unidades de fósforo en forma de superfosfato triple.

Las arquitecturas que se compararon son las siguientes: (Cuadro 14).

Pradera natural residente, del tipo mediterráneo caracterizada por especies de los géneros *Erodium*, *Vulpia* y *Trisetobromus*, y utilizada por ovinos con pastoreo rotativo.

Pradera sucesional postcultivo, es la pradera que espontáneamente aparece luego de cultivar la tierra, en este caso con un cultivo estival, *Sorghum vulgare* var. sudanense, durante una temporada.

Pradera anual resemebrada, es el resultado de la siembra de una mezcla de variedades de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y ballica wimmera (*Lolium rigidum*) y mantenida durante un período de seis años.

Pradera herbácea perenne. Corresponde a una pradera mantenida durante siete años, luego de una siembra de *Phalaris tuberosa* (var. *stenoptera*) en el primer año, con su consecuente invasión de terófitas residentes en los años subsiguientes.

Cuadro 14. Productividad media de diversas arquitecturas de praderas y cultivos en la región mediterránea de Chile central, con una precipitación promedio de 296 mm y sometida a dos regímenes de fertilización (Contreras y Gastó, 1978).

| Arquitectura fitocenosis | Fertilización | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------|
| | N ₀ P ₀ | N ₆₄ P ₁₀₀ | |
| | ----- kg/ha ----- | | |
| Pradera anual residente | 1.268 | 1.776 | |
| Pradera anual resemebrada | 1.748 | 2.497 | |
| Pradera anual sucesional postcultivo | 1.927 | 2.450 | |
| Pradera herbácea perenne | 1.770 | 2.830 | |
| estrata hemicriptófita | | 801 | 1.169 |
| estrata terófita residente | | 969 | 1.661 |
| Pradera arbustiva biestratificada | 3.544 | 4.288 | |
| estrata arbustiva | | 2.036 | 2.267 |
| estrata terófita residente | | 1.505 | 2.018 |
| Cultivo de sorgo forrajero | 1.863 | --- | |
| Cultivo de cebada para grano | --- | 2.128 | |
| Cultivo de avena-vicia atropurpúrea | --- | 3.430 | |

Pradera arbustiva biestratificada. La estrata superior es monoespecífica, constituida por *Atriplex repanda* establecido por siembra directa, en tanto que las especies terófitas son espontáneas del lugar.

Cultivo de Sorghum vulgare. Cultivo de cereal de verano establecido en primavera luego de un barbecho otoñal e invernal y sin aplicación de fertilizantes.

Cebada. Cultivo del cereal durante cinco años consecutivos, sin aplicación de fertilizantes minerales. Los resultados se refieren a la mejor variedad ensayada.

Los valores presentados en el cuadro indican que la productividad de la pradera anual residente o la resemebrada, elevan su productividad bajo la acción del fertilizante; pero su incremento es menor que

cuando se eleva su fitomasa a través de la inclusión de una estrata arbustiva o herbácea perenne (Cuadro 15). En las praderas no fertilizadas, la productividad de la estrata de terófitas es levemente superior en la pradera arbustiva que en la monoestratificada. La fertilización nitrogenada y fosforada de la pradera, magnifica aún más esta diferencia.

La transformación de la arquitectura de terófitas en otra arbustiva biestratificada se traduce en un incremento sustancial de la productividad, que va más allá del incremento susceptible de obtenerse con la sola aplicación de fertilizantes minerales.

La roturación del suelo es uno de los mecanismos más importantes en el incremento de la productividad del secano mediterráneo. Sólo en esta forma es posible explicarse las productividades del cultivo de cebada y sorgo, como así mismo la de la pradera sucesional donde el efecto de la remoción del suelo es obvio, especialmente durante las primeras temporadas de crecimiento de la pradera residente que sigue al cultivo.

El efecto de la roturación se demuestra también en la productividad de la pradera de *Phalaris tuberosa* (Falaris) y de *Atriplex repanda*. Durante los primeros años sus productividades son muy elevadas, disminuyendo luego abruptamente hasta que finalmente tiende a estabilizarse (Figura 42).

Extractos proteicos

Las técnicas de obtención de concentrados proteicos de hojas han sido estudiados intensamente durante las últimas décadas (Morrison y Piere, 1961; Piere, 1966 y 1975 y Chayen *et al.*, 1961). La extracción de proteínas de árboles y arbustos depende de diferentes factores entre los que sobresalen la especie, variedad, edad de la planta, estado fenológico, capacidad de recuperación al corte, porcentaje de hojas, tallos y frutos y del proceso químico de extracción.

Los extractos de proteína soluble de hojas de *Atriplex nummularia* y *A. repanda* corresponden, según los estudios de Silva y Pereira (1976a y 1976b) respectivamente, a 26,6 y 19,6% del total de proteína presente en las hojas. Los análisis de aminoácidos de las fracciones proteicas obtenidas, muestran una composición aminoacídica equilibrada con excepción de metionina que se encuentra en el límite inferior. El contenido de lisina y metionina depende del estado fenológico de la planta (Ferrer *et al.*, 1975). Los concentrados proteicos

Cuadro. 15 Composición botánica de la estrata de terófitas en los diversos tipos de praderas estudiadas por Contreras y Gastó (1978)

| | Terófitas residentes | | | Terófitas resembradas | | | Terófitas sucesionales | | | Hemicriptófitas-terófitas | | | Nanofanerófitas-terófitas | | |
|---|----------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------------|------------------------|----------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|----------------------------------|
| | N ₀ | P ₀ | N ₆₄ P ₁₀₀ | N ₀ | P ₀ | N ₆₄ P ₁₀₀ | N ₀ | P ₀ | N ₆₄ P ₁₀₀ | N ₀ | P ₀ | N ₆₄ P ₁₀₀ | N ₀ | P ₀ | N ₆₄ P ₁₀₀ |
| Gramineae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Trisetobromus hirtus</i> | 50,9 | | | 5,3 | 3,6 | | 14,8 | 17,5 | | 13,0 | 19,0 | | 65,9 | 83,4 | |
| <i>Avena sativa</i> | 28,7 | | | 7,4 | 0,4 | | 0,9 | 0,4 | | 1,0 | 0,0 | | 1,7 | 0,6 | |
| <i>Hordeum murinum</i> | | | | 0,2 | | | | | | | | | 0,1 | | |
| <i>Koeleria phleoides</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lolium rigidum</i> | | | | 76,0 | 86,0 | | 30,8 | 22,0 | | 10,0 | 33,0 | | 10,2 | 8,5 | |
| <i>Vulpia dertonensis</i> | 8,7 | | | 0,4 | 0,6 | | | | | | | | | | |
| Cerataceae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Erodium cicutarium</i> | | | | 1,2 | 2,1 | | 20,7 | 6,2 | | 44,0 | 40,0 | | 1,4 | 0,2 | |
| <i>Erodium malacoides</i> | | | | 4,0 | | | 23,8 | 43,5 | | | | | | 2,2 | |
| <i>Erodium botrys</i> | 2,3 | | | | | | | | | | | | | | |
| Boraginaceae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amisankia hispida</i> | 1,4 | | | 4,3 | 3,6 | | 5,9 | 3,2 | | 10,0 | 11,0 | | 2,8 | 2,8 | |
| Compositae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Centaurea medietensis</i> | 5,6 | | | 1,2 | 1,9 | | 4,0 | 4,6 | | | | | 6,5 | 0,9 | |
| <i>Gnaphalium ramosum</i> | 2,7 | | | 0,7 | 0,8 | | 0,1 | 0,1 | | | | | 0,4 | 0,4 | |
| <i>Lepidium striptum</i> | | | | | | | 0,9 | | | | | | 11,2 | 1,2 | |
| Cruciferae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Raphanus sativus</i> y <i>Raphistrum rugosum</i> | | | | | | | 0,3 | 0,3 | | | | | | | |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | | | | | | | 0,3 | 0,5 | | | | | | | |
| Papilionaceae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Medicago polymorpha</i> | | | | | | | 0,3 | 0,2 | | | | | | | |
| <i>Trifolium glomeratum</i> | | | | 0,2 | | | | | | | | | | | 0,1 |
| Convulvaceae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | | | | | | | 2,0 | | | 5,0 | 0 | | | | |
| Otras | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Linum sp.</i> | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 |

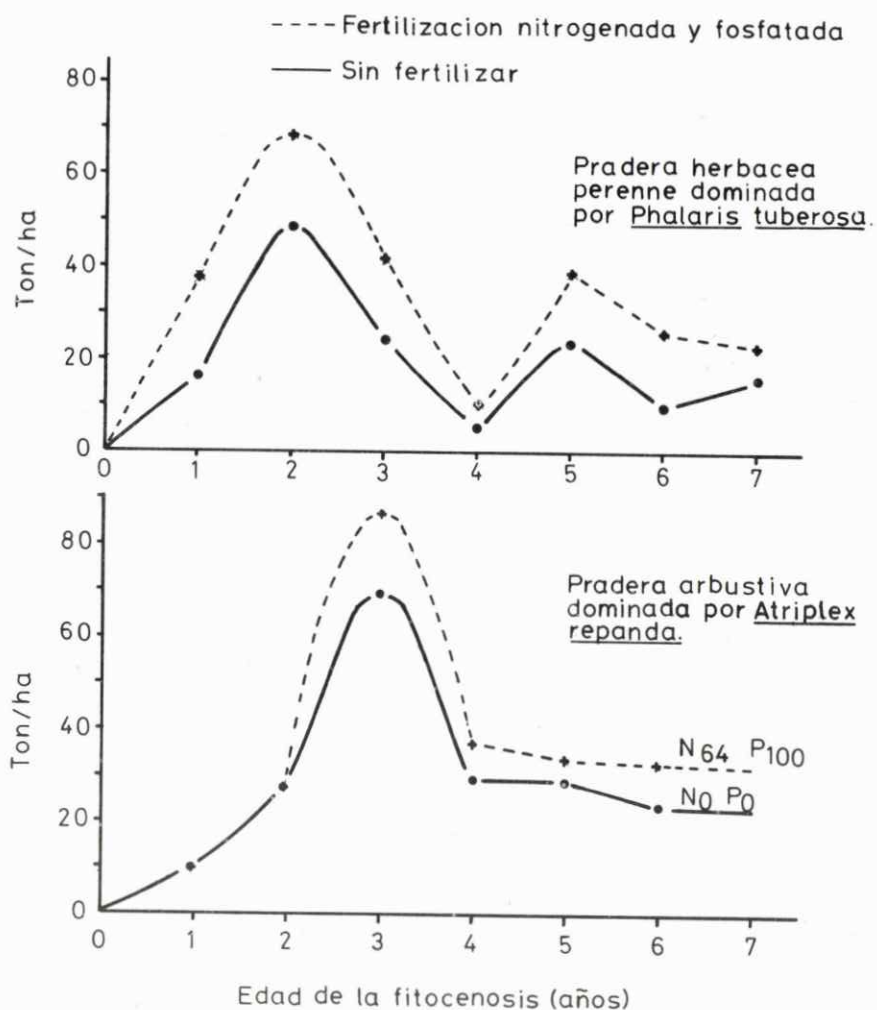


Figura 42. Tendencia de la productividad anual de la pradera herbácea perenne dominada por *Phalaris tuberosa* con una estrata inferior residente de terófitas y de una pradera biestratificada de *Atriplex repanda* y terófitas residentes en el secano mediterráneo de Chile con precipitación mediana de 296 mm. (Gastó y Contreras, 1976 y Contreras y Gastó, 1978).

se presentan como suplementos valiosos para otros alimentos pobres en aminoácidos esenciales y, por lo tanto, pueden constituirse en el futuro como aporte interesante en alimentos concentrados para monogástricos (Cuadro 16).

Cuadro 16 Composición de aminoácidos esenciales en proteínas de *Atriplex nummularia*, *Atriplex repanda* y en otros alimentos (Silva y Pereira, 1976b).

| Componente aminoacídico de proteínas | Ile | Leu | Lis | Met | Fen | Tre | Vol |
|--------------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Proteína referencia | 4,2 | 4,8 | 4,2 | 2,2 | 2,8 | 2,8 | 6,3 |
| FAO | | | | | | | |
| Hojas <i>Atriplex nummularia</i> . | 5,4 | 9,6 | 5,5 | 1,9 | 5,2 | 5,1 | 8,2 |
| Hojas <i>Atriplex repanda</i> | 4,6 | 8,2 | 5,8 | 1,2 | 5,6 | 6,0 | 6,1 |
| Hojas diferentes vegetales | 4,6-6,6 | 9,1-10,7 | 4,5-7,3 | 0,9-2,8 | 4,9-6,8 | 4,3-5,8 | 5,9-6,8 |
| Leche | 8,5 | 11,3 | 8,2 | 3,4 | 5,7 | 4,5 | 8,5 |
| Huevo completo | 8,0 | 4,2 | 7,2 | 4,1 | 6,3 | 4,3 | 7,3 |
| Carne (vacuno, pollo, pescado) | 6,3 | 7,7 | 8,1 | 3,3 | 4,9 | 4,6 | 5,8 |

CAPITULO IV. FUNCIONAMIENTO



Agua

Absorción foliar

Una de las características notables de esta especie es la de tener una elevada tasa de crecimiento durante el período seco estival, a pesar de existir en el suelo potenciales hídricos bajos.

Algunos trabajos acerca de la absorción foliar de la humedad atmosférica permitirían considerar la niebla, el rocío y el vapor de agua, como fuentes hídricas potenciales para algunas especies de climas áridos y semi-áridos (Sudzuki, 1969 abc; Botti, 1970; Kummerov, 1966).

La absorción de agua desde el suelo tiene lugar cuando se establece un gradiente de potenciales en el sistema suelo-planta-atmósfera, es decir cuando $\psi_s > \psi_h > \psi_a$ ya que el agua fluye desde un potencial mayor a uno menor. Este gradiente de potencial es el principal factor del proceso a pesar que influye además la resistencia al paso del agua a través de los tejidos de la planta.

De acuerdo a las investigaciones realizadas, físicamente es posible la absorción de agua por los componentes aéreos de la vegetación, su traslocación a través de la planta y su exudación al suelo desde las raíces, cuando se establece una inversión del gradiente de potenciales de manera que $\psi_a > \psi_h > \psi_s$.

Se considera que el transporte negativo es un fenómeno semejante a la transpiración normal, pero en sentido inverso, dependiendo además de un gradiente de potencial y de la resistencia al transporte (Slatyer, 1967).

En numerosos trabajos relacionados con la capacidad de la planta para aprovechar el agua de la atmósfera existe evidencia de absorción foliar cuando la vegetación se encuentra en un ambiente de alta humedad relativa, a pesar que la cantidad absorbida es pequeña y la traslocación es muy lenta. Sin embargo, también hay autores que no han obtenido evidencias de absorción foliar y transporte negativo (Heine, 1953; Janes, 1954; Wiersma y Veihmeyer, 1954).

Arentsen (1972) trabajando con plantas de *Atriplex repanda* determinó la capacidad de absorción foliar de humedad atmosférica y las relaciones hídricas de manera de comprobar el movimiento de agua desde el follaje hacia las raíces y posteriormente al suelo durante los meses de sequía estival.

En la primera parte usó como marcador del flujo tritium (THO) y luego determinó el THO presente en el extracto acuoso del suelo. En la segunda parte determinó los potenciales del suelo (ψ_s), de la hoja (ψ_h) y de la atmósfera (ψ_a) en condiciones de campo parcialmente controladas, en la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. En ambos estudios se trabajó con plantas adultas de 6 años de edad.

El análisis de los resultados de la Figura 43 permite determinar que sólo hubo translocación efectiva en la tercera noche. En los tratamientos diurnos, la translocación fue escasa, a pesar que se comprobó la existencia de estomas abiertos tanto de día como de noche.

Considerando la superficie foliar de la planta, el déficit hídrico del suelo y las condiciones ambientales diurnas con temperaturas máximas cercanas a los 30°C y humedad relativa mínima alrededor de 15 %, es fácil suponer que en un corto período pueda encontrarse cantidades significativas de THO en el extracto acuoso del suelo.

La humedad relativa con que se trabajó fluctuó entre 18 y 100 %. Los valores más elevados se registraron durante la noche. El potencial hídrico de la atmósfera fluctuó entre 0 y -2.515 bares. En varias oportunidades se produjo condensación sobre la hoja, lo que daba un potencial igual a 0 en la atmósfera inmediata a la superficie de ésta, condición favorable para la absorción foliar.

El potencial hídrico de la hoja presentó tendencias similares a la atmósfera, alcanzando los máximos a las 8 horas y los mínimos a las 13 horas. Se comprobó inversión de potenciales hídricos durante va-

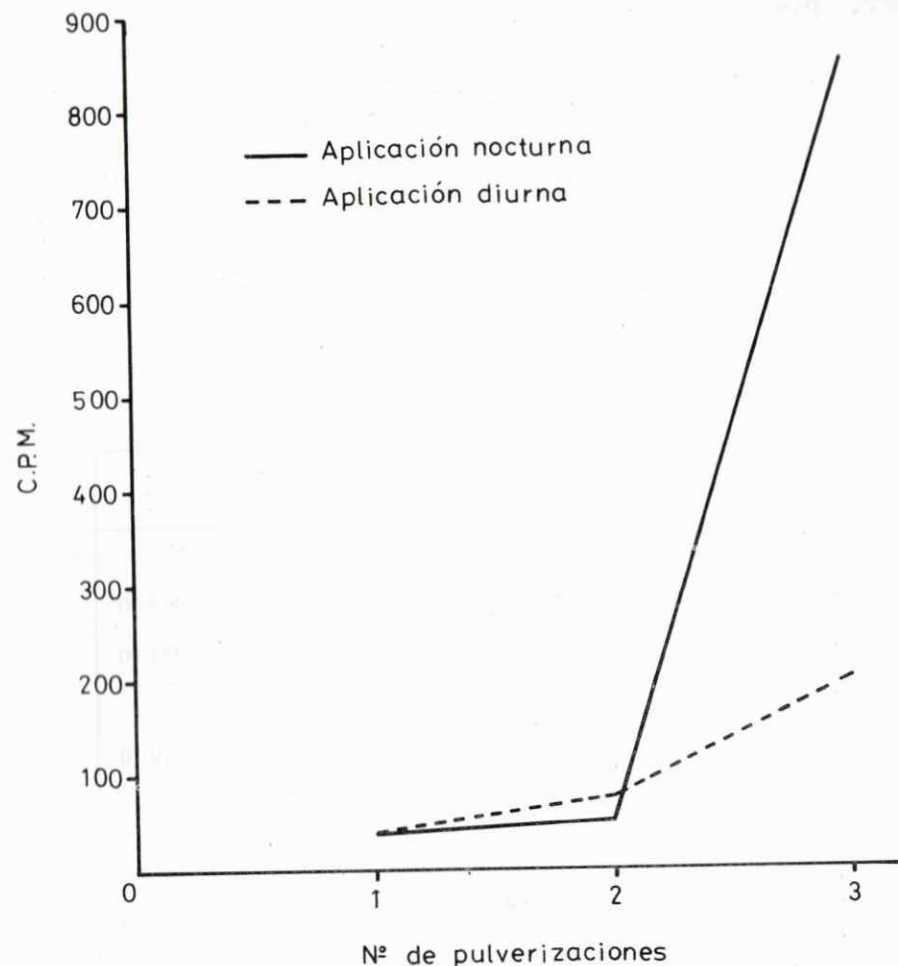


Figura 43 Cantidad de agua tritiada, expresada en cuentas por minuto, en las raíces de *Atriplex repanda* proveniente de aplicaciones al follaje. (Arentsen, 1972).

rias horas seguidas entre las 3 y las 8 horas, lo que según la literatura, posibilitaría la absorción.

Para obtener el potencial hídrico del suelo, se obtuvo valores para el potencial mátrico (ψ_m) y para el potencial debido a solutos (ψ_s). El potencial total es la suma de $\psi_m + \psi_s$.

El potencial hídrico del suelo usualmente presentó valores inferiores al potencial hoja, de tal manera que la inversión de potenciales en el sistema dependió únicamente del potencial atmosférico (Cuadro 17).

Cuadro 17. Potenciales hídricos de la atmósfera (ψ_a), de la hoja (ψ_h) y del suelo (ψ_s) (Arentsen, 1972).

| Enero 1972 | | ψ_a | ψ_h | ψ_s |
|-------------------|------|-----------|----------|----------|
| día | hora | | | |
| ----- bares ----- | | | | |
| 12 | 8 | -743,63 | -29,53 | -413,00 |
| | 13 | -1.291,16 | -36,92 | |
| | 18 | -2.267,81 | -32,00 | -331,10 |
| | 23 | -1.283,31 | -30,76 | |
| | 3 | -435,57 | -33,23 | |
| | 8 | -754,40 | -27,07 | -219,10 |
| | 13 | -2.010,93 | -34,45 | |
| | 18 | -2.252,93 | -27,07 | -198,50 |
| | 23 | -667,84 | -32,00 | |
| | 14 | 3* | -53,28 | -32,00 |
| 8* | | -54,60 | -27,07 | -177,90 |
| 13 | | -2.515,35 | -38,15 | -290,40 |
| 18 | | -2.083,45 | -38,15 | |
| 23* | | 173,00 | -32,00 | |
| 15 | 3* | -13,23 | -30,76 | |
| | 8* | 0,00 | -27,07 | -147,30 |
| | 13 | -1.793,64 | -30,76 | |
| | 18 | -1.984,55 | -24,61 | -167,80 |
| | 23 | 836,84 | -27,07 | |
| 16 | 3 | -296,85 | -27,07 | -126,90 |
| | 8* | -269,94 | -24,61 | -106,20 |

* Condensación de agua sobre la superficie foliar

Los porcentajes de humedad del suelo correspondieron a los valores secos al aire. No hubo relación entre la gran capacidad de la hoja de mantener altos valores de turgencia relativa y los porcentajes de humedad tan bajos encontrados en el suelo, éstos fluctuaron entre 2,3 y 3,8 %, muy por debajo del punto de marchitez permanente (9,8 %).

Los valores indican que, aparentemente, la planta no es capaz de eliminar agua desde las raíces hacia el suelo.

La conclusión general que puede establecerse en este estudio es que, a pesar que se puso de manifiesto la capacidad de la planta para absorber agua desde la atmósfera al determinar presencia de THO en el extracto acuoso, y que en las condiciones del ensayo se determinó en esta especie una inversión del gradiente de potencial hídrico durante la noche, no hubo evidencia de acumulación de agua en el suelo como consecuencia del agua exudada por las raíces.

Este resultado tiene una estrecha relación con la curva de crecimiento de la planta, ya que en el período seco, cuando se agota la disponibilidad de agua, la absorción de ésta se usaría fundamentalmente para mantener la turgencia y vida de la planta, pero no le permitiría crecer.

Riego suplementario

Los estudios de Zúñiga (1973) establecen las bases de descripción del crecimiento estacional de *Atriplex repanda* en el clima mediterráneo de Chile Central. Los antecedentes climáticos (Almeyda y Saez, 1958; Oficina Meteorológica de Chile, 1965) demuestran la ocurrencia de una sequía estival que se prolonga desde fines de invierno y comienzos de primavera hasta fines de otoño, lo cual limita el crecimiento del arbusto.

Durante los primeros meses de la primavera, los diversos arroyos, esteros, ríos o vertientes que atraviesan o nacen en el secano mediterráneo presentan caudales que a menudo van más allá de las necesidades de los cultivos de riego. En igual forma, durante los meses de otoño existe también un superavit de agua que podría ocasionalmente ser empleado en la mantención de los arbustos forrajeros como cultivos de semi riego. El objetivo de un estudio realizado por Contreiras y Gastó, (1978) fue explorar la posibilidad de incrementar la productividad de la nanofanerófita a través del aumento de las disponibilidades hídricas en forma de riego suplementario de otoño y de pri-

mavera. No se consideró la posibilidad de suplementar durante los meses de invierno debido al superavit natural producido por la mayor abundancia de precipitaciones en esa época.

Las variaciones anuales de las precipitaciones, podrían también afectar la productividad total del sistema. El desarrollo de ecuaciones generales que relacionen las disponibilidades hídricas con la productividad de forraje podría permitir tomar decisiones más acertadas en lo que respecta a los ajustes de la carga animal al variar las precipitaciones de un año al otro.

Dado que se dispone de las productividades totales de plantas, poblaciones y fitocenosis dominadas por repanda, y que el objetivo ha sido disponer de un índice que represente al mayor o mejor crecimiento de la planta, los valores indicados en el Cuadro 18 se refieren al crecimiento de los brotes.

Cuadro 18. Peso seco de los brotes de *Atriplex repanda* al 18 de enero de 1977 en plantas sometidas a diversos regímenes de precipitación suplementaria (Contreras y Gastó, 1978).

| Fecha de 1976 | Epoca | Precipitación adicional aplicada (mm) | | | | | |
|---|-----------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 12 | 24 | 48 | 96 | 192 |
| ----- g/brote ----- | | | | | | | |
| 1 mayo | otoño | 2,20 | 1,80 | 1,94 | 2,74 | 2,40 | 2,54 |
| 15 mayo | otoño | 1,94 | 1,84 | 1,90 | 2,30 | 2,24 | 2,00 |
| Cada 30 días desde 1 de agosto al 1 de enero 1977 | Todo | | | | | | |
| | primavera | 1,96 | 2,00 | 2,44 | 2,14 | 3,14 | 2,60 |
| 15 agosto | Temprano | | | | | | |
| | primavera | 1,54 | 1,90 | 2,54 | 2,44 | 2,90 | 3,54 |
| 15 agosto y 15 septiembre | Temprano | | | | | | |
| | primavera | 2,04 | 1,94 | 2,78 | 2,84 | 1,78 | 2,58 |
| 15 septiembre | | 1,90 | 2,50 | 2,84 | 2,60 | 2,40 | 2,74 |
| 15 octubre | Tarde | | | | | | |
| | primavera | 2,10 | 3,24 | 2,62 | 2,66 | 2,20 | 2,50 |
| 15 noviembre | Tarde | | | | | | |
| | primavera | 2,00 | 1,80 | 2,04 | 1,90 | 2,44 | 3,04 |
| 15 diciembre | Tarde | | | | | | |
| | primavera | 1,94 | 1,84 | 1,90 | 2,30 | 2,24 | 2,00 |

La tendencia general de los resultados expresa que a medida que se eleva el suministro de agua desde cero a 19,2 mm se incrementa la producción de forraje de la planta. El incremento es variable de acuerdo a la fecha de aplicación del riego suplementario. Durante el otoño, el efecto del agua es reducido, pero a medida que la estación avanza estimula en mayor grado el crecimiento de la planta. Desde mediados de agosto hasta mediados de noviembre el efecto del agua es mayor que el de las aplicaciones de diciembre, cuando la tasa de crecimiento de la planta comienza a reducirse (Figura 44).

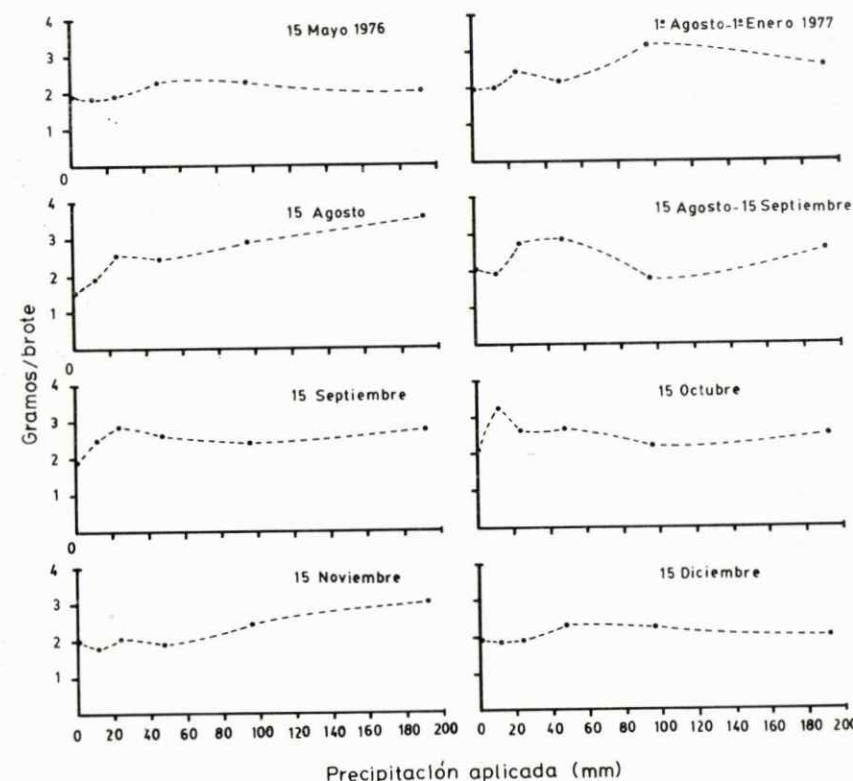


Figura 44. Peso de los brotes de *Atriplex repanda* al término de la temporada de crecimiento el 8 de enero de 1977 en plantas sometidas a diversos regímenes de precipitación suplementaria (Contreras y Gastó).

Función de producción

Las especies del género *Atriplex* se caracterizan por su elevada tolerancia a la sequía y salinidad. En trabajos realizados por Chatterton *et al.* (1970) se determinó que en este género se pueden acumular grandes cantidades de Na y Cl en sus hojas. Es importante también hacer notar que Brownell (1965) y Brownell y Crossland (1972) establecieron que el Na es un microelemento esencial para las especies del género *Atriplex* que poseen la vía fotosintética C₄.

Lachover y Tadmor (1965) concluyeron que el 50 % de las cenizas de *Atriplex halimus* está constituido por NaCl; en cambio, en *Atriplex repanda* que se desarrolla en suelos no salinos, su contenido de NaCl no es superior a 1,5 % del total de cenizas.

La respuesta de las plantas a niveles de Na y K depende de varios factores. Ashby y Beadle (1957) por ejemplo observaron que *A. nummularia* y *A. inflata* responden a bajos niveles de Na el cual es mejor absorbido como NaCl que como Na₂SO₄. Wallace *et al.* (1973), empleando tres fuentes de Na (Cl, NO₃ y H₂PO₄) en *A. confertifolia* y *A. hymenelita*, encontraron sólo respuesta al NaCl.

Estudios realizados en suelos correspondientes al hábitat natural de *A. nummularia*, *A. vesicaria* y *A. inflata* en Australia concluyeron que estos suelos presentan una variada composición en cuanto a minerales, granulometría y cantidad total de iones (Beadle *et al.*, 1957). Le Houerou (1971) indica que las especies de *Atriplex* pueden establecerse en suelos de textura fina.

Badilla (1975) señala que dentro de la distribución natural de *repanda*, se encuentra una amplia variedad de tipos de suelos y que tolera niveles de salinidad de hasta 19 mmho/cm; pero aún se desconoce con precisión como esta especie responde a diferentes variables edáficas.

En un estudio realizado por Lailhacar (1976), se estableció el efecto de algunos de los más importantes parámetros del suelo en los componentes del rendimiento de *A. repanda* y *A. polycarpa*. En el presente trabajo sólo se considera el comportamiento de *A. repanda*.

Para la experiencia se consideró 44 suelos colectados en el Estado de California, Estados Unidos, incluyendo suelos donde *A. polycarpa* crece normalmente y áreas donde no crece. La selección de los suelos se hizo entre los paralelos 32° y 42° latitud norte y el criterio

de selección empleado fue el tipo de vegetación dominante y especie dominante; en general, se prefirió suelos no alterados usándose sólo muestras del primer horizonte (0 - 15 cm).

Los factores analizados fueron:

- pH
- Nitrógeno disponible: ion nitrato, ion nitrito y ion amonio
- Fósforo aprovechable
- Cationes disponibles: Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ y Na⁺
- Capacidad de intercambio catiónico
- Cloro
- Capacidad de campo
- Concentración de cationes totales

Se trabajó con semillas provenientes de la estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Para la obtención de plantas, se sembró semillas escarificadas en bandejas que contenían una capa delgada de arena esterilizada y vermiculita. Sólo una vez que los cotiledones y radícula tenían más de 1 cm de largo se trasplantó a maceteros que contenían 1.100 cm³ del suelo en estudio. En todo el período de ensayo, enero a septiembre de 1974, se mantuvo una temperatura máxima de 29°C.

Las medidas obtenidas fueron:

- Altura de la planta: se controló a los 60 y 90 días después del trasplante y en el rebrote a los 180 y 270 días de edad de la planta.
- Biomasa aérea: se determinó con la cosecha de todos los tejidos presentes sobre 5 cm de altura después de 90, 180 y 270 días de crecimiento, en la última cosecha a los 270 días, se estimó el total de la producción aérea.
- Biomasa foliar y biomasa de tallos: se midió con la separación de tallos y hojas obtenida de la biomasa aérea total.
- Biomasa radical: al final del experimento, a los 270 días se extrajeron las raíces de las plantas las cuales se pesaron.

En los resultados presentados por Lailhacar (1976) se analiza la producción de *A. repanda* en función de los suelos según el sitio de muestreo. Para esto, se agruparon los suelos en tres grupos: aquellos

donde había presencia de *A. polycarpa*; aquellos donde estaba ausente; pero había presencia de otras especies de *Atriplex* y aquellos sitios donde no existía especies de *Atriplex*.

Los resultados indican que no se manifestaron diferencias significativas en relación a la latitud, longitud y altitud geográfica de los sitios muestreados y sólo hubo una mayor producción en aquellos suelos provenientes de sitios donde no había *A. polycarpa* pero sí existían otras especies de *Atriplex*. Ello sugiere que la distribución de *A. polycarpa* o *A. repanda* en la fitocenosis, se puede atribuir a un efecto de competencia por otras especies más agresivas.

Este hecho señala que la mantención de una pradera mejorada con *A. repanda* en la zona semiárida más favorable de Chile sólo se puede mantener con control eficiente de las especies más agresivas que invaden el hábitat, lo cual está de acuerdo con observaciones hechas en el campo experimental La Rinconada.

En cuanto al efecto de los factores edáficos en la producción de las plantas (Cuadro 19), Lailhacar (1976), establece que los factores del suelo que tienen mayor significación son el fósforo, la capacidad de intercambio catiónico y el nitrógeno.

No se logra buenas producciones cuando la concentración de fósforo aprovechable se mantiene por debajo de 8,1 ppm.

En el caso del efecto de nitrógeno, es conveniente destacar que el ion nitrato es muy importante en la producción inicial, no siendo así al final, probablemente debido a su agotamiento temprano en el suelo. Esta conclusión se basa en que las producciones parciales iniciales se muestran más correlacionadas al nitrógeno nítrico original disponible en el suelo, pero a medida que éste se va agotando, toma mayor importancia el ion amoniacal. El cloro aparece como el elemento más importante en su efecto negativo en la producción de biomasa aérea.

El efecto de cationes, en especial K y Na tienen importancia en la producción aérea. Sin embargo, indica el autor, se hace necesario, efectuar estudios adicionales con el objeto de determinar con mayor claridad la respuesta de *A. repanda* a la concentración de cationes, así como también al tipo de cationes y sus funciones.

El pH del suelo presentó valores óptimos entre 5,2 y 8,2.

En cuanto al resto de los factores estudiados no se ha encontrado correlación simple significativa; sin embargo, cuando se calcula la ecuación de regresión múltiple da cierta significación.

A pesar que la biomasa radicular tiene estrecha relación con la producción aérea, sólo dos factores presentan correlación simple sig-

Cuadro 19 Relación entre las variables más importantes de suelo y la producción biomasa área total (g) de *Atriplex repanda*. (Lailhacar, 1976)

| SUELO | A. REPANDA | P | CEC | TAN | FC | CL | NaK | Ca+Mg | Ca | Nu | K | Mg | NH ₄ H | Pb | Nitr. | CC |
|-------|------------|-------|-------|----------|-------|-------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|-------|-------|----------|
| Nº | Prod. | Rango | ppm | meq/100g | ppm | % | ppm | meq/100g | meq/100g | meq/100g | meq/100g | meq/100g | ppm | ppm | % | meq/100g |
| 32 | 8.065 | 2 | 61.73 | 48.10 | 14.26 | 32.33 | 3.6050 | 2.52 | 6.45 | 72.98 | 1.75 | 18.75 | 4.15 | 7.64 | 10.10 | 100.91 |
| 30 | 9.682 | 1 | 18.16 | 33.42 | 4.72 | 10.29 | 31.4 | 13.81 | 8.13 | 0.20 | 0.24 | 2.77 | 3.48 | 6.38 | 4.26 | 11.34 |
| 16 | 7.275 | 4 | 25.88 | 18.89 | 8.98 | 10.89 | 23.8 | 0.95 | 9.63 | 8.01 | 0.69 | 1.37 | 4.72 | 6.28 | 4.26 | 10.13 |
| 29 | 7.030 | 5 | 10.20 | 33.56 | 14.09 | 37.06 | 61.9 | 0.12 | 7.19 | 30.97 | 0.90 | 4.43 | 4.10 | 7.86 | 9.99 | 43.41 |
| 20 | 6.595 | 6 | 7.57 | 23.37 | 12.68 | 18.39 | 34.2 | 0.29 | 3.13 | 8.69 | 0.13 | 2.27 | 9.25 | 9.76 | 5.31 | 2.92 |
| 7 | 6.040 | 7 | 16.89 | 10.33 | 61.84 | 12.34 | 1.3038 | 2.26 | 10.90 | 60.66 | 6.76 | 1.76 | 1.91 | 8.46 | 59.94 | 78.43 |
| 36 | 5.535 | 8 | 13.93 | 32.05 | 10.22 | 19.78 | 26.8 | 0.08 | 22.46 | 6.79 | 0.08 | 0.57 | 0.20 | 1.72 | 2.80 | 7.94 |
| 42 | 4.770 | 12 | 8.11 | 15.67 | 5.38 | 8.73 | 29.5 | 0.21 | 12.43 | 12.96 | 0.42 | 1.20 | 1.72 | 2.80 | 8.34 | 2.58 |
| 44 | 4.260 | 13 | 17.14 | 10.33 | 19.90 | 5.90 | 99.9 | 0.13 | 1.68 | 46.91 | 1.15 | 0.90 | 0.764 | 4.06 | 1.24 | 16.31 |
| 34 | 5.250 | 10 | 13.82 | 47.12 | 19.98 | 26.52 | 1.9975 | 1.55 | 37.49 | 53.33 | 4.26 | 1.63 | 3.28 | 5.82 | 15.94 | 57.15 |
| 35 | 2.790 | 21 | 6.47 | 19.11 | 2.92 | 10.64 | 24.8 | 0.08 | 33.12 | 40.73 | 1.91 | 2.02 | 1.35 | 7.70 | 1.57 | 44.94 |
| 19 | 5.480 | 9 | 11.84 | 23.46 | 13.80 | 7.75 | 41.4 | 0.42 | 2.45 | 2.66 | 0.21 | 0.29 | 1.79 | 11.34 | 5.32 | 2.47 |
| 17 | 4.230 | 14 | 13.38 | 45.52 | 4.60 | 28.62 | 19.4 | 0.07 | 3.87 | 17.85 | 0.10 | 0.81 | 7.60 | 3.93 | 6.34 | 0.67 |
| 1 | 4.150 | 15 | 26.65 | 22.56 | 3.60 | 16.34 | 26.8 | 0.09 | 17.41 | 52.92 | 0.62 | 3.91 | 5.01 | 1.46 | 8.12 | 2.14 |
| 35 | 3.880 | 16 | 10.31 | 22.28 | 8.53 | 12.80 | 28.6 | 0.04 | 10.70 | 6.74 | 0.02 | 0.41 | 1.04 | 3.70 | 6.22 | 4.82 |
| 34 | 3.025 | 17 | 11.89 | 4.23 | 3.98 | 22.03 | 28.3 | 0.07 | 1.27 | 10.45 | 0.14 | 1.24 | 0.77 | 6.94 | 1.24 | 20.58 |
| 38 | 2.855 | 20 | 12.61 | 7.15 | 32.33 | 6.05 | 1.9975 | 1.55 | 37.49 | 53.33 | 4.26 | 1.63 | 3.28 | 5.82 | 15.94 | 57.15 |
| 4 | 2.080 | 25 | 18.11 | 4.94 | 7.85 | 17.1 | 0.06 | 13.25 | 13.38 | 0.23 | 2.48 | 1.66 | 2.58 | 7.88 | 17.78 | 61.57 |
| 26 | 3.085 | 18 | 13.93 | 27.04 | 4.49 | 23.14 | 51.9 | 0.40 | 3.02 | 9.07 | 0.25 | 0.34 | 4.96 | 3.03 | 5.89 | 1.46 |
| 33 | 2.520 | 24 | 8.33 | 4.89 | 3.73 | 2.72 | 26.0 | 0.29 | 5.18 | 1.31 | 0.07 | 0.14 | 0.42 | 2.58 | 5.41 | 1.15 |
| 12 | 2.710 | 22 | 11.62 | 4.71 | 10.55 | 3.96 | 24.4 | 0.12 | 14.35 | 17.16 | 0.14 | 0.69 | 0.82 | 2.58 | 8.27 | 7.97 |
| 13 | 1.695 | 27 | 14.26 | 10.60 | 3.14 | 10.68 | 15.2 | 0.11 | 8.40 | 5.95 | 0.09 | 0.47 | 1.17 | 2.02 | 6.47 | 1.12 |
| 18 | 2.775 | 22 | 10.60 | 10.60 | 10.60 | 10.60 | 32.0 | 0.09 | 1.27 | 10.45 | 0.14 | 1.24 | 0.77 | 6.94 | 1.24 | 20.58 |
| 38 | 2.855 | 20 | 12.61 | 7.15 | 32.33 | 6.05 | 1.9975 | 1.55 | 37.49 | 53.33 | 4.26 | 1.63 | 3.28 | 5.82 | 15.94 | 57.15 |
| 23 | 1.160 | 30 | 10.20 | 18.48 | 2.86 | 12.88 | 16.3 | 0.03 | 2.38 | 8.78 | 0.07 | 1.69 | 6.09 | 1.62 | 7.08 | 1.24 |
| 28 | 1.615 | 28 | 7.68 | 33.42 | 2.95 | 25.56 | 10.9 | 0.56 | 23.92 | 142.53 | 0.40 | 0.42 | 0.73 | 2.05 | 7.86 | 0.90 |
| 27 | 0.970 | 31 | 5.48 | 4.62 | 2.71 | 4.10 | 14.0 | 0.13 | 22.98 | 21.49 | 0.05 | 0.22 | 1.54 | 1.91 | 7.92 | 0.80 |
| 38 | 0.600 | 33 | 1.86 | 4.53 | 7.52 | 2.54 | 53.9 | 1.34 | 34.09 | 13.95 | 0.62 | 0.27 | 0.68 | 1.18 | 8.52 | 6.34 |
| 30 | 1.495 | 29 | 1.86 | 5.07 | 17.84 | 3.98 | 4.6650 | 14.97 | 24.02 | 50.56 | 9.99 | 0.39 | 3.47 | 3.70 | 7.94 | 14.14 |
| 37 | 0.475 | 34 | 5.15 | 5.25 | 2.58 | 3.18 | 16.4 | 0.04 | 7.75 | 34.74 | 0.03 | 0.39 | 1.01 | 1.24 | 6.16 | 1.35 |
| 35 | 0.470 | 34 | 2.74 | 8.60 | 3.34 | 6.26 | 19.2 | 0.14 | 8.74 | 10.45 | 0.14 | 1.24 | 0.77 | 6.94 | 1.24 | 20.58 |
| 2 | 0.445 | 37 | 0.33 | 12.14 | 1.52 | 7.17 | 16.0 | 0.19 | 90.60 | 42.82 | 0.25 | 0.47 | 0.77 | 0.84 | 8.48 | 1.60 |
| 43 | 0.635 | 32 | 6.03 | 21.91 | 3.38 | 16.56 | 32.6 | 0.31 | 4.91 | 10.50 | 1.03 | 1.99 | 3.52 | 1.12 | 8.42 | 2.25 |
| 11 | 0.355 | 38 | 1.75 | 3.44 | 3.82 | 2.22 | 14.1 | 0.15 | 81.65 | 22.39 | 0.04 | 0.14 | 0.45 | 1.24 | 8.58 | 2.58 |
| 5 | 0.230 | 41 | 1.54 | 4.53 | 2.42 | 3.74 | 40.5 | 2.40 | 36.00 | 21.18 | 1.19 | 0.29 | 0.97 | 1.12 | 9.08 | 1.29 |
| 5 | 0.230 | 41 | 1.54 | 4.53 | 2.42 | 3.74 | 40.5 | 2.40 | 36.00 | 21.18 | 1.19 | 0.29 | 0.97 | 1.12 | 9.08 | 1.29 |
| 9 | 0.285 | 39 | 2.19 | 13.32 | 2.31 | 1.74 | 17.8 | 0.11 | 33.37 | 28.83 | 0.12 | 0.47 | 1.34 | 1.54 | 8.52 | 1.01 |
| 25 | 0.200 | 42 | 0.72 | 16.48 | 4.46 | 33.20 | 63.1 | 0.60 | 3.53 | 2.48 | 0.23 | 1.76 | 1.88 | 4.38 | 6.08 | 4.70 |
| 21 | 0.080 | 43 | 0.37 | 43.08 | 10.44 | 10.44 | 51.9 | 0.03 | 9.54 | 8.88 | 0.07 | 1.57 | 1.54 | 8.20 | 6.38 | 2.24 |
| 22 | 0.010 | 44 | 2.08 | 53.94 | 13.58 | 38.52 | 23.5 | 0.02 | 12.49 | 8.05 | 0.04 | 1.17 | 1.06 | 12.24 | 5.76 | 1.35 |
| X | 2.992 | | 0.77 | 21.67 | 9.64 | 14.69 | 293.1 | 0.78 | 25.74 | 26.40 | 1.06 | 4.18 | 3.54 | 7.33 | 6.09 | 32.80 |

nificativa. En la ecuación múltiple calculada, se determinó por Lailhacar (1976) que el cloro es un factor negativo importante en el crecimiento de las raíces. Como factor positivo se presenta el nitrógeno nítrico.

La ecuación general que mejor permite predecir el crecimiento de *Atriplex repanda* en función de las variables edáficas es la siguiente:

$$y = 0,517 + 0,141 P + 0,240 NH_4 + 0,040 NO_3$$

donde: P = ppm de fósforo aprovechable
NH₄ = ppm de nitrógeno amoniacal disponible al sacar la muestra, sin incubar; y
NO₃ = al porcentaje de nitrógeno nítrico.

Siguiendo con esta línea de trabajo, Gargano (1978) estudió las relaciones entre la producción de *A. repanda* durante su establecimiento y las variables más importantes de 20 suelos del sector costero de la IV Región de Chile. Se consideró altura de planta y el rendimiento de la biomasa aérea y radicular.

Las variables de suelo asociadas significativamente con la fitomasa total en correlaciones múltiples obtenidas, fueron en orden de importancia: nitrógeno amoniacal, limo, pH, sodio, materia orgánica, cationes intercambiables, fósforo y conductividad eléctrica (R = 0,91). Una respuesta similar se manifestó en la biomasa de hojas y tallos. En todos los suelos estudiados se verificó una disminución de los rendimientos a través del tiempo, producto del agotamiento de los nutrientes.

Fertilización

La fertilización mineral es una estrategia de mejoramiento de ecosistemas. En la región árida mediterránea está limitada por razones de índole práctico o económicas y, por lo tanto, debe a menudo restringirse a ambientes más favorables. No obstante, en la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada se efectuó un estudio preliminar de análisis del efecto de los nutrientes minerales del suelo en la productividad de *Atriplex repanda*. Para ello, se eligió una

población uniforme de arbustos establecidos mediante trasplante a 5m x 5m en 1969. Al año siguiente en 1970, se aplicaron los siguientes tratamientos: testigo sin fertilización; N₈₀; N₈₀ P₈₀ P₈₀ K₈₀; N₈₀ P₈₀ K₈₀ S₈₀ N₈₀ P₈₀ S₈₀; N₈₀ K₈₀; N₈₀ K₈₀ S₈₀; N₈₀ S₈₀; P₈₀; P₈₀; P₈₀ K₈₀; P₈₀ K₈₀ S₈₀; P₈₀ S₈₀; K₈₀; K₈₀; K₈₀ S₈₀ y S₈₀, para lo cual se empleó plantas individuales con seis repeticiones. Al término de la estación de crecimiento se cosechó cortando el 75 % de la fitomasa aérea disponible.

Los resultados presentaron un coeficiente de variabilidad tan elevado que no permite sacar conclusiones valederas: aparentemente las plantas empleadas aún no habían terminado su ciclo de desarrollo normal y éste fue el factor que en definitiva produjo las diferencias en producción por plantas, no permitiendo detectar el efecto de los tratamientos empleados. Además el efecto de los tratamientos de fertilización aplicados, en las circunstancias edáficas y climáticas del estudio, parecen ser insignificantes.

CAPITULO V.

CAMBIO DE ESTADO



En el ecosistema silviagropecuario tanto su arquitectura como su funcionamiento están cambiando constantemente. Estos cambios normalmente se presentan en el tiempo y están condicionados tanto por las características de la biocenosis y del ecotopo como por el tipo de intervención antrópica.

El cambio de estado de la vegetación permite caracterizarla, además de indicar el potencial productivo de cada estación y posibilitar la determinación del tipo e intensidad tolerable de intervención antrópica. Cualquiera que sea el estado inicial del sistema, producto ya sea de la sucesión natural o de la intervención del hombre, este tiende a mejorar o deteriorarse en relación al patrón elegido, pues tiende al estado de equilibrio o clímax. Por lo tanto, si se desea mantener una arquitectura diferente de la del clímax natural, es necesario aplicar un esfuerzo variable de acuerdo con las características del biotipo y los de la arquitectura que se desea mantener.

El proceso natural de transformación del ecosistema sigue cauces definidos, que en sus aspectos fundamentales pueden ser pronosticados. Estos cambios que pueden ser progresivos o regresivos deben ser conocidos, pues siempre que se utiliza algún recurso natural, se está en alguna forma alterando el proceso singenético natural.

El hombre a menudo provoca cambios abruptos de estado o transformaciones, en los cuales se altera la arquitectura del sistema original. A continuación de estas transformaciones, ocurren cambios endógenos que corresponden a la sistemogénesis de los cambios naturales.

Sistemogénesis

La sistemogénesis estudia el aspecto dinámico de los ecosistemas, especialmente desde el punto de vista de su origen, evolución, potencialidad de desarrollo y de los factores abióticos reguladores de las sucesiones donde se modifica simultáneamente tanto el número de organismos que integran las poblaciones, como el tamaño individual de ellos. En el proceso natural de cambio todo los componentes tienden a ajustarse en su estructura y funcionamiento al modelo general, cada vez mejor adaptado al medio abiótico.

El proceso de adaptación de los organismos al medio donde viven es complejo e incluye diversas estrategias simultáneas. Una de ellas es individual y su mecanismo de adaptación está centrado en el grado de plasticidad de los organismos. Dentro de los mecanismos poblacionales está el proceso de evolución genética que es más lento; pero puede llegar a modificar su estructura genética y su grado de plasticidad. Pero también existe un tercer mecanismo de naturaleza sinecológica y que incluye el desarrollo, evolución y los cambios naturales de los ecosistemas regidos por las leyes y principios que determinan las sucesiones ecológicas.

El ecosistema natural es el producto de la integración ordenada de los diversos componentes y conexiones tanto bióticas como abióticas en que cada uno de ellos ejerce acción sobre los demás y simultáneamente interactúan. Como resultado final de este fenómeno, luego de un tiempo, se establece un estado de equilibrio entre el componente biótico y el abiótico donde la comunidad se desarrolla.

Sistemogénesis o sucesión ecológica es el proceso mediante el cual un ecosistema de un lugar determinado y en un momento dado se modifica gradual, direccional e internamente en el tiempo, en todos sus componentes hasta alcanzar un estado de equilibrio funcional y arquitectónico con el medio.

El desarrollo de la biocenosis hace que un mismo territorio sea ocupado por comunidades diferentes que se autorreemplazan hasta alcanzar una etapa de madurez o estabilidad final del sistema con el medio donde se desarrolla. La interpretación de las transformaciones se debe hacer considerando todos los componentes individualmente y en su conjunto, siendo posible establecer modelos sucesionales predictivos (Horn, 1975).

Durante todo el transcurso del proceso sucesional existe un desequilibrio entre el ecotopo y la biocenosis. Este desequilibrio es direccional, lo que hace que las transformaciones del ecosistema vayan

orientados hacia una etapa final de equilibrio único o clímax que permanece estabilizado (Billings, 1941).

Las transformaciones singenéticas conducentes a etapas más avanzadas y que terminan en el clímax se denominan progresivas o progresión; las que se originan en sentido inverso, es decir desde alguna etapa avanzada hacia otra inicial, se denomina sucesiones retrogresivas o retrogradación. Tanto la progresión como la retrogradación tienden generalmente a presentar cambios graduales.

El examen biocenósico y ecotópico de sistemas análogos en etapas serales diferentes permite definir los cauces de transformación del modelo climácico y las diversas alternativas de transformación. El estudio de los resultados alcanzados empíricamente y la elocubración matemática de otras relaciones preestablecidas, permite presentar alternativas de modelos que pudieran ser recomendados para su desarrollo en la etapa final o meta.

En el estudio de Olivares y Gastó (1971) se llegó a la conclusión que la vegetación clímax original de la zona Mediterránea Central de Chile corresponde a una fitocenosis compuesta por varias especies arbóreas pequeñas, entre las que destacan *Lithraea cáustica* y *Quillaja saponaria* (Follman y Matte, 1963; Schmithuesen, 1956 y Oberdorfer, 1960). El matorral característico de lo que en la actualidad se llama estepa de *Acacia caven* puede retrogradar a otro de menor tamaño y desarrollo, en el cual intervienen otras especies formando un matorral denso de menor altura (Figura 45).

Transformación

Los cambios en las etapas sucesionales o cambios en el tiempo pueden ser graduales o abruptos. La transformación brusca de algunos de los componentes del ecosistema, desde una etapa avanzada a una inicial, se denominan destrucción. El proceso inverso de transformación brusca desde etapas menos avanzadas se denomina construcción. Cualquiera de los componentes puede ser modificado, la destrucción o construcción del ecosistema normalmente afecta a alguno de los componentes sin alterar el resto.

La transformación de sistemas naturales en agrícolas, frecuente es destructivo al eliminarse antrópicamente la fitocenosis original para reemplazarse por otra. Cuando el objetivo perseguido se mantiene dentro de los marcos aceptados por una buena agricultura, se sustituye la biocenosis original sin destruir el suelo. Lamentablemente en el manejo silviagropecuario, frecuentemente se modifican, ade-

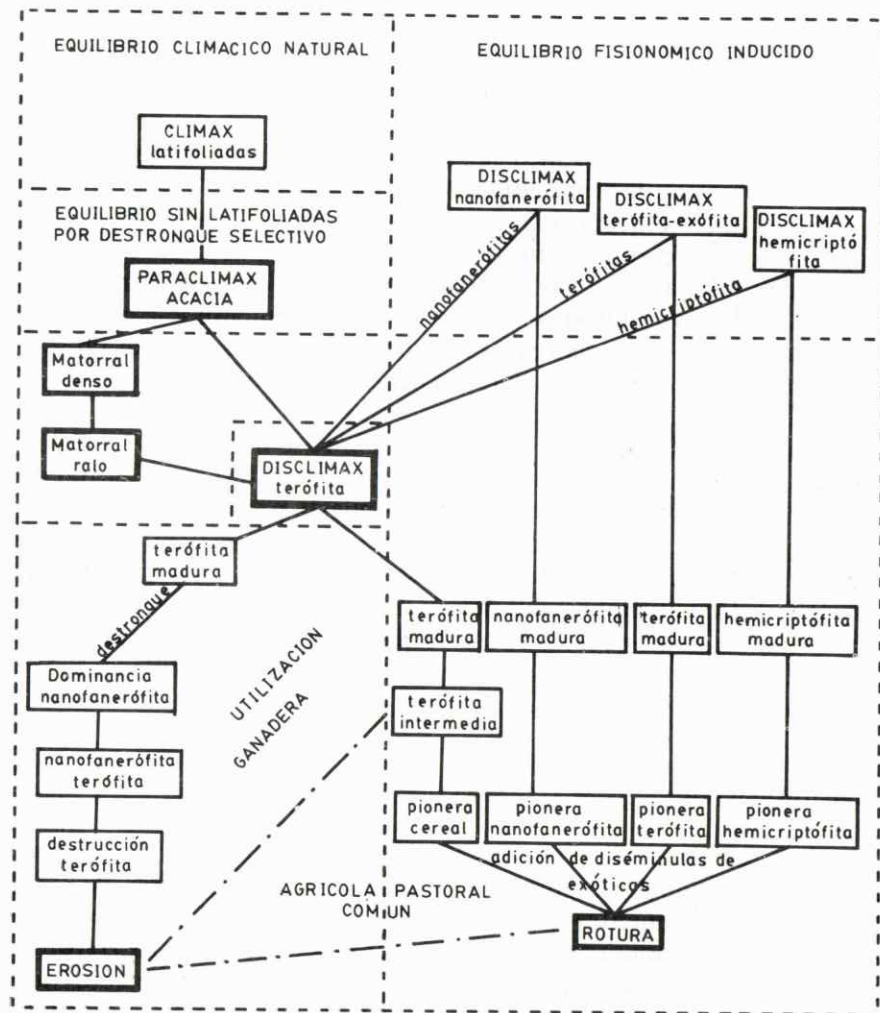


Figura 45. Modelo singenético del matorral de *Acacia cavendishii* de la región Central de Chile (Olivares y Gastó, 1971), modificado.

más, algunas características convenientes del suelo junto con el establecimiento de la nueva arquitectura biocenótica.

Cuando el origen de la transformación es ajeno al sistema natural, corresponde a modificaciones exógenas. El estímulo inicial de la sucesión en sistemas silviagropecuarios es frecuentemente exógeno, pero las etapas posteriores son autógenas.

La sucesión, además de dirección tiene tasa de cambio. La tasa de cambio de las transformaciones está condicionada por las características del adafotopo, la temperatura, precipitación y otros atributos del macroclima. Las características de la flora y fauna, sus posibilidades de migración, longevidad de cada especie, edad y tasa de natalidad y mortalidad, son otros de los factores fundamentales que regulan la tasa de cambios.

La tasa de cambio del ecosistema condiciona el grado de cambio y la posibilidad de recuperación de éste a la acción antrópica.

Las transformaciones antrópicas de los sistemas ecológicos naturales pueden tener objetivos diferentes de acuerdo a la utilización que se pretenda asignarle al sistema modificado. Sin embargo, todos ellos tienen algo en común, cual es, que en toda transformación se considera que debe cumplir, por lo menos, dos requisitos: productividad y calidad, de acuerdo a los intereses del hombre. Para ello se sacrifica algunas buenas características del sistema natural para reemplazarlas por otras de mayor interés antrópico. La agricultura y ganadería actual se practica frecuentemente en terrenos que originalmente estaban cubiertos de bosques. Las sucesiones secundarias que siguen a la destrucción de la fitocenosis original pueden ser de naturaleza muy variada y desarrollarse en tasas diferentes, de acuerdo a la intensidad y tipo de artificialización que se emplee.

Basile y Jensen (1971) estudiaron las sucesiones secundarias de terrenos cuya fitocenosis forestal original fue removida. Llegaron a la conclusión que la productividad del sotobosque es baja antes de la corta de las estratas superiores del bosque, como así mismo inmediatamente después de hacerlo. La productividad herbácea comienza a disminuir después de un tiempo, cuando el renewal de las estratas superiores comienza a dominar nuevamente. La producción de la estrata herbácea fue superior en las etapas serales que siguieron a la tala de la vegetación arbórea alcanzado su máximo once años después del desmonte. Sin embargo, cada una de las formas vitales se comporta diferente (Figura 46). Los ejemplares forestales que aparecen después del desmonte no están uniformemente distribuidos, lo que hace que la productividad de la estrata herbácea sea también variable.

La acción antropogénica sobre los recursos naturales puede ser el resultado de acciones parciales de cosecha de recursos sin ningún objetivo de manejo del ecosistema. Los productos originados en los sistemas naturales de interés antrópico, han sido cosechados repetida y selectivamente, sin preocuparse de las consecuencias que pudieran emanar sobre el sistema.

Frecuentemente el resultado de la intervención humana sobre los sistemas conduce a resultados positivos en algunos casos y destructivos en otros. Las transformaciones de recursos forestales y prateses en terrenos de cultivos que presentan características intrínsecas no adecuadas para ello, resultan usualmente en destrucciones masivas del edafotopo.

El estado del sistema es la resultante de acciones previas del medio natural, más la acción antrópica derivada de la cosecha o uso del recurso. Un mismo recurso puede ser utilizado de diversas formas y conducir a sistemas arquitectónica y funcionalmente diferentes.

Los estados meta pueden ser de la más variada arquitectura y funcionamiento debiéndose, en cualquiera recomendación definitiva, considerar un estudio comparativo de las diversas alternativas finales, pudiendo cualquiera de las etapas sucesionales llegar a transformarse en meta. Simultáneamente con la elección del estado meta o modelación del sistema optimizado debe definirse el cauce de transformación. La meta de un modelo es el resultado de un esfuerzo dirigido a introducir, eliminar o modificar elementos y atributos del modelo original para desarrollar otro modelo mejor (Armijo, Nava y Gastó, 1976).

En el estudio de Olivares y Gastó (1971) correspondiente al Secano Interior de la Región Mediterránea Central de Chile (Figura 45), el análisis singenético condujo a presentar diversas estrategias de conversión, junto con la estrategia silviagropecuaria común. Cada uno de los casilleros representa alternativas de modelos de sistemas o estados que derivan de un origen común.

La estepa de *Acacia caven* puede retrogradar a otra de menor tamaño y desarrollo en el cual intervienen otra especies formando un matorral denso de menor altura. La causa de esta retrogradación es la acción de herbívoros, especialmente a través del pastoreo de animales domésticos y de la tala o corta de las especies que presentan mejores características maderables o de valor como combustible. Este matorral, bajo continua sobreutilización, se transforma primero en matorral abierto y finalmente se elimina la estrata leñosa. Esto trae como consecuencia la disminución de la competencia interestrata y, por consiguiente, un mayor desarrollo del horizonte herbáceo.

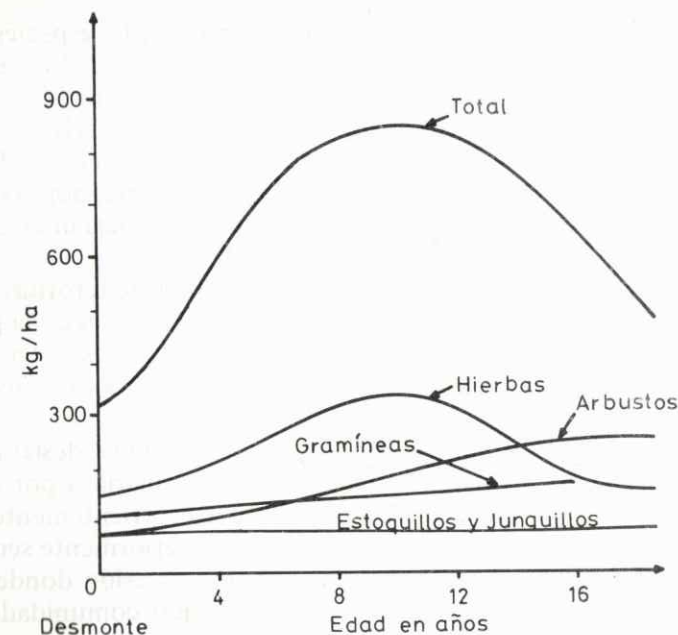


Figura 46. Tendencia de la producción de la estratas inferiores luego de extraer la estrata arbórea. Cambios sucesionales en función del tiempo desde el desmorte (Basile y Jensen, 1971).

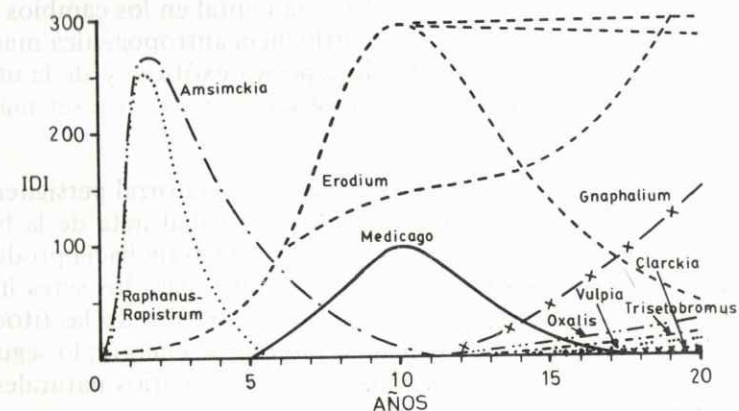


Figura 47 Esquema de la variación del índice de importancia de las especies de acuerdo a la antigüedad de la subsera y el tratamiento de la pradera (Olivares y Gastó, 1971).

Si la presión excesiva del ambiente se reduce, las especies herbáceas logran adquirir un mayor desarrollo, lo que se traduce en cambios sucesionales progresivos de una comunidad dominada por terófitas. En esta forma, se puede lograr una comunidad disclímax formada sólo por especies anuales. Para mantener este carácter, debe mantenerse alterada antropogénicamente para evitar la invasión y desarrollo de especies leñosas las que con el tiempo dominarían la comunidad.

La sobreutilización continuada de la estrata de terófitas por ganado doméstico o vida silvestre produce retrogradación de la pradera que puede llegar a cambios que signifiquen la total destrucción de la vegetación, la pérdida de la protección del suelo y la destrucción de éste.

La vegetación arbórea y arbustiva es a menudo destruida por medios mecánicos mediante el empleo de maquinaria o por corte y destronque manual. El terreno una vez libre, es corrientemente sometido a labores de aradura y de cultivadora y posteriormente sembrado de cereales. Luego del cultivo, comienza una sucesión donde dominan especies pioneras que permanecen formando comunidades densas, a menudo monoespecíficas en las cuales otras especies son de escasa significación (Figura 47). En un período corto, corrientemente no superior a cinco años, el suelo se encuentra más estabilizado y evolucionado dando las condiciones favorables para el desarrollo exitoso de otras especies que con el tiempo van dominando la comunidad. La composición botánica se hace más variable, y el tiempo que hasta ese momento jugaba un papel fundamental en los cambios sucesionales pasa a segundo orden y la influencia antropogénica manifestada a través del establecimiento de especies exóticas y de la utilización de la pradera con ganado doméstico, comienzan a ser más importantes.

Las transformaciones antropogénicas del matorral persiguen dos objetivos principales: incrementar la productividad neta de la bioceosis y canalizar la producción de energía y materia hacia productos exportables del ecosistema que sean de interés para los seres humanos. Lo primero se consigue reduciendo y simplificando las fitocenosis con lo cual disminuye su consumo interno de energía; lo segundo, mediante el reemplazo de los consumidores primarios naturales por ganado.

Del estudio de los trabajos anteriores y de las características propias de nanofanerófitas que presenta *Atriplex repanda* se ha llegado a concluir que es factible y, en muchos casos, conveniente estable-

cer un ecosistema artificial que sea fisionómicamente similar al ecosistema disclímax de la estepa de *Acacia caven*; pero florísticamente diferente donde el arbusto forrajero reemplace parcial o totalmente al matorral natural.

Carga y descarga

El ecosistema de pradera natural - *Atriplex repanda* se puede considerar como una unidad susceptible de almacenar (carga), materia, energía e información. Por lo tanto, debe caracterizarse por presentar una capacidad de almacenamiento, una eficiencia de conservación de la carga, un costo de almacenamiento y una velocidad de carga y descarga. Carga ecosistémica se define como el contenido de materia, energía e información de un ecosistema en un momento dado. (Armijo, Nava y Gastó, 1976).

Se entiende por carga el valor total de los diversos tipos de energía contenida en el ecosistema en un instante dado.

$$Q(t) = \sum c_i U_i(t)$$

donde: U_i = energía del tipo i contenida en el ecosistema.
 c_i = coeficiente del valor ecológico de la calidad de energía que depende del contenido de información.

Se puede suponer que la densidad de carga sigue la siguiente ecuación:

$$\frac{d\delta Q}{dt} = f(\delta Q; CQ; t) \text{ para } t \in (0, \tau)$$

de donde la función f tiene una forma determinada de acuerdo con el tipo de proceso y CQ representa la capacidad potencial de carga. En la Figura 48 se representa un caso especial de esta ecuación (Armijo, Nava y Gastó, 1976), en que:

$$\frac{dQ}{dt} = AQ + BQ^2$$

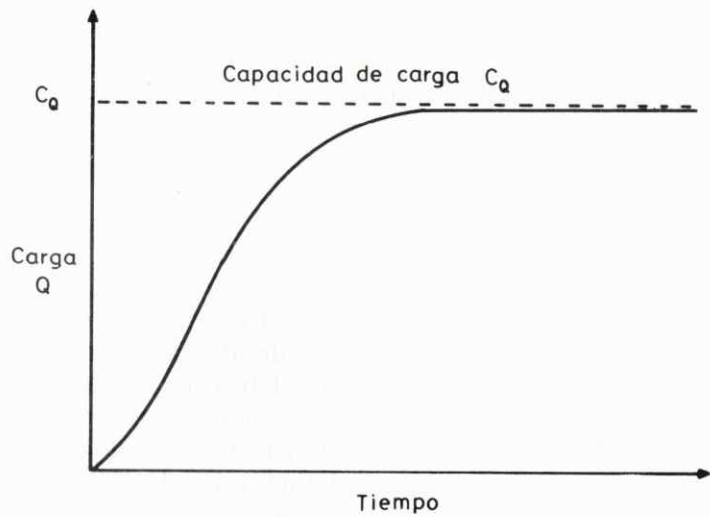


Figura 48. Caso especial de la función de carga ecosistémica (Armijo, Nava y Gastó, 1976).

representa la ecuación logística de crecimiento en un ambiente limitado por la capacidad máxima de carga C_Q contenida en las constantes.

Si se tiene un proceso continuo y cíclico que presenta el cambio del estado del ecosistema, se observa fundamentalmente un proceso de carga y otro de descarga (Figura 49).

La etapa de carga se puede separar en dos partes:

En el sector correspondiente a $t_0 - t_1 = \tau_1$, la acumulación de carga se debe al proceso de transformación de los componentes topológicos, es decir es la etapa de construcción del arreglo topológico diseñado. La etapa siguiente del período de carga corresponde al proceso de crecimiento del sistema, en el cual el cambio Q se origina principalmente en un incremento del valor de η (t). Se supone que un cambio de η , implica un cambio de σ (η), dado que no puede haber crecimiento si no existe un cambio topológico de la arquitectura.

En la etapa de descarga τ_D también existen dos partes, la primera τ_3 corresponde a la cosecha de η , lo que también implica un

cambio en el arreglo topológico. En la última parte, τ_4 , se verifica una desarticulación de los componentes topológicos, concluyendo en la etapa final donde Q alcanza su valor mínimo.

La capacidad de carga depende del arreglo topológico de cada unidad y entre unidades que constituyen el ecosistema y de la dimensión y número de estas unidades.

Puesto que el ecosistema debe almacenar energía, materia e información, algunas unidades son más adecuadas para almacenar cierto tipo de estímulos, conforme a su naturaleza. Los acumuladores

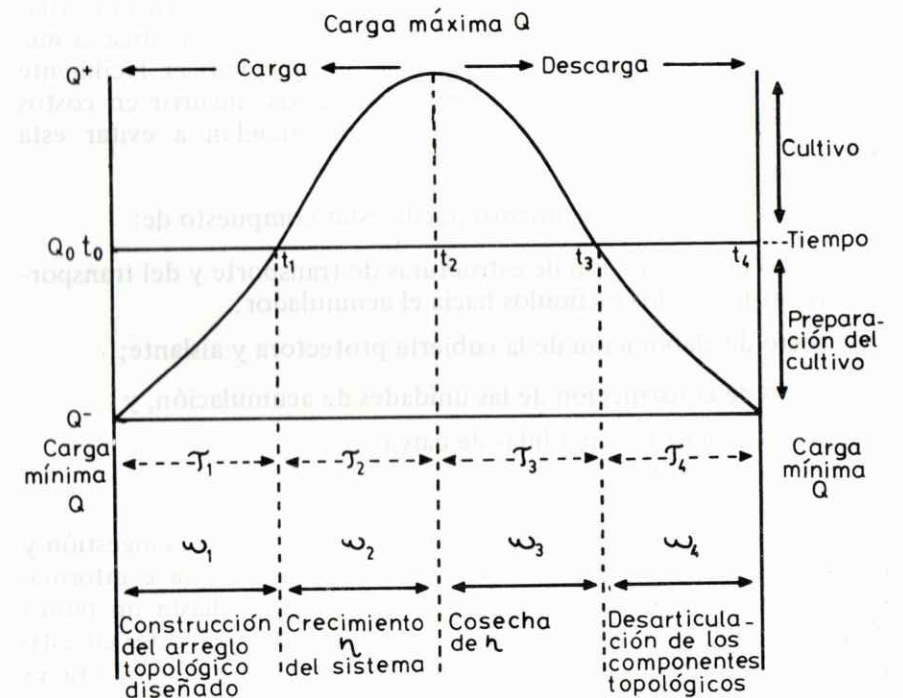


Figura 49. Ciclo conceptual de las etapas generales de carga y descarga del ecosistema (Armijo, Nava y Gastó, 1976).

ecosistémicos, en general presentan cierta eficiencia para mantener lo acumulado. Esta eficiencia depende de:

características topológicas propias de las unidades de acumulación, y

características propias del producto acumulado, y de la cubierta protectora o aislante del acumulador.

El diseño de acumuladores ecosistémicos significa organizar arreglos topológicos para tales propósitos; involucrando, por lo tanto, un costo de transformación, puesto que es necesario producir las unidades de acumulación y su cubierta protectora. Además, es necesario construir el sistema conductor de los productos transformados a las unidades de acumulación. Dado que la acumulación significa, a menudo, una concentración de estímulos que pueden ser fácilmente cosechados o descargados, es necesario, además, incurrir en costos para producir mecanismos defensivos que tiendan a evitar esta descarga.

El costo de almacenamiento puede estar compuesto de:

costo de elaboración de estructuras de transporte y del transporte mismo de los estímulos hacia el acumulador;

costo de elaboración de la cubierta protectora y aislante;

costo de construcción de las unidades de acumulación, y

costo debido a las pérdidas de carga.

El proceso de transformación que ocurre luego de la ingestión y asimilación, involucra el transporte de materia, energía e información, desde los lugares de ingestión y asimilación, hasta un punto donde los diversos estímulos se combinan, transformándose en estímulos con mayor o menor entropía. Para que este proceso ocurra, es necesario el proceso de transporte de estímulos. Los productores finales ya transformados por el ecosistema pueden ser cosechados o almacenados, en este último caso, deben ser conducidos a las unidades de acumulación.

Los procesos agrícolas de cultivos y ganadería corresponden generalmente, a actividades periódicas que se caracterizan por aumentar su carga, comportándose en esta forma como un acumulador, para

luego ser cosechada en un lapso relativamente breve, que correspondería a la descarga.

En resumen, si estos principios básicos se aplican al ecosistema *Atriplex repanda*, el proceso de carga corresponde a la adición de diversos tipos de estímulos en forma de energía, materia e información en una proporción determinada. La descarga corresponde a la respuesta del sistema y es dependiente del comportamiento. En un sistema de equilibrio, la magnitud de los vectores estímulo y respuesta es idéntica, pero con diversa proporción entre sus componentes.

Cambio de estado del individuo

Crecimiento individual (η_2)

La sucesión ordenada de cambios que se produce desde la estructura simple de un embrión a la compleja organización de una planta, se denomina desarrollo. Dentro de éste, se incluye el crecimiento, que corresponde a los cambios cuantitativos y la diferenciación que corresponde a los cambios cualitativos. Crecimiento y diferenciación son los procesos más importantes del desarrollo (Wareing y Phillips, 1970).

Crecimiento se ha definido como un cambio irreversible en la célula u órgano que incluye aumento en el número de células, producto de la división celular y aumento en el tamaño de éstas, producto de la elongación o expansión celular (Wareing y Phillips, 1970).

Los factores que determinan el crecimiento son variados e interactúan. Para algunos autores la planta es el producto de su genotipo y del medio de tal modo que, si bien es cierto que el molde genético está fijado por la planta, el medio influye el desarrollo e interactúa con el genotipo. De este modo el análisis de las curvas de crecimiento son útiles para comprender el molde o patrón general de crecimiento.

Existen varios tipos de crecimiento, para los cuales se han determinado sus respectivas fórmulas:

— **Crecimiento aritmético.** Es el tipo más simple de crecimiento, también se le denomina crecimiento lineal constante y se puede representar por:

$$L_t = L_0 + rt$$

donde: L_0 = Longitud al tiempo 0
 L_t = Longitud al tiempo t
 r = Tasa de crecimiento o aumento en longitud por unidad de tiempo (de L/d t)

Street y Opik (1970), representaron el crecimiento lineal constante para una raíz en elongación (Figura 50).

– **Crecimiento exponencial o logarítmico.** Lo más frecuente es que la tasa de crecimiento (r) no permanezca constante, esto se puede apreciar en la Figura 51.

La curva que corresponde a la Figura 51 se define por la ecuación:

$$A_t = A_0 Cr^t$$

donde: A_t = área de la hoja al tiempo t
 A_0 = área de la hoja al tiempo 0
 r = tasa de crecimiento.

La curva cuando se refiere al número de individuos (Figura 52), se describe por:

$$N = N_0 \cdot \frac{2^t}{g}$$

donde: N_0 = número de individuos al tiempo 0
 N = número de individuos al tiempo t
 t = tiempo
 g = tiempo entre dos divisiones = tiempo de una generación.

Este tipo de crecimiento implica una tasa de crecimiento (r) siempre constante y ocurre solamente bajo circunstancias, como por ejemplo el caso de una colonia de bacterias desarrollándose bajo condiciones ambientales y nutritivas constantes. Este fenómeno sólo ocurre en un período limitado de su desarrollo (Street y Opik, 1970; Wareing y Phillips, 1970).

Crecimiento sigmoideo. Según Wareing y Phillips (1970), es propio de colonias de microorganismos bajo condiciones normales

de ambiente y nutrición de plantas individuales consideradas como un todo, o de organismos individuales tales como hojas, internudos, etc.

Se distingue en esta curva cuatro fases (figuras 53 y 54):

Fase de aceleración positiva. En esta fase predominan los procesos de translocación, movilización y división celular. Son cambios internos preparatorios del crecimiento.

Fase logarítmica. Se le considera el período de crecimiento, en tasas r siempre crecientes.

Fase de aceleración negativa. En la cual la tasa de crecimiento disminuye gradualmente.

Fase o estado de equilibrio. En esta fase el organismo alcanza su madurez y el crecimiento se detiene.

Fase de senescencia. En la cual comienza la destrucción del organismo.

Con el objeto de cuantificar el crecimiento Street y Opik (1970) han propuesto algunas variables, tales como: peso fresco y peso seco, longitud, área, volumen, número de células, etc.

Para Wareing y Phillips (1970) el peso seco, no siendo lo mejor es lo más apropiado, dado que refleja la cantidad de nuevo material sintetizado. No obstante, la planta puede aumentar en peso seco por acumulación de material de reserva a pesar de no estar creciendo y una semilla en germinación puede perder peso seco al utilizar sus reservas en respiración y, sin embargo, está creciendo.

Durante mucho tiempo se ha intentado establecer un medio de evaluar cuantitativamente el crecimiento. Evans (1972) hizo una recopilación de antecedentes en los cuales señala que ya en 1919 se asoció el crecimiento con la ley de interés compuesto, es decir un capital al cual le sumaba un interés continuamente y se expresó como:

$$W_2 = W_1 CR^{(t_2 - t_1)}$$

donde W_1 y W_2 son los pesos secos a los tiempos t_1 y t_2 , respectivamente, y R una constante.

El autor establece que la tasa de interés (R) es una constante fisiológica de importancia, porque representa la eficiencia de la planta como productor de nuevo material y lo llamó "índice de eficiencia de la producción de peso seco".

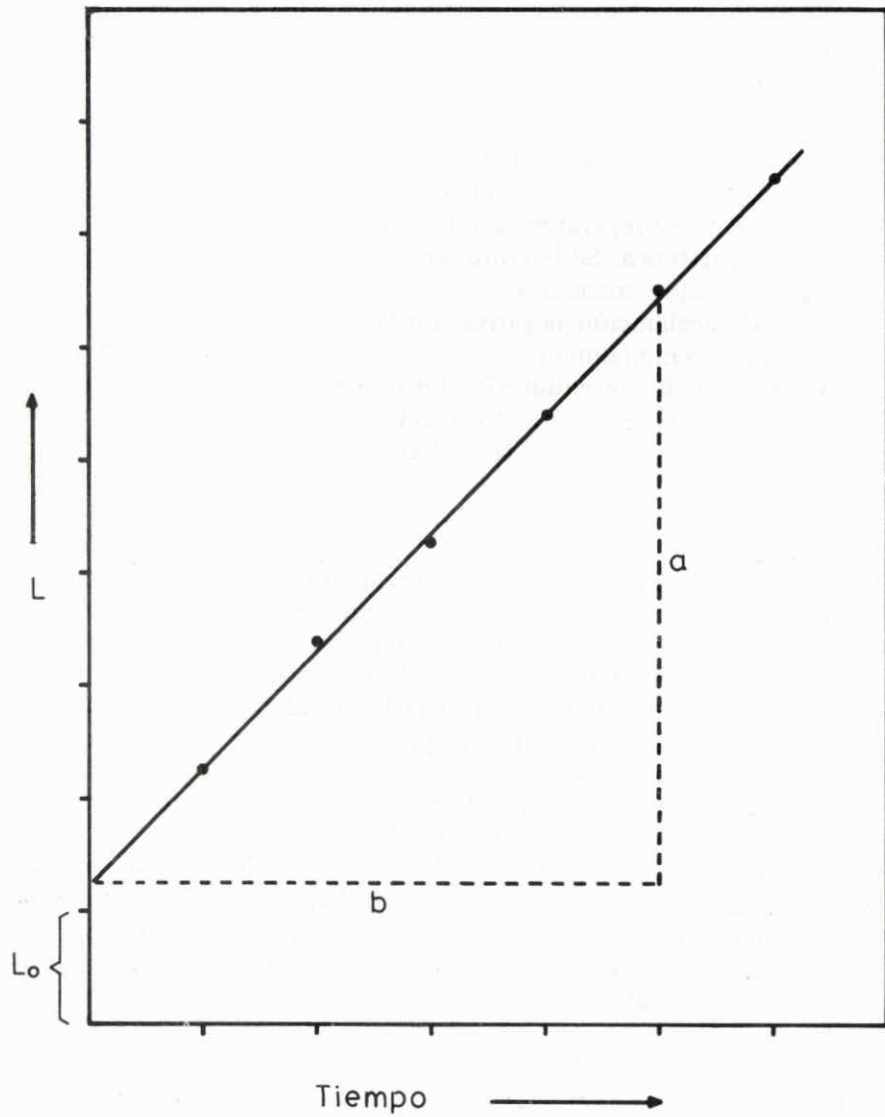


Figura 50 Diagrama del crecimiento lineal constante de una raíz en elongación. L . longitud total (Street y Opik, 1970).

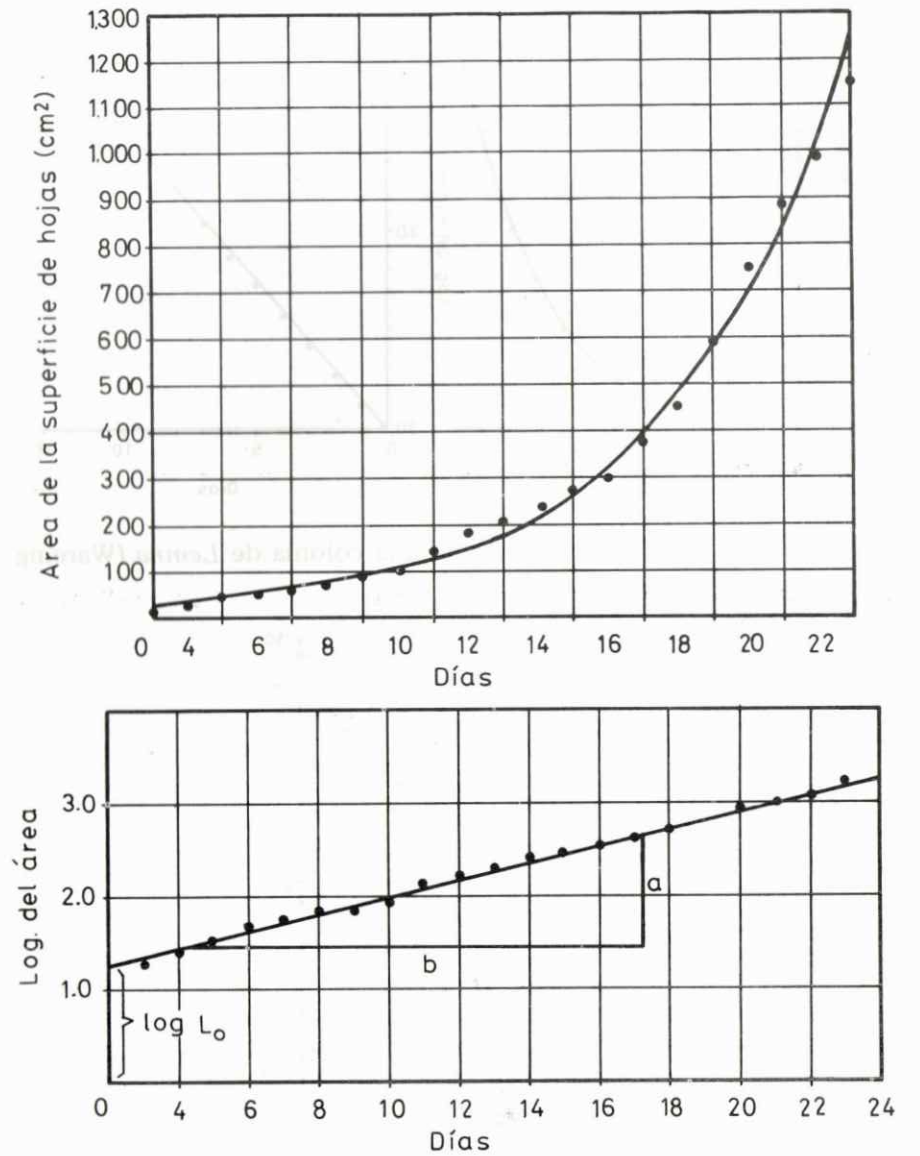


Figura 51 Crecimiento exponencial constante en el área de una hoja de *Cucumis sativus* (Street y Opik, 1970).

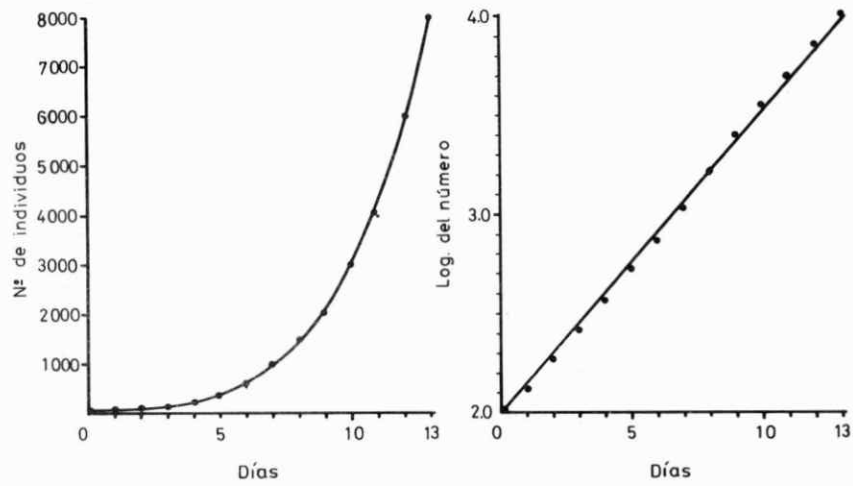


Figura 52 Curva de crecimiento de una colonia de *Lemna* (Wareing y Phillips, 1970).

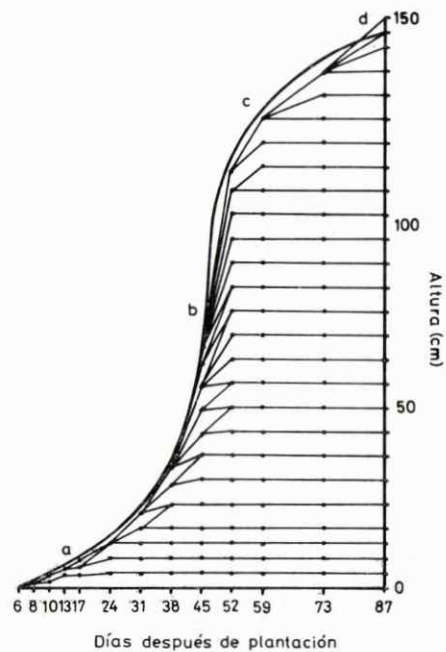


Figura 53 Elongación de los internodos en maíz desde la emergencia a la madurez (Whaley, 1961).

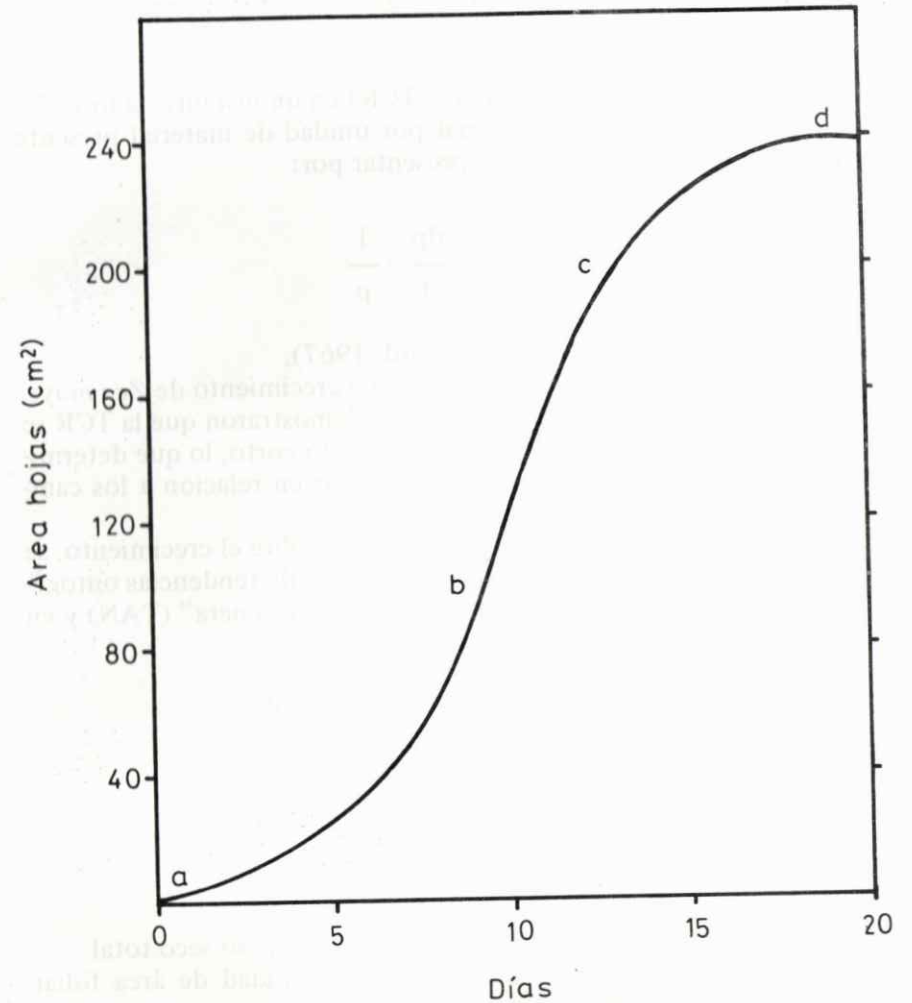


Figura 54 Crecimiento del área de una hoja de pepino (Whaley, 1961).

Posteriormente cuando se analizó datos de crecimiento, se comprobó que R no correspondía a una constante y fue reemplazado por el término "tasa de crecimiento relativo" (Evans, 1972; Radford, 1967).

La tasa de crecimiento relativo (TCR) en un instante dado se define como el aumento de material por unidad de material presente por unidad de tiempo y se puede presentar por:

$$TCR = \frac{dp}{dt} \cdot \frac{1}{p}$$

donde p es el peso del material (Radford, 1967).

Observaciones realizadas en el ciclo de crecimiento de *Zea mays*, *Helianthus annuus* y *Gossypium arboreum* demostraron que la TCR se manifiesta como constante sólo en un período corto, lo que determina que esta variable sea difícil de cuantificar en relación a los cambios ambientales (Evans, 1972).

En los estudios de los efectos del medio sobre el crecimiento, se buscó algún aspecto de éste relativamente libre de tendencias ontogénicas. Se desglosó la TCR en "tasa de asimilación neta" (TAN) y en "tasa de área foliar" (TAF):

$$TCR = \underbrace{\frac{dp}{dt} \cdot \frac{1}{A_H}}_{TAN} \cdot \underbrace{\frac{A_H}{p}}_{TAF}$$

donde: A_H = área de hoja
 p = peso total
 TAF = la razón entre área foliar y el peso seco total
 TAN = aumento de material por unidad de área foliar por unidad de tiempo.

La tasa de área foliar es un índice morfológico y la tasa de asimilación neta un índice fisiológico, ambos relacionados estrechamente con la actividad fotosintética de la hoja.

Tanto TAF como TAN, tienen características propias de tendencia ontogénica y cada una es influida en distinto grado por factores internos y del medio.

Si se observan las figuras 55 y 56, que representan estudios hechos en *Zea mays* y *Helianthus annuus*, se puede apreciar que cada uno de estos índices tienen su propia tendencia ontogénica. En el primer caso, se produjo un lento desarrollo de la capacidad de fotosíntesis de las hojas jóvenes dando valores de TAN y TCR bajos, luego, entre la cuarta y sexta semana, estos valores aumentan rápidamente, determinando una tasa de crecimiento relativo alto.

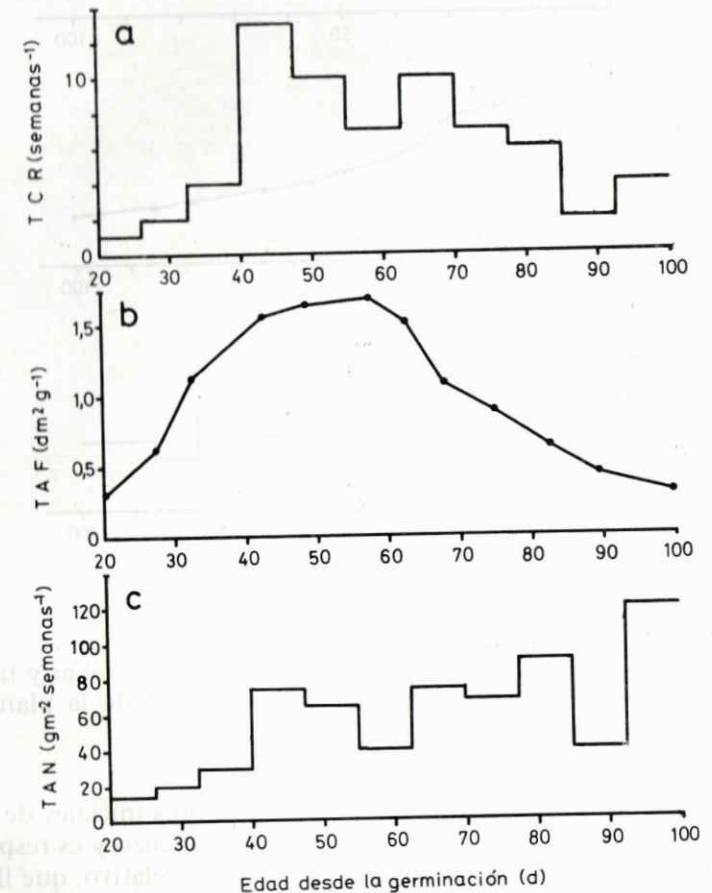


Figura 55 Tasa de crecimiento relativo, tasa de área foliar y tasa de asimilación neta, en relación a la edad de la planta de *Zea mays* (Evans, 1972).

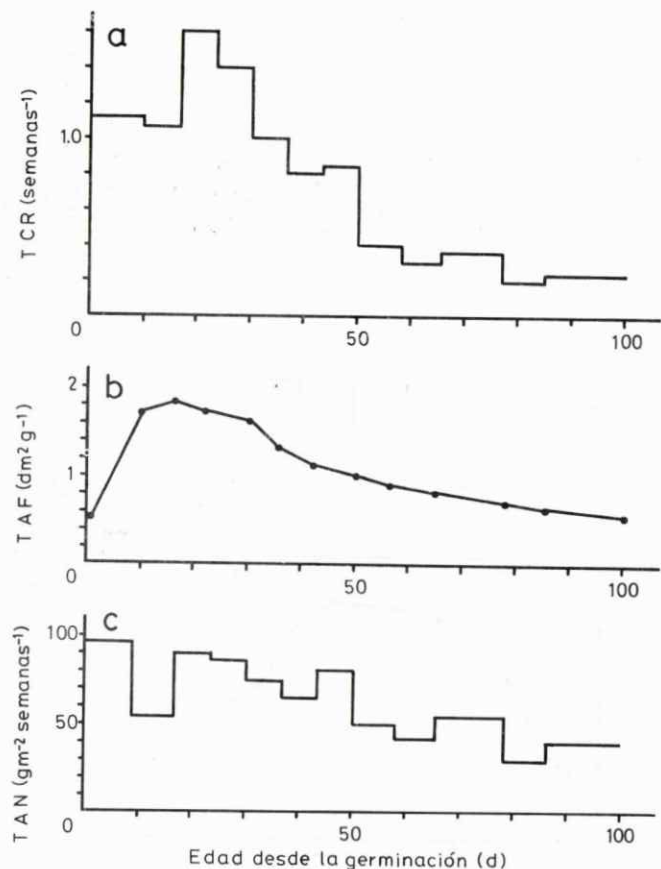


Figura 56 Tasa de crecimiento relativo, tasa de área foliar y tasa de asimilación neta en relación a la edad de la planta de *Helianthus annuus* (Evans, 1972).

En *Helianthus annuus*, sin embargo, los valores iniciales de TAN son elevados y en cambio la TAF es bajo al comienzo y es responsable del bajo valor inicial de la tasa de crecimiento relativo, que llega a un máximo en la segunda semana para luego disminuir rápidamente. A pesar que la forma de las curvas de tendencia son diferentes en las dos especies, cuando las plantas están adultas y la tasa de crecimiento absoluta es elevada, la tasa de área foliar hace la mayor contribución al descenso del valor de tasa de crecimiento relativo.

Bajo condiciones favorables de crecimiento la tasa de aumento de peso seco está principalmente determinada por la asimilación de CO_2 ; y en la mayoría de las plantas superiores esto está relacionado con la actividad de las hojas. En una planta en estado de floración, es razonable que entre el período de la completa madurez de las hojas y el comienzo de la senescencia, existe un período donde no hay cambios marcados en el proceso fotosintético. También en la mitad del período de crecimiento de una planta, cuando está produciendo continuamente hojas nuevas y la proporción hojas jóvenes, medianas y viejas no varían rápidamente, se puede esperar una tendencia poco variable en la tasa fotosintética.

Si se considera la tasa de área foliar, se aprecia que en cualquier momento un mecanismo interno puede determinar que proporción de los nuevos asimilados son trasladados a los puntos de desarrollo de nuevas hojas.

Una vez que éstos están en la hoja joven, el área que está desarrollada en relación a la materia seca, está determinada por otros mecanismos que controlan la expansión foliar. Por esta razón la TAF se ha subdividido en dos términos:

$$TAF = \frac{A_H}{P_H} \cdot \frac{P_H}{P}$$

$$\underline{AFE} \quad \underline{TPF}$$

- donde:
- A_H = área hoja
 - P_H = peso hoja
 - P = peso total de la planta
 - AFE = área foliar específica, corresponde al área foliar por unidad de peso foliar
 - TPF = tasa peso foliar, corresponde al peso foliar que hay por unidad de peso total de la planta.

De esta manera se puede establecer que las diferencias en la tasa de área foliar son atribuibles a:

- la diferente distribución de los productos sintetizados, o
- las diferencias en grosor de la hoja.

El estudio del sistema fotosintético tiene importancia dado que el crecimiento de una planta está determinado por la velocidad de

desarrollo y éste, a su vez, depende de la actividad fotosintética y de la cantidad de nuevos productos asimilados que son devueltos al sistema.

La influencia de la distribución de materia en el desarrollo del sistema fotosintetizador fue estudiada por Monsi y Murata (1972), quienes determinaron que la producción neta (P_n) de una planta aislada o comunidad de plantas, medida por aumento de biomasa, está representada por:

$$P_n = P S_{x+1} - P S_x$$

donde: $P S_{x+1}$ = peso seco al tiempo $x + 1$
 $P S_x$ = peso seco al tiempo x

La producción neta es la suma de los incrementos de materia seca de todos los órganos y de productos almacenados:

$$P_n = \Delta H + \Delta R + \Delta M + \Delta T$$

donde: ΔH = incremento de fitomasa foliar (sistema fotosintetizador).
 ΔR = incremento de raíces
 ΔM = incremento de productos almacenados en gramos, tubérculos, rizomas, etc.
 ΔT = incremento de fitomasa de los tallos (incluye vaina, hoja y pecíolo).

La producción bruta (P_b), de una planta aislada o comunidad, es el producto de la tasa media de fotosíntesis por unidad de hoja (P) por cantidad de hojas (H).

Como las hojas tienen prioridad en el consumo de lo fotosintetizado, la producción exportable o excedente (P_s), equivale a P_b menos lo gastado en respiración por las hojas ($R_{mH} \cdot H$):

$$P_s = P_b - R_{mH} \cdot H$$

donde: R_{mH} = la respiración media de mantención por unidad de hojas.

Parte de esta P_s debe ser utilizado en respiración por los tallos y raíces para su mantenimiento. Por lo tanto, lo asimilado que puede ser usado para la formación de nuevas hojas, tallos, raíces y productos almacenados se reduce a:

$$aP_n = P_s - (R_{mT} + R_{mr}R)$$

donde: aP_n = cantidad de asimilados usados para crecimiento (construcción de nuevas hojas, tallos, raíces y almacenaje)

R_{mT} y R_{mr} = respiración media de mantención por unidad de tallos y raíces respectivamente

T y R = cantidad de tallos y raíces respectivamente. Los productos asimilados (aH) asignados para nuevas hojas (nH), son usados para respiración constructiva.

$$aH = R_{nH}nH$$

donde: R_{nH} = respiración constructiva por unidad de nuevas hojas.

La producción neta es la suma total de nuevos tejidos formados por cada órgano y materia almacenada.

$$P_n = nH + nT + nM$$

Es decir la P_n es igual a la P_b , menos la suma total de respiración para mantenimiento y conservación.

La distribución de biomasa en hojas, tallos, raíces y material almacenado, puede expresarse por factores de distribución:

$$d_n = \frac{nH}{P_n}; d_t = \frac{nT}{P_n}; d_r = \frac{nR}{P_n}; d_m = \frac{dM}{P_n}$$

La razón de P_n , aP_n para los distintos órganos, se denomina factor de transformación o tasa económica

(K_n, K_t, K_r, K_m)

La producción de aP_n es destinado para almacenamiento o para los distintos órganos, de modo que:

$$aP_n = aH + aT + aR + aM$$

La distribución de estos asimilados es gobernado por factores de asignación (a_h, a_t, a_r, a_m), cuyas proporciones para los distintos órganos son diferentes:

$$a_h = \frac{aH}{aP_n}; \quad a_t = \frac{aT}{aP_n}; \quad a_r = \frac{aR}{aP_n}; \quad a_m = \frac{aM}{aP_n}$$

La cantidad de nuevos órganos se puede expresar tomando como ejemplo el caso de nuevas hojas:

$$nH = P_n d_n = \underbrace{\left[\underbrace{(pH - R_m H)}_{P_B} - R_m T + R_m R \right]}_{P_S} a_h R_h$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{aP_n}$

Los medios desarrollados para evaluar crecimiento individual han servido en mayor o menor grado para conocer la compleja organización de las plantas, y hacer comparaciones de crecimiento entre ellas. No obstante en la producción vegetal, no se trabaja con individuos aislados, sino con poblaciones que conforman un cultivo.

De los cambios que ocurren en la productividad primaria hay que distinguir los que se deben a alteraciones en la eficiencia fotosintetizadora, expresada en la tasa de fotosíntesis o tasa de asimilación neta, de aquellos debido a alteraciones en el tamaño del sistema fotosintetizador medido a través del índice de área foliar.

La tasa de asimilación neta expresa la cantidad de materia seca producida por área foliar en un tiempo determinado.

$$TAN = \frac{dp}{dt} \cdot \frac{1}{AH}$$

Su valor depende principalmente de la cantidad de CO_2 y luz del medio, estos últimos están estrechamente relacionados con la actividad fotosintetizadora.

El índice de área foliar es la proporción entre la superficie foliar de una planta y la superficie de suelo ocupada por ésta.

$$IAF = \frac{AH}{AS}$$

En fitosenosis donde la productividad se orienta hacia la producción de follaje, se puede alcanzar valores de IAF que llegan a ser contraproducentes.

La tasa de crecimiento o producción neta de materia seca por unidad de suelo se puede expresar por: $C = TAN \cdot IAF$.

El índice de área foliar óptimo es aquel que intercepta el 95 % de luz, cuando se eleva sobre este valor, la productividad disminuye dado que una parte del material fotosintetizador disminuye su eficiencia por falta de luz y puede transformarse, gradualmente, en tejido parasitario, dado que, además de no realizar fotosíntesis sigue respirando y el valor C disminuye.

La uniformidad de la distribución luminosa a través de un bisecto vegetacional está dado por el ángulo foliar en relación a la fuente de luz. Follajes dispuestos horizontalmente interceptan el 95 % de la luz incidente, con IAF inferiores que follajes dispuestos en forma angular o vertical con respecto al sol. Esto determina que C máximo se logra con diferentes valores de IAF.

Monsi y Saeki (1953) y Brown y Blaser (1968) describieron la relación entre IAF y penetración de luz.

$$\frac{I}{I_0} = -R IAF$$

donde: I = fracción de luz que penetra en un bisecto vegetacional

R = coeficiente de extinción o pendiente de la curva.

Cosecha parcial de individuos

Como ya se ha establecido, el cambio de estado del ecosistema es un proceso continuo y cíclico que consta de una etapa de carga y otra de descarga.

En la etapa de carga primeramente se produce acumulación de carga correspondiente a la construcción del arreglo topológico y luego un período de carga correspondiente al proceso de crecimiento propiamente tal, en el cual el cambio de carga ΔQ se origina principalmente en un incremento del número y tamaño de los componentes (Erikson, 1976; Williams, 1964; Brown y Blaser, 1968).

En el período de descarga primero se produce una etapa de cosecha que va acompañada de un cambio en el arreglo topológico de los elementos, simultáneamente con disminución de su número y tamaño. Luego viene otra etapa en que predomina el cambio del arreglo topológico, terminando cuando la carga es mínima.

La cosecha de forraje por el ganado que utiliza una pradera es sólo un caso de descarga ecosistémica (Cañas y Gastó, 1974; Rozas *et al*; 1978). El conocimiento previo de las tasas de cosecha de forraje por el ganado y de su costo ecológico de cosecha, permite predecir el cambio de peso del animal, lo cual posibilita el cálculo de la productividad secundaria de la pradera.

Olivares y Gastó (1979) analizaron la cosecha de la pradera mediterránea del Centro de Chile en su estado maduro y proponen una ecuación general de descarga. Posteriormente, se analizó la cosecha de esta misma pradera a través de toda la estación de crecimiento (González, 1979). En cada etapa del desarrollo fenológico se analizó la descarga de la pradera y se determinó una ecuación general de descarga y otra de flujo, aplicables a la cosecha de la pradera por herbívoros.

Con la experiencia adquirida Gastó y Olivares (1980) plantearon un estudio para analizar la descarga de la arquitectura de *Atriplex repanda* al ser cosechada por ovinos, en la Estación Experimental Agronómica Campos Rinconada.

Por tratarse de un arbusto cuya forma corresponde aproximadamente a la de una semiesfera formada por un tronco central que se ramifica radialmente desde la base en todas direcciones, se eligió una metodología compatible con su forma. La distancia desde el centro de la planta fue medida para cada rama, las cuales fueron trozadas en segmentos de 0,10 m formando horizontes concéntricos.

El matorral fue evaluado tanto en su fitomasa en pie como en sus componentes, en función de la intensidad de utilización.

Finalmente, los valores calculados por planta individual fueron transformados en poblacionales. Dado que la densidad de plantación era de 400 ejemplares por hectárea, el peso individual se multiplicó por la densidad para obtener valores por unidad de superficie. Las correlaciones de acuerdo a las variaciones de densidad pueden ajustarse según las funciones propuestas por Gastó y Caviedes (1976) y Zúñiga (1973).

Los resultados de las mediciones de descarga total del arbusto indican que la cosecha de la fitomasa por ovinos se ajusta a una función exponencial (Figura 57). Partiendo de una disponibilidad inicial de 4.295 kg de materia seca por ha, con una intensidad de cosecha equivalente a 147 ton-hora/ha, la fitomasa total ofrecida se reduce a 3.320 kg/ha. La descarga de la fitomasa en pie continúa ajustándose a una función exponencial y tiende a hacerse asintótica con un valor de 2.608 kg/ha cuando la intensidad (v) es de 980 ton-hora/ha (Cuadro 20).

Los componentes de la fitomasa se descargan en tasas diferentes de acuerdo a las características del tejido y a su ubicación en la planta. Los tallos, dada su menor palatabilidad, se descargan inicialmente en tasas menores que los demás componentes. El valor de la asíntota inferior que indica la cantidad de fitomasa rechazada es muy elevado, alcanzando aproximadamente a 2.472 kg/ha. La fitomasa de tallos ofrecida era de 2.816 kg/ha; por lo tanto, el consumo total alcanzó a sólo 344 kg/ha, lo cual equivale a 12,2 % de la fitomasa original de este tejido.

Los frutos fueron consumidos en mayor tasa que cualquiera de los otros componentes de la planta. La disponibilidad inicial de 788 kg/ha se redujo con una intensidad de cosecha de 147 ton-hora/ha a 346 kg/ha. Con intensidades de cosecha superiores, se redujo a 66 kg/ha con 490 ton-hora/ha y sólo a 1 kg/ha con 1.470 ton-hora/ha.

La reducción de la fitomasa foliar al inicio de la actividad de cosecha fue proporcionalmente menor que la de los frutos. El valor final de follaje corresponde a un remanente no utilizable por el ganado (C) equivalente a 46 kg/ha. Este remanente es consecuencia de su baja densidad calórica debido a su distribución en la planta.

La proporción de los componentes remanentes en función de la intensidad de utilización (v) se presenta en la Figura 58. La proporción de tallos se eleva aproximándose a una función de incrementos decrecientes; en cambio, la proporción de frutos se reduce ajustándose a una función exponencial de descarga. En el caso de las hojas ocurre algo similar, con la diferencia que sus tasas de descarga son meno-

res debido a una distribución más uniforme en la planta, con la cual se incrementa el costo de cosecha (Cañas y Gastó, 1974).

El modelo general de descarga de la fitomasa por el herbívoro corresponde a la ecuación:

$$Q = (Q_0 - C) e^{-kv} + C$$

donde: Q = cantidad de carga presente expresada en kg/ha de materia seca

Q₀ = valor de la carga máxima al instante de iniciar la descarga

C = carga remanente que no puede ser cosechada por el animal

k = la tasa intrínseca de descarga

v = intensidad de pastoreo expresada en toneladas-hora/ha.

Dado un sistema y un tiempo determinado, se considera Q₀, C y k constantes.

La descarga de la pradera por el herbívoro para un valor de v dado es igual a Q₀ - Q y la tasa de descarga a:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta v} = (Q_0 - C) - k e^{-kv}$$

Se considera que las variaciones en la carga se deben a la cosecha, la que es proporcional a la cantidad de carga presente Q, menos la cantidad no cosechable C; siendo además proporcional a la tasa intrínseca de descarga k.

La forma típica de la planta se caracteriza por presentar una distribución espacial de su fitomasa equivalente aproximadamente a una semiesfera. En los horizontes periféricos predominan los frutos que maduran tardíamente en la temporada una vez que los tallos del año se han desarrollado y la estructura foliar ya se encuentra funcionando (Figura 19). Las hojas presentan una distribución similar, aunque con una tendencia definida a presentar su máximo más al interior. Los tallos corresponden al tejido de sostén y vascular de la planta, aumentan a medida que se acercan a la base de la planta ya que deben soportar una masa mayor.

Cuadro 20. Fitomasa en pie remanente por estrata y acumulada de los componentes de *Atriplex repanda* de acuerdo a la intensidad de cosecha en toneladas-horas/ha (v) de la planta por ovinos (Gastó y Olivares, 1980).

| Estrata distancia desde el centro | Hojas | | | | | Frutos | | | | | Tallos | | | | | |
|--|-------|-----|-----|-----|------|--------|-----|-----|-----|------|--------|-------|-------|--------|--------|--|
| | 0 | 147 | 490 | 980 | 1470 | 0 | 147 | 490 | 980 | 1470 | 0 | 147 | 490 | 980 | 1470 | |
| 0-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | |
| 10-20 | 4 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 377 | 377 | 377 | 377 | 377 | |
| 20-30 | 18 | 9 | 7 | 5 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 333 | 333 | 333 | 333 | 333 | |
| 30-40 | 42 | 25 | 16 | 12 | 6 | 7 | 3 | 1 | 0 | 0 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | |
| 40-50 | 50 | 30 | 22 | 17 | 8 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | |
| 50-60 | 90 | 55 | 37 | 23 | 7 | 42 | 14 | 7 | 0 | 0 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | |
| 60-70 | 153 | 93 | 47 | 30 | 11 | 136 | 52 | 13 | 1 | 0 | 334 | 214 | 181 | (200)* | (225)* | |
| 70-80 | 182 | 108 | 42 | 20 | 12 | 258 | 118 | 35 | 4 | 1 | 223 | 124 | 113 | (96)* | (72)* | |
| 80-90 | 128 | 84 | 15 | 7 | 0 | 252 | 128 | 8 | 5 | 0 | 70 | 34 | 33 | (10)* | 0 | |
| 90-100 | 34 | 16 | 2 | 0 | 0 | 76 | 28 | 1 | 0 | 0 | 14 | 5 | 4 | 2 | 0 | |
| ----- kg/ha ----- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fitomasa en pie de cada estrata | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | 701 | 422 | 190 | 115 | 46 | 778 | 346 | 66 | 10 | 1 | 2.816 | 2.552 | 2.506 | 2.483 | 2.472 | |
| 10-20 | 701 | 422 | 190 | 115 | 46 | 778 | 346 | 66 | 10 | 1 | 2.376 | 2.112 | 2.066 | 2.043 | 2.032 | |
| 20-30 | 697 | 420 | 188 | 114 | 46 | 778 | 346 | 66 | 10 | 1 | 1.999 | 1.735 | 1.689 | 1.666 | 1.655 | |
| 30-40 | 679 | 411 | 181 | 109 | 44 | 776 | 345 | 66 | 10 | 1 | 1.666 | 1.402 | 1.356 | 1.333 | 1.322 | |
| 40-50 | 637 | 386 | 165 | 97 | 38 | 769 | 342 | 65 | 10 | 1 | 1.330 | 1.066 | 1.020 | 997 | 986 | |
| 50-60 | 587 | 356 | 143 | 80 | 30 | 764 | 340 | 64 | 10 | 1 | 981 | 717 | 671 | 648 | 637 | |
| 60-70 | 497 | 301 | 106 | 57 | 23 | 722 | 326 | 57 | 10 | 1 | 641 | 377 | 331 | 308 | 297 | |
| 70-80 | 344 | 208 | 59 | 27 | 12 | 586 | 274 | 44 | 9 | 1 | 307 | 163 | 150 | 108 | 72 | |
| 80-90 | 162 | 100 | 17 | 7 | 0 | 328 | 156 | 9 | 5 | 0 | 84 | 39 | 37 | 12 | 0 | |
| 90-100 | 34 | 16 | 2 | 0 | 0 | 76 | 28 | 1 | 0 | 0 | 14 | 5 | 4 | 2 | 0 | |
| Fitomasa en pie acumuladas de las estratas | | | | | | | | | | | | | | | | |

* Valores estimados ajustados a la tendencia general.

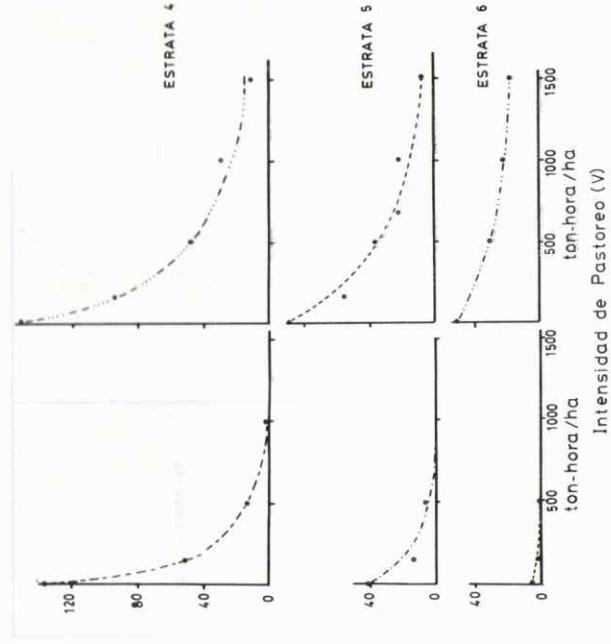
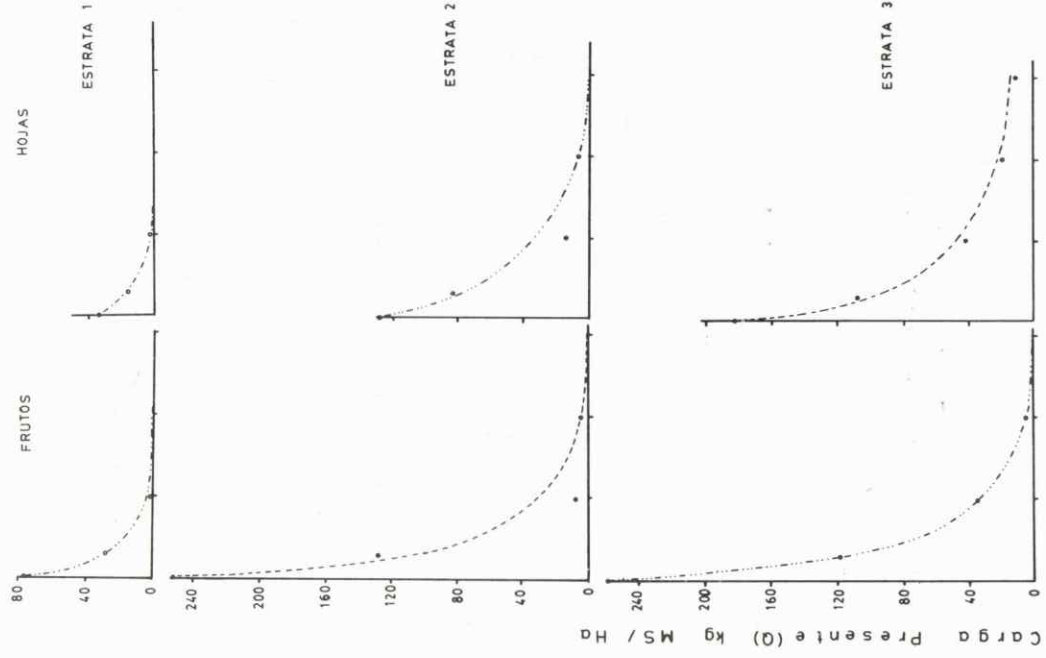


Figura 57 Fitomasa en pie remanente de los componentes de la productividad y del total de las plantas a intensidades variables de utilización por ovinos expresado en toneladas-hora/ha (Gastó y Olivares, 1980).

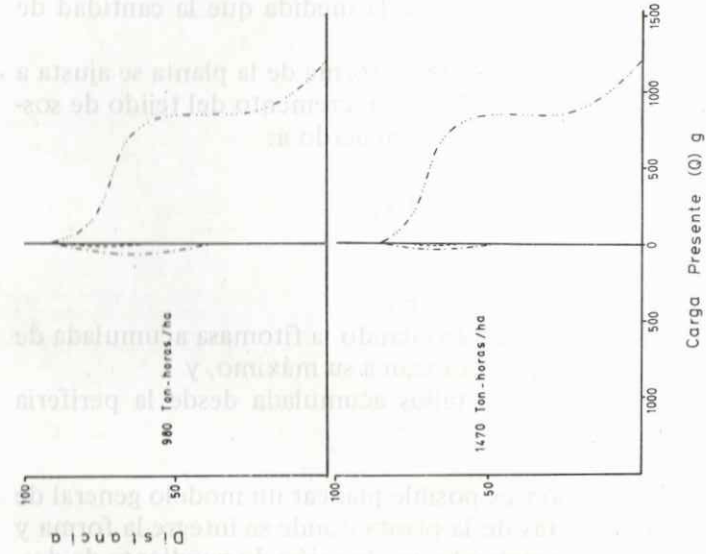
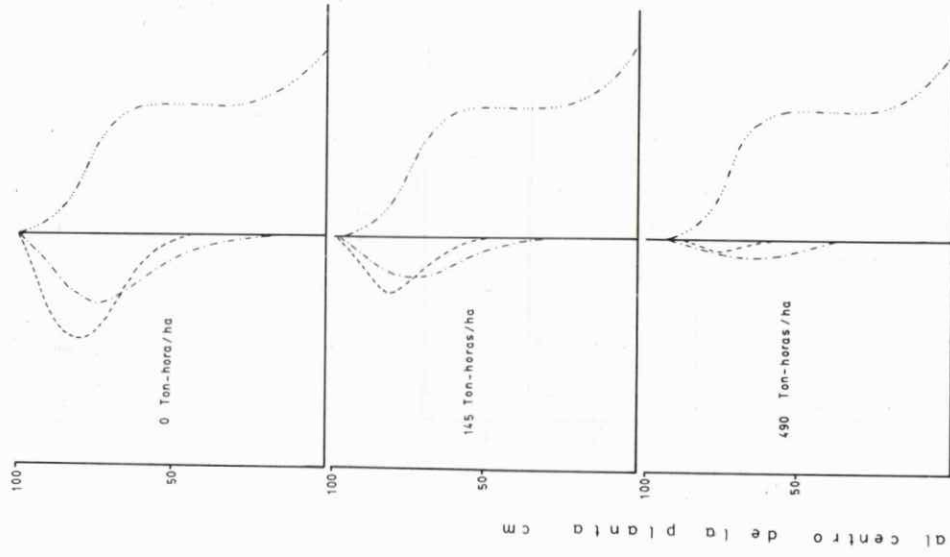


Figura 58 Porcentaje de los componentes remanentes de la planta de acuerdo a la intensidad de utilización (Gastó y Olivares, 1980).

Si se observa la Figura 58, se aprecia que en intensidades bajas de utilización, la mayor descarga ocurre en los frutos y follaje presentes en los horizontes exteriores de la planta. A medida que la intensidad de utilización aumenta, la tasa de reducción de la fitomasa remanente de estos dos componentes disminuye en toda la planta, aunque en tasas mayores que en aquellos horizontes en que su densidad es también mayor.

La descarga de los tallos se ajusta a un proceso diferente. El ganado consume solamente las ramificaciones más tiernas, la mayor parte de las cuales se encuentra ubicada en la periferia de la planta.

Debido a la baja palatabilidad, contenido energético y digestibilidad, los tallos son poco consumidos por el ganado. Por esta razón, a medida que aumenta la intensidad de utilización, el cambio de la fitomasa de tallos es inferior a la de frutos y follaje. En términos relativos, el porcentaje de tallos se eleva en la medida que la cantidad de hojas y frutos disminuye (Figura 58).

Según Gastó y Olivares (1979), la forma de la planta se ajusta a una función que describe la relación del incremento del tejido de sostén en relación al foliar y de frutos, de acuerdo a:

$$y = A(1 - e^{-bx})$$

donde: b = es la pendiente de la curva

A = el valor de la asíntota cuando la fitomasa acumulada de hojas o de frutos alcanzan a su máximo, y

x = es la fitomasa de tallos acumulada desde la periferia (Figura 20).

Basado en esta función es posible planear un modelo general de descarga de las arquitecturas de la planta donde se integre la forma y la intensidad de descarga generando una función de pendiente de descarga de la arquitectura y otra función de asíntota de la arquitectura (Figura 59).

El flujo de forraje (J^p) puede representarse por la ecuación (González, 1979):

$$J^p = K' \frac{Q - C}{L}$$

Dada la complejidad de la relación conductividad-distancia, el flujo se puede plantear, como (González, 1979):

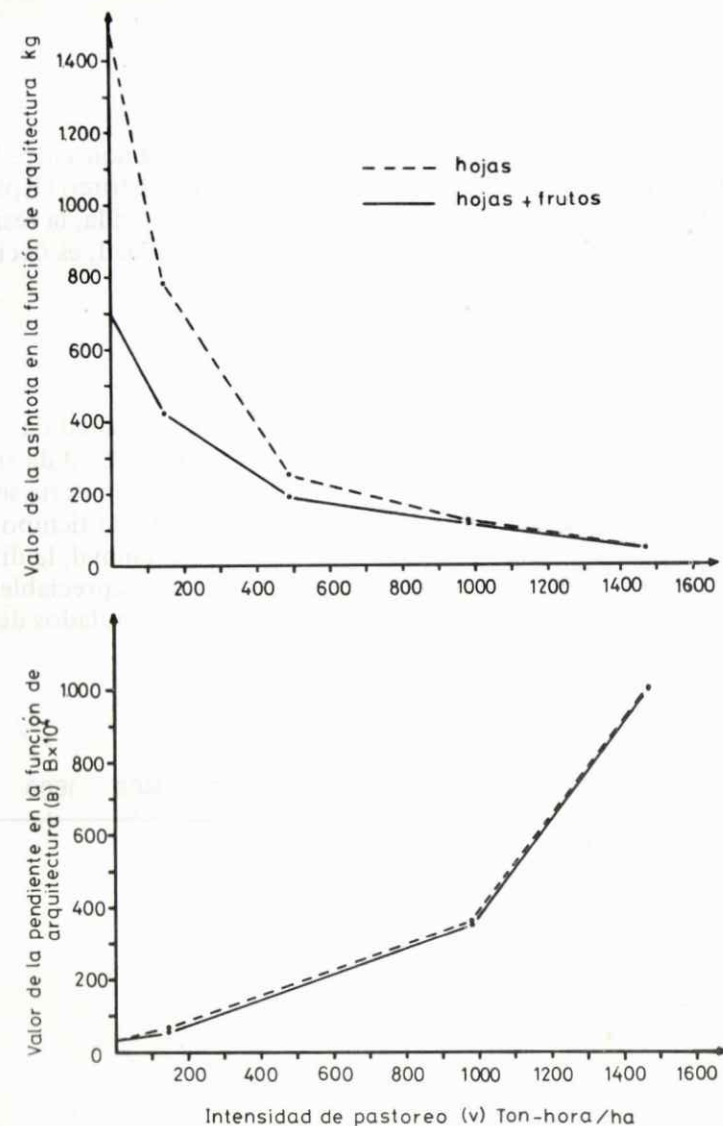


Figura 59 Relación general entre la intensidad de utilización del arbusto (v) y el valor de la pendiente de arquitectura (b) (gráfico superior) y la asíntota de arquitectura (A) (gráfico inferior) (Gastó y Olivares, 1980).

$$J'p = \frac{Q - C}{Rp}$$

El flujo de forraje está determinado por la relación entre la diferencia de potenciales ($Q - C$) y la resistencia al pastoreo (Rp). Como el área sometida a pastoreo es de magnitud conocida, la resistencia representa la relación entre distancia y conductividad, es decir:

$$L \sim /K' \text{ (González 1979)}$$

El flujo de forraje del arbusto ($J'p$) disminuye a medida que la intensidad de pastoreo se incrementa (Figura 60). A medida que el forraje remanente se reduce, la densidad calórica de la materia seca es menor, por lo cual el alimento cosechado por unidad de tiempo también es menor. Conocido el flujo de forraje hacia el animal, la dificultad de predecir la productividad secundaria se reduce apreciablemente. Con esta información es posible aplicar modelos simulados de producción del tipo propuesto por Ortúzar (1979).

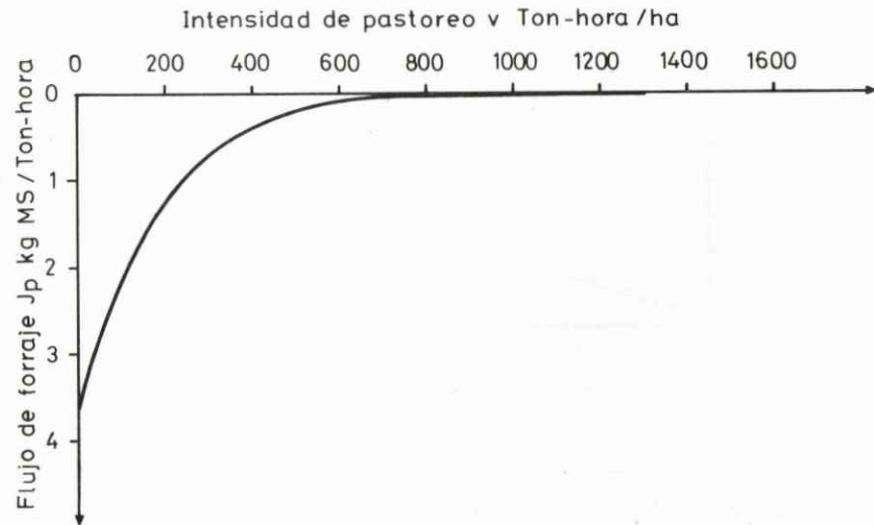


Figura 60. Relación entre flujo de forraje ($J'p$) e intensidad de pastoreo (v) (Gastó y Olivares, 1980).

En la Figura 61 se presenta un esquema general de predicción en el que se combina el flujo de forraje al herbívoro con la estratificación de la fitomasa en pie del arbusto, integrando en una superficie única de respuesta, la arquitectura de la planta, intensidad de pastoreo y el flujo de materia seca hacia el animal.

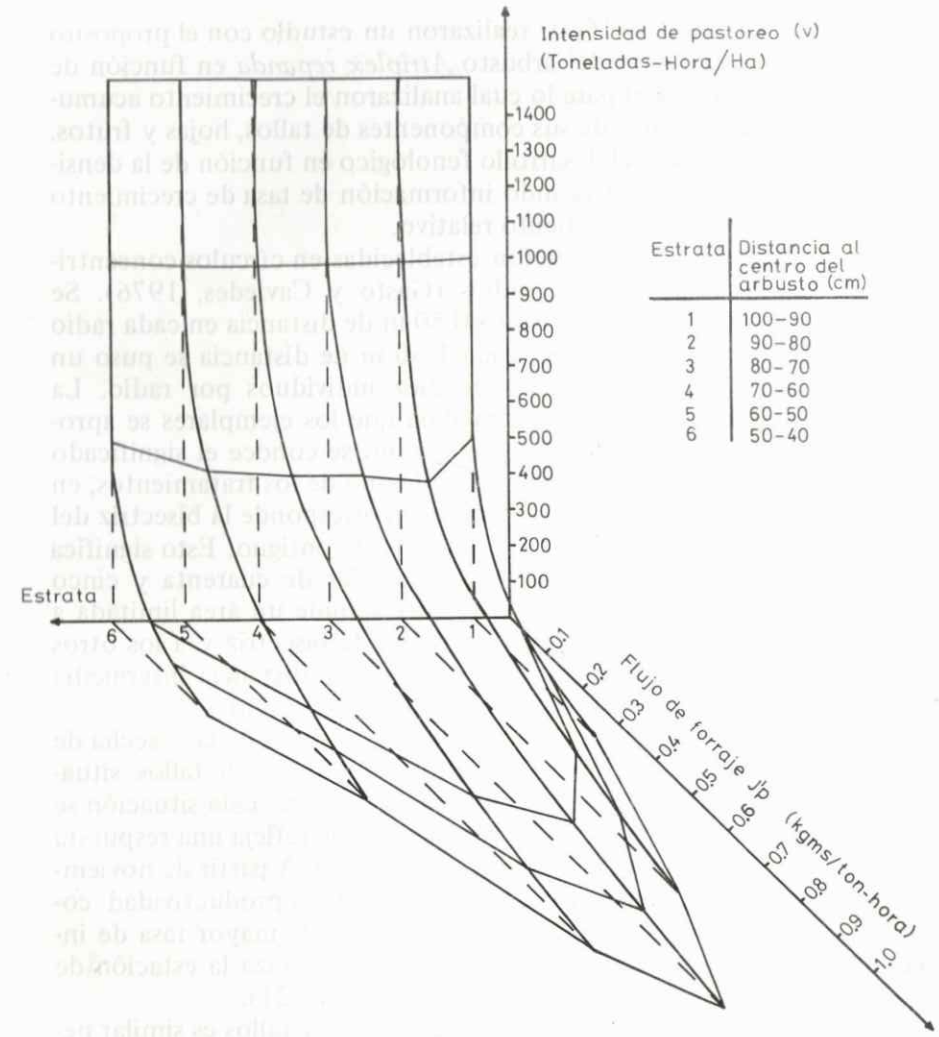


Figura 61. Relación general entre intensidad de pastoreo, horizonte y flujo de forraje (Gastó y Olivares, 1980).

Cambio de estado de la población

Crecimiento y equilibrio poblacional

Gastó y Caviedes (1980) realizaron un estudio con el propósito de medir el crecimiento del arbusto *Atriplex repanda* en función de la densidad poblacional para lo cual analizaron el crecimiento acumulado de biomasa total y de sus componentes de tallos, hojas y frutos. Determinaron además el desarrollo fenológico en función de la densidad a través del año, entregando información de tasa de crecimiento de la planta y tasa de crecimiento relativo.

Las plantas utilizadas fueron establecidas en círculos concéntricos en un modelo de ocho radios (Gastó y Caviedes, 1976). Se estableció un ejemplar al centro y a 0,50 m de distancia en cada radio se plantó un ejemplar. Luego, cada 1,50 m de distancia se puso un nuevo ejemplar hasta un total de diez individuos por radio. La densidad poblacional aumenta a medida que los ejemplares se aproximan al centro del diseño. A pesar que no se conoce el significado exacto en términos cuantitativos, de cada uno de los tratamientos, en el estudio se estableció que a cada rayo le corresponde la bisectriz del ángulo formado entre el rayo analizado y el contiguo. Esto significa que el círculo está dividido en ocho parcelas de cuarenta y cinco grados cada una. A cada ejemplar le corresponde un área limitada a sus costados por el segmento respectivo de la bisectriz y a los otros lados por el segmento del círculo trazado a la distancia intermedia entre el ejemplar y cada uno de los ejemplares adyacentes.

En los primeros meses de crecimiento, después de la cosecha de la planta en marzo, la proporción de hojas supera a la de tallos, situación que se prolonga hasta la primavera en octubre. Esta situación se repite en todas las densidades de plantas, lo que refleja una respuesta estacional y fenológica más bien que poblacional. A partir de noviembre la proporcionalidad de los componentes de la productividad comienza a alterarse considerablemente, debido a la mayor tasa de incrementos de tallos, los cuales, a medida que avanza la estación de crecimiento se van lignificando en la base (Cuadro 21).

En noviembre y diciembre el peso de hojas y tallos es similar pero en enero y febrero el peso de tallos supera al de hojas. Las densidades que presentan los valores máximos en cada uno de los componentes del rendimiento son: 893 ind/ha con 891 g de fruto por indivi-

duo, 1.307 ind/ha con 604 g de tallos por individuo y 1.061 ind/ha que produjo 516 g de hojas. Los frutos aparecen en diciembre y van en aumento hasta febrero (Cuadro 21).

En densidades altas el porcentaje de frutos es menor. La cantidad de hojas también es inferior con densidades altas, sin embargo los valores superiores se alcanzan con densidades intermedias. La disminución de la proporción de hojas es lenta a medida que avanza la estación de crecimiento, hasta llegar a diciembre cuando se reduce abruptamente coincidiendo con la aparición de frutos. La reducción de la proporción de tallos es menor que la de hojas. Esta reducción de la proporción foliar en comparación con la de tallos se debe a su lignificación creciente con la edad. No ocurre lo mismo con las hojas, las cuales sintetizan azúcares, las que se traslocan.

En enero y febrero la proporción de frutos comienza a sobrepasar el 50 % de la fitomasa aérea. La tasa de crecimiento de la planta se mantiene hasta diciembre, y aumenta rápidamente en enero. En febrero las densidades altas tienen una disminución brusca de la tasa de crecimiento en todos sus componentes. En densidades intermedias y bajas, en cambio, la disminución brusca es sólo en tallos y hojas.

La productividad poblacional es mayor en densidades altas y menor a medida que se reduce la densidad (Cuadro 22). La mayor fitomasa en pie acumulada se logra en el mes de febrero, pero en enero se produce la mayor tasa de crecimiento. Con densidades de 1.697 ind/ha y 1.307 ind/ha la productividad individual alcanzada en los meses de enero y febrero es tan elevada que compensa la diferencia entre densidades. Con 1.307 ind/ha se obtiene una producción de materia seca de 2.392 kg/ha/año y con 1.697 ind/ha la producción es de 2.315 kg/ha (Figura 62). Al comparar el crecimiento inicial de las diferentes densidades se observa que es más rápido en densidades mayores, posiblemente debido al ambiente más favorable para el crecimiento inicial.

La tasa de crecimiento poblacional es mayor en densidades altas, sin embargo, una vez alcanzado el máximo en enero, su tasa disminuye considerablemente al mes siguiente. No ocurre lo mismo con densidades medias y bajas cuyos rendimientos se mantienen o disminuyen en menor grado que en densidades altas (Figura 63). Entre mayo y octubre el crecimiento de las plantas es escaso, aumentado en noviembre y diciembre para alcanzar su máximo en enero.

El crecimiento poblacional de los componentes de la producción de *Atriplex repanda* en densidades medias y bajas es más lento en los primeros meses debido al mayor número de ejemplares por unidad de superficie (Cuadro 22).

Cuadro 21. Variaciones mensuales de fitomasa de los componentes de la productividad de *Atriplex repanda* creciendo en densidades variables (Gastó y Caviedes, 1980)

| Densidad de plantas ind/ha | Junio | | Julio | | Agosto | | Sept. | | Octubre | | Nov. | | Diciembre | | | Enero | | | Febrero | | |
|----------------------------|-------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|---------|------|------|----|-----------|----|----|-------|-----|-----|---------|-----|-----|
| | T* | H* | T | H | T | H | T | H | T | H | T | H | T | H | F* | T | H | F | T | H | F |
| 18.518 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | 3,3 | 3,3 | 8 | 9 | 6 | 8 | 15 | 93 | 79 | 110 | 76 | 74 | 133 |
| 4.237 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | 5,3 | 6,4 | 10,6 | 12,5 | 14 | 14 | 22 | 17 | 13 | 253 | 204 | 268 | 233 | 225 | 375 |
| 2.427 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,9 | 2,1 | 6,8 | 7,4 | 13,2 | 11,7 | 36 | 37 | 25 | 27 | 32 | 336 | 284 | 431 | 327 | 248 | 732 |
| 1.697 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 1,3 | 1,6 | 3,7 | 4,5 | 10,4 | 11,3 | 28 | 24 | 26 | 27 | 16 | 357 | 336 | 357 | 368 | 327 | 668 |
| 1.307 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 4,5 | 5,7 | 6,9 | 8,8 | 25 | 25 | 26 | 26 | 22 | 403 | 306 | 682 | 604 | 366 | 860 |
| 1.061 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 5,9 | 7,4 | 12,6 | 14,8 | 27 | 28 | 30 | 39 | 29 | 410 | 282 | 590 | 442 | 516 | 865 |
| 893 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 3,2 | 3,9 | 8,7 | 9,8 | 21 | 20 | 27 | 24 | 21 | 279 | 260 | 423 | 429 | 330 | 891 |
| 772 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,4 | 2,9 | 3,0 | 4,1 | 4,6 | 19 | 21 | 25 | 18 | 14 | 388 | 235 | 553 | 435 | 352 | 887 |
| 697 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,3 | 3,3 | 4,1 | 6,9 | 8,4 | 28 | 25 | 18 | 16 | 23 | 354 | 277 | 476 | 458 | 372 | 866 |
| Sin competencia | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 5,6 | 6,3 | 11,4 | 11,5 | 22 | 26 | 23 | 29 | 34 | 423 | 300 | 389 | 364 | 392 | 644 |

* T = tallos; H = hojas; F = frutos.

Cuadro 22. Variaciones mensuales de la fitomasa poblacional (kg/ha) de *Atriplex repanda* en diferentes densidades (Gastó y Caviedes, 1980)

| Densidad poblacional ind/ha | Fecha | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|--------|------------|---------|-----------|-----------|---------|---------|-------------------------|-------|--------|
| | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Junio | Julio | Agosto |
| 18.518 | 7,6 | 9,0 | 20,0 | 44,8 | 122,7 | 309,3 | 537,0 | 5.216,5 | 5.241,0 | Fitomasa en pie (kg/ha) | | |
| 4.237 | 4,8 | 7,0 | 8,9 | 49,9 | 98,2 | 121,6 | 225,8 | 3.463,7 | 3.543,0 | | | |
| 2.427 | 3,4 | 4,6 | 9,8 | 34,6 | 60,7 | 177,2 | 202,9 | 2.551,5 | 3.172,0 | | | |
| 1.697 | 1,0 | 1,9 | 5,0 | 14,1 | 37,0 | 89,3 | 116,1 | 1.783,0 | 2.315,0 | | | |
| 1.307 | 0,8 | 1,7 | 2,5 | 13,5 | 20,6 | 65,1 | 111,7 | 1.819,7 | 2.392,0 | | | |
| 1.061 | 0,6 | 1,9 | 3,0 | 14,2 | 29,1 | 58,5 | 104,9 | 1.362,0 | 1.957,0 | | | |
| 893 | 0,5 | 1,1 | 1,8 | 16,4 | 16,6 | 37,5 | 64,4 | 859,3 | 1.474,0 | | | |
| 772 | 0,3 | 0,9 | 1,8 | 4,6 | 6,8 | 31,0 | 44,5 | 908,4 | 1.293,0 | | | |
| 697 | 0,6 | 0,9 | 1,6 | 8,3 | 17,4 | 36,9 | 50,0 | 772,1 | 1.184,0 | | | |
| 1 | 0,0008 | 0,0013 | 0,0015 | 0,012 | 0,025 | 0,049 | 0,087 | 1,112 | 1,4 | | | |
| Tasa de crecimiento poblacional (kg/ha/día) | | | | | | | | | | | | |
| 18.518 | 0,074 | 0,296 | 0,80 | 2,49 | 6,20 | 0,94 | 157,40 | 1,20 | | | | |
| 4.237 | 0,076 | 0,055 | 1,31 | 1,56 | 0,78 | 3,59 | 104,44 | 3,50 | | | | |
| 2.427 | 0,038 | 0,152 | 0,80 | 0,83 | 3,89 | 0,88 | 75,74 | 31,07 | | | | |
| 1.697 | 0,032 | 0,088 | 0,29 | 0,74 | 1,74 | 0,92 | 53,77 | 26,64 | | | | |
| 1.307 | 0,031 | 0,023 | 0,35 | 0,23 | 1,48 | 1,60 | 55,09 | 28,61 | | | | |
| 1.061 | 0,043 | 0,033 | 0,36 | 0,48 | 0,98 | 1,60 | 40,55 | 67,98 | | | | |
| 893 | 0,015 | 0,020 | 0,14 | 0,33 | 0,69 | 0,93 | 25,64 | 30,75 | | | | |
| 772 | 0,024 | 0,023 | 0,09 | 0,07 | 0,81 | 0,46 | 27,87 | 19,22 | | | | |
| 697 | 0,004 | 0,027 | 0,12 | 0,18 | 0,88 | 0,11 | 23,61 | 20,56 | | | | |
| 1 | 0,000015 | 0,000006 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0008 | 0,001 | 0,033 | 0,014 | | | | |

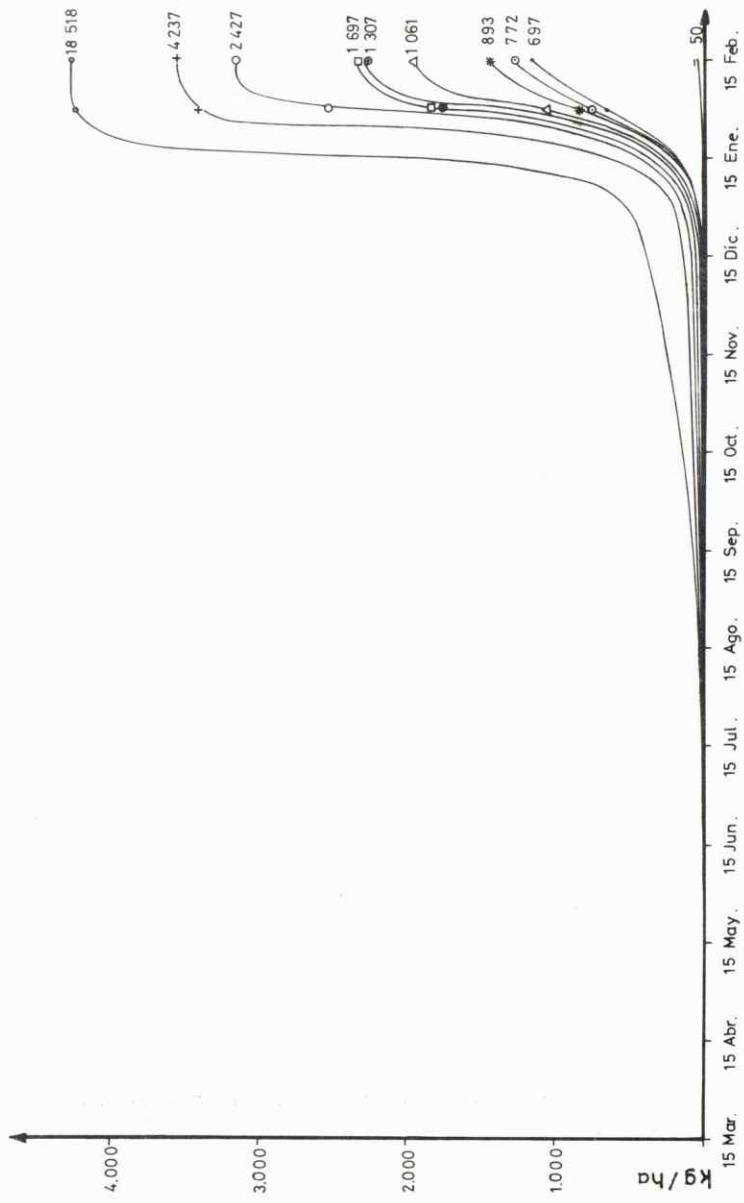


Figura 62. Variación estacional de la fitomasa en pie de la población expresada en materia seca de la parte aérea (Gastó y Caviedes, 1980).

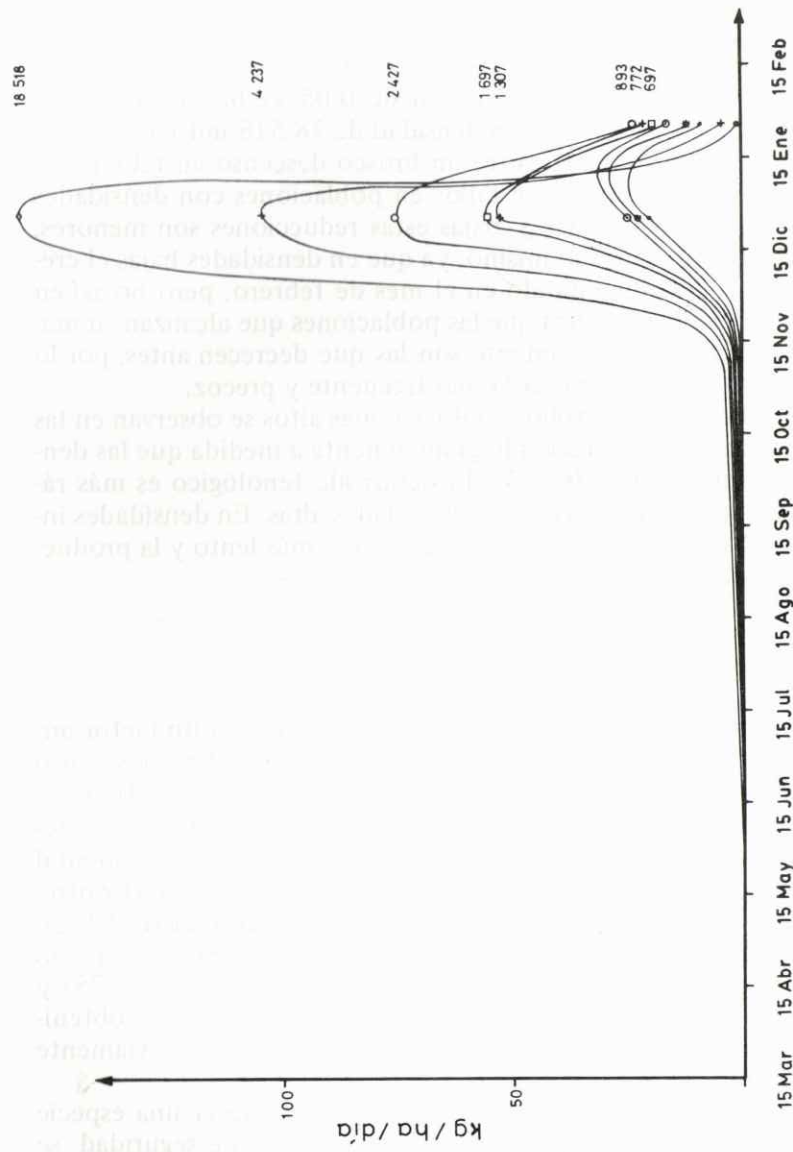


Figura 63. Variación estacional de la tasa de crecimiento poblacional de la fitomasa en pie de *Atriplex repanda* expresado en materia seca de la parte aérea (Gastó y Caviedes, 1980).

La variación de producción es muy elevada ya que en junio la densidad de 18.518 ind/ha produjo 3,3 kg de tallo y 4,1 kg de hojas por hectárea, en cambio en febrero la producción fue de 1.515 kg de tallos, 1.362 kg de hojas y 2.463 kg de frutos (Figura 64).

Algo similar ocurren en la tasa de crecimiento de los componentes cuyas fluctuaciones son del orden de 0,05 kg/ha/día de tallos, 42,6 de hojas y 64,8 de frutos en densidad de 18.518 ind/ha.

La tasa de crecimiento sufre un brusco descenso en febrero en sus componentes foliares y de tallos en poblaciones con densidades altas. En densidades medias y bajas estas reducciones son menores. Con los frutos no ocurre lo mismo, ya que en densidades bajas el crecimiento continúa aumentando en el mes de febrero, pero no así en densidades altas. Esto indica que las poblaciones que alcanzan su madurez fisiológica más rápidamente son las que decrecen antes, por lo tanto, su utilización deberá ser la más frecuente y precoz.

Los índices de desarrollo fenológico más altos se observan en las densidades mayores, decreciendo gradualmente a medida que las densidades disminuyen (Cuadro 23). El desarrollo fenológico es más rápido en las plantas que crecen en densidades altas. En densidades intermedias y bajas, sin embargo, el desarrollo es más lento y la productividad individual es mayor.

Germinación

Dado que *Atriplex repanda* puede constituirse en un factor importante en el mejoramiento de la pradera natural, se hace necesario encontrar sistemas económicos y seguros para establecerlo. Hasta la fecha, a pesar que en algunas oportunidades se ha logrado buenos resultados en siembras directas extensivas en la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Universidad de Chile (Contreras y Gastó, 1978) así como en la IV Región del país (Gastó, 1972), se ha determinado que su establecimiento por siembra directa no ofrece seguridad (Cristi y Gastó, 1971; Lailhacar y Laude, 1975) y sólo se han logrado habitualmente buenos stands con plantas obtenidas en invernadero y luego trasplantadas a una densidad previamente determinada.

Considerando la economía que significa establecer una especie mediante siembra directa con un margen razonable de seguridad, se han hecho una serie de experiencias con el objeto de lograr elevar el porcentaje de germinación natural que en el caso de *Atriplex repanda*, no supera en promedio el 2. %

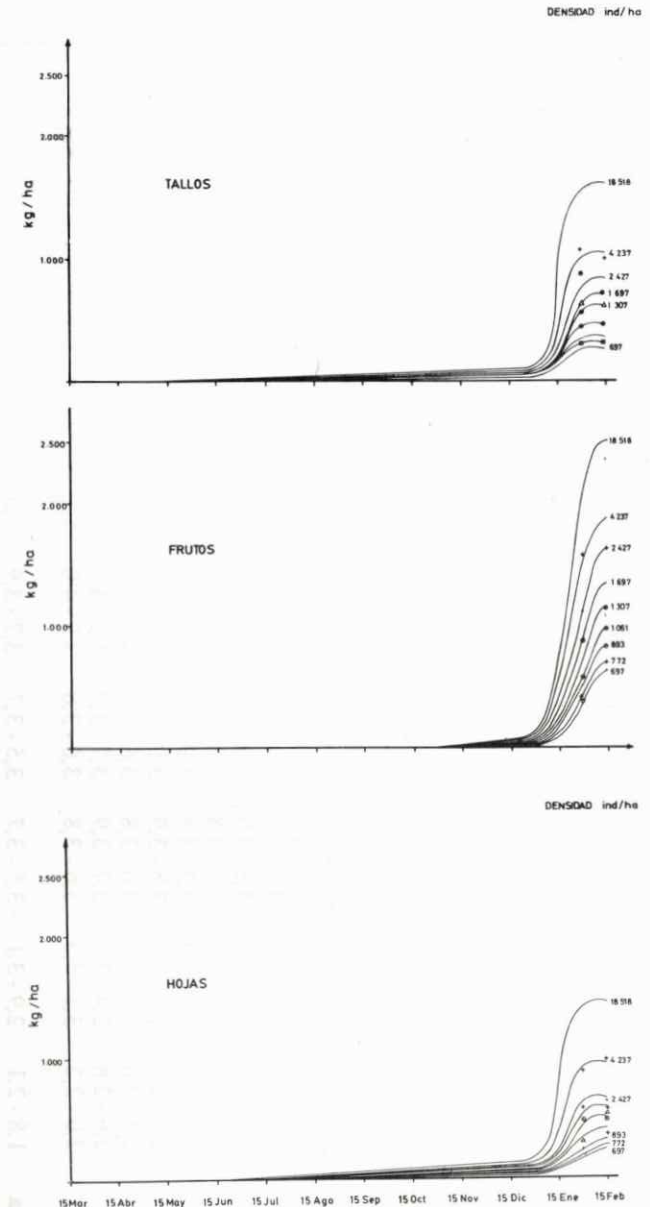


Figura 64. Variación estacional de los componentes de la productividad poblacional de *Atriplex repanda* (Gastó y Caviedes, 1980).

Cuadro 23. Variaciones de índices fenológicos de *Atriplex repanda* creciendo en diversas densidades durante el año (Gastó y Caviedes, 1980)

| Densidad poblacional ind/ha | MES | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|--|
| | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | | | |
| 18.518 | 2,8 - 3,0 | 3,5 - 3,7 | 3,9 | 4,0 - 4,1 | 4,6 - 4,8 | 5,8 - 6,0 | 7,5 - 7,7 | 7,8 - 7,9 | 8,0 - 8,1 | | | |
| 4.237 | 2,6 - 2,8 | 3,5 - 3,7 | 3,5 - 3,9 | 3,9 - 4,0 | 4,4 - 4,6 | 5,8 - 5,9 | 7,1 - 7,3 | 7,7 - 7,8 | 7,9 - 8,0 | | | |
| 2.427 | 2,5 - 2,7 | 3,3 - 3,5 | 3,8 - 3,9 | 3,9 - 4,0 | 4,5 - 4,6 | 5,7 - 5,8 | 7,2 - 7,4 | 7,6 - 7,8 | 7,7 - 7,9 | | | |
| 1.697 | 2,5 - 2,7 | 3,4 - 3,6 | 3,8 | 3,8 - 3,9 | 4,4 - 4,6 | 5,5 - 5,7 | 6,9 - 7,0 | 7,7 - 7,8 | 7,8 - 7,9 | | | |
| 1.307 | 2,3 - 2,5 | 3,2 - 3,4 | 3,7 - 3,8 | 3,9 - 4,0 | 4,3 - 4,5 | 5,7 - 5,8 | 6,8 - 6,9 | 7,7 - 7,8 | 7,7 - 7,8 | | | |
| 1.061 | 2,5 - 2,7 | 3,5 - 3,7 | 3,8 - 3,9 | 3,9 - 4,0 | 4,2 - 4,4 | 5,6 - 5,7 | 6,7 - 6,8 | 7,5 - 7,7 | 7,8 - 7,9 | | | |
| 893 | 2,4 - 2,6 | 3,3 - 3,5 | 3,6 - 3,8 | 3,6 - 3,8 | 4,2 - 4,3 | 5,3 - 5,5 | 6,3 - 6,5 | 7,6 - 7,8 | 7,7 - 7,8 | | | |
| 772 | 2,6 - 2,8 | 2,4 - 3,5 | 3,7 - 3,9 | 3,7 - 3,9 | 4,1 - 4,3 | 5,0 - 5,2 | 6,2 - 6,4 | 7,4 - 7,6 | 7,6 - 7,7 | | | |
| 697 | 2,0 - 2,2 | 3,1 - 3,3 | 3,6 - 3,8 | 3,6 - 3,8 | 3,9 - 4,0 | 5,1 - 5,3 | 6,1 - 6,3 | 7,0 - 7,2 | 7,6 - 7,7 | | | |
| Sin competencia | 1,8 - 2,1 | 2,9 - 3,1 | 3,5 - 3,7 | 3,5 - 3,7 | 3,7 - 3,9 | 5,0 - 5,2 | 6,0 - 6,1 | 6,9 - 7,0 | 7,5 - 7,7 | | | |

Autores como Koslowski (1972) denominan al fruto como utrículo por considerarlo una semilla funcional. Johnston, Urrutia y Olivares (1980) lo describen como indehiscente, nuciforme y monospermo, directamente unido al tallo. De forma acorazonada, con una superficie externa rugosa tamaño variable con diámetro promedio de 2,48 mm, con 1,5 mm mínimo y 3,7 mm máximo. En él se distingue el pericarpo formado por la fusión de las dos brácteas aladas y la semilla que ocupa todo el espacio interior (Figura 65).

La semilla es redondeada, plano-convexa con superficie lisa y suave. (Figura 66). La cubierta seminal o testa es delgada. El embrión ocupa aproximadamente el 50 % del volumen interior, en él se distinguen claramente la radícula y los cotiledones que se enfrentan en la región superior de la semilla (Johnston, Urrutia y Olivares, 1980).

Los autores mencionados concluyen que el hecho que las semillas bien desarrolladas ocupen todo el espacio interior, limitaría su aumento de volumen por imbibición, fenómeno que se vería agravado por la dureza del endocarpo el que constituiría un obstáculo mecánico en la germinación. La estructura descrita para la testa de la semilla indicaría posibles problemas de impermeabilidad.

Con el objeto de determinar esta posible impermeabilidad al agua, Fernández y Johnston (1978) estudiaron la curva de entrada de agua a la semilla. Para el análisis de los resultados los autores distinguen tres etapas en la entrada de agua: Fase A que corresponde a una entrada pasiva de agua, fase B que se inicia con una brusca disminución del peso y su inmediato aumento en forma violenta y fase C en la que se observa un aumento sostenido del peso fresco (Figura 67) todo lo cual se expresó en porcentaje de aumento de peso en el tiempo.

El porcentaje máximo de aumento que se alcanzó en la fase A fue, en semillas viables con daño en la testa, un 25 %, en semillas no viables un 35 % y en semillas viables con testa intacta un 45 %. Este mayor aumento de peso fresco en el último caso se debería exclusivamente al agua destinada a la hidratación que sufre la capa mucilaginoso interna de la testa que rodea el embrión. El menor aumento de peso en semillas con testa dañada se debería al hecho que la ruptura de la testa permite una vía libre de entrada de agua al endosperma proporcionando así, en menor tiempo, el agua necesaria para iniciar la fase B.

La fase B sólo se presenta en semillas viables y se inicia con brusca disminución de peso. El descenso de peso alcanza a 91 % en semillas dañadas y a 56 % en semillas con testa intacta. La ruptura

omo simi
y utro
vicio

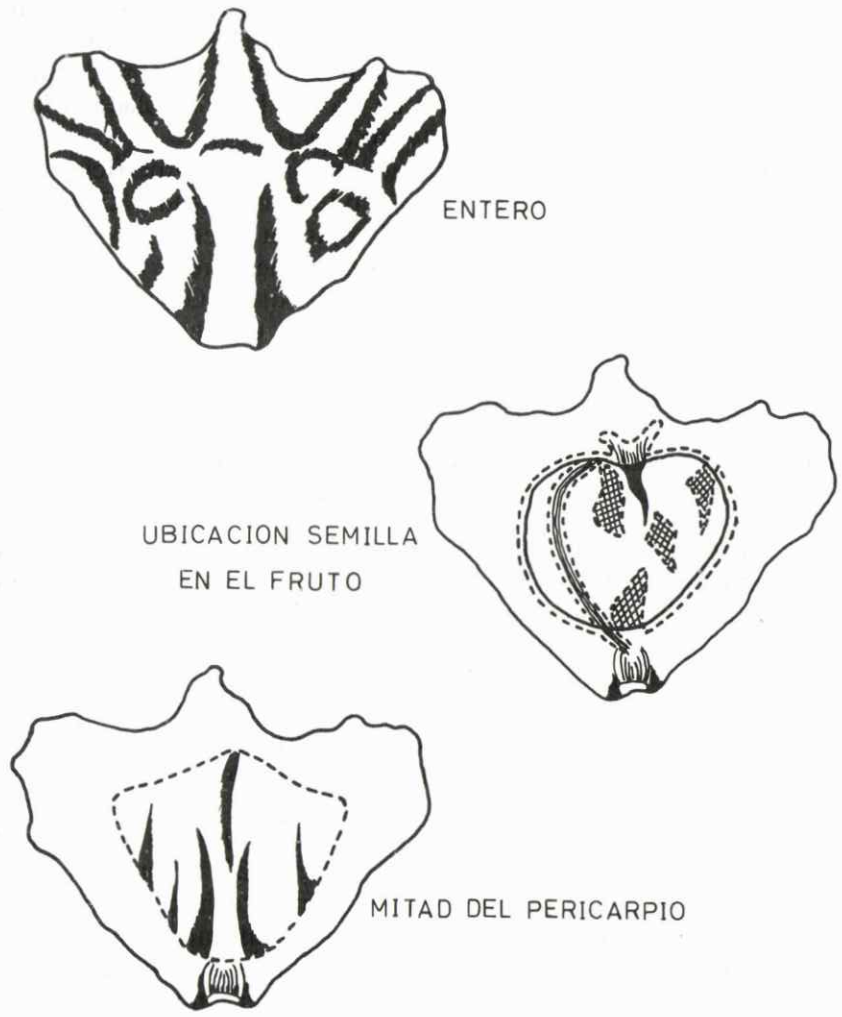


Figura 65. Esquema de la morfología externa e interna del fruto de *Atriplex repanda* (Johnston, Urrutia y Olivares, 1980).

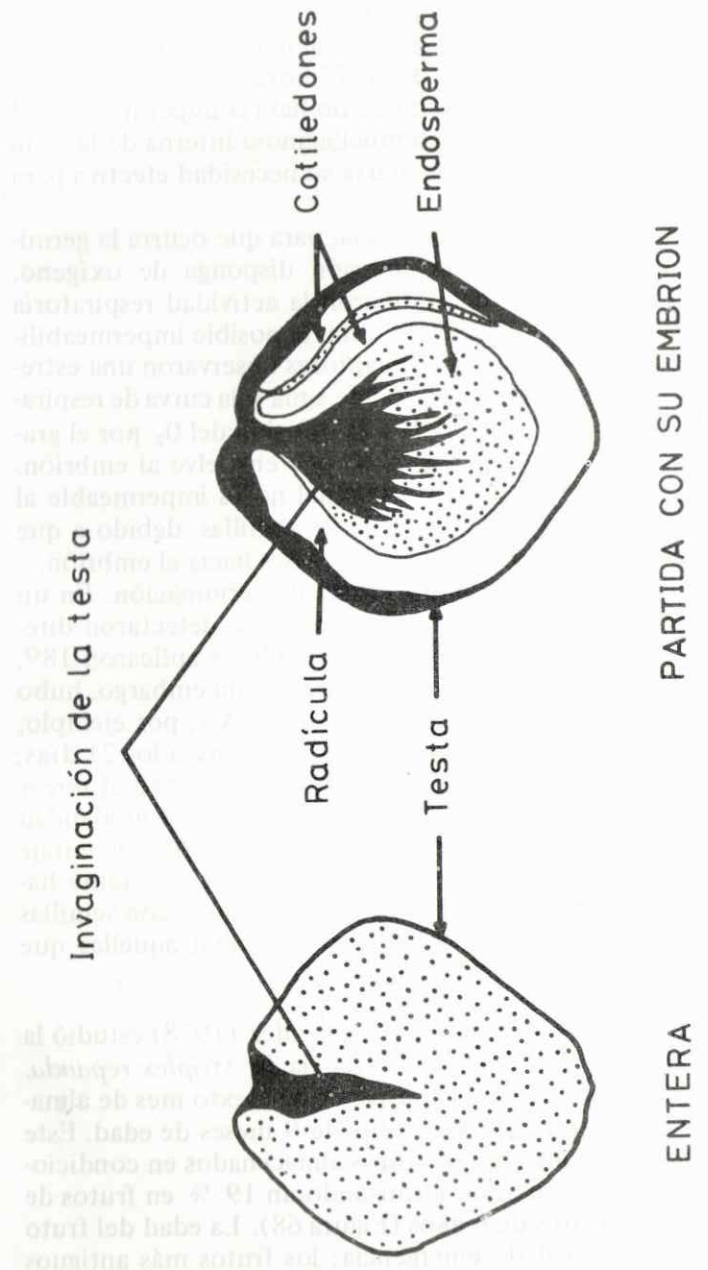


Figura 66. Esquema de la morfología externa e interna de la semilla de *A. repanda* (Johnston, Urrutia y Olivares, 1989).

de testa facilita la entrada de agua, acelerando los cambios metabólicos asociados con la iniciación del crecimiento del embrión. Aproximadamente a las 40 horas de iniciado el proceso comienza a presentar semillas germinadas; sin embargo, el máximo aumento de peso en ambos casos se presentó después de las 75 horas.

Los resultados permiten deducir que no habría impermeabilidad al agua; pero la presencia de una capa mucilaginosa interna de la testa demoraría la entrada de agua y aumentaría su necesidad efectiva para producir la germinación.

A pesar que la imbibición es necesaria, para que ocurra la germinación, es preciso además, que el embrión disponga de oxígeno. Johnston y Fernández (1978) determinaron la actividad respiratoria en *A. repanda* para detectar a nivel de testa, la posible impermeabilidad a dicho elemento (Figura 67). Los autores observaron una estrecha relación entre la curva de imbibición de agua y la curva de respiración, y postulan una cierta resistencia a la difusión del O_2 por el grado de hidratación del tejido mucilaginoso que envuelve al embrión. Concluyen finalmente que la cubierta seminal no es impermeable al O_2 ; pero reduce la tasa de respiración de las semillas, debido a que opone cierta resistencia a la libre difusión de gases hacia el embrión.

Otro de los factores es la temperatura de germinación. En un trabajo no publicado, de Johnston y Olivares, no se detectaron diferencias en los porcentajes de germinación cuando se aplicaron 18° , 25° y 30° C después de 26 días de tratamiento. Sin embargo, hubo un apreciable efecto en el tiempo de emergencia. Así, por ejemplo, a 18° C el porcentaje máximo de germinación se logró a los 21 días; en cambio, a temperaturas de 25° y 30° C esto se alcanzó al tercer día. También las temperaturas de germinación afectan la modalidad de emergencia, produciendo las más elevadas un mayor porcentaje de emergencia inicial de cotiledones. Finalmente, es importante hacer notar que los porcentajes de germinación obtenidos con semillas recién cosechadas, son inferiores a los obtenidos con aquellas que habían tenido un período de almacenamiento.

Con respecto a este último factor, Fernández (1978) estudió la influencia de la edad del fruto en la emergencia de *Atriplex repanda*. Los frutos sólo muestran emergencia a partir del sexto mes de almacenamiento, alcanzando un 5 % en frutos de 9 meses de edad. Este porcentaje se mantiene constante en frutos almacenados en condiciones ambientales hasta cuatro años, alcanzando un 19 % en frutos de 5 años y de 28 % en frutos de 6 años (Figura 68). La edad del fruto también afecta la velocidad de emergencia; los frutos más antiguos

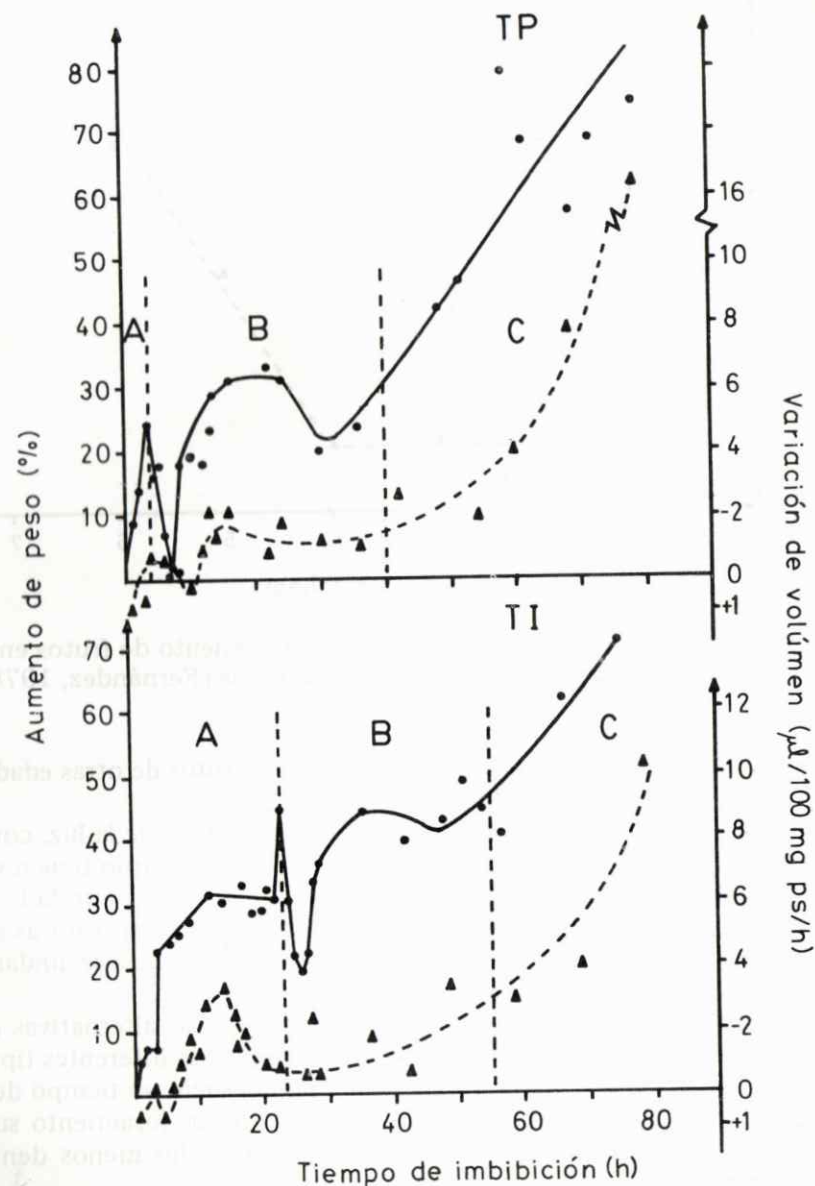


Figura 67. Efecto de la testa en la entrada de agua y oxígeno en *Atriplex repanda* (Fernández, Johnston y Olivares, 1980).

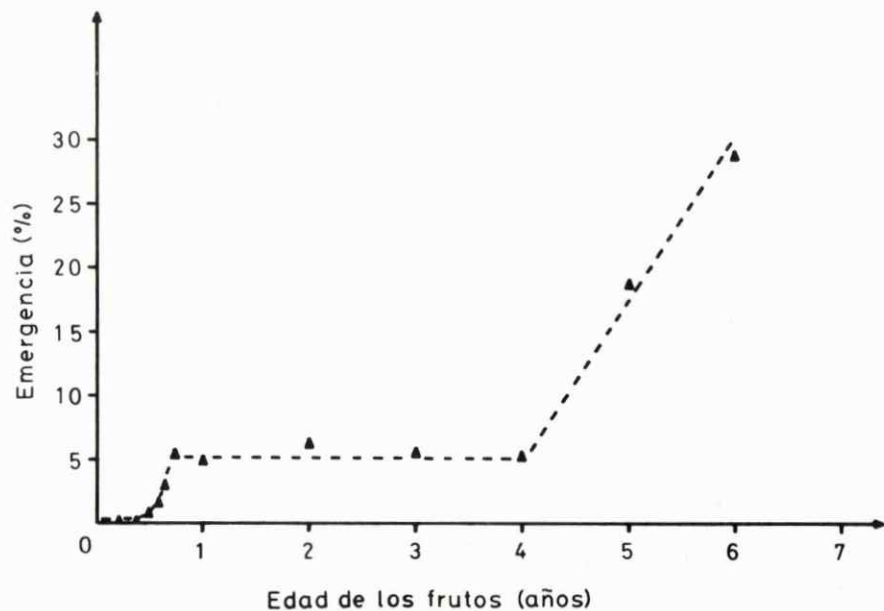


Figura 68. Influencia del período de almacenamiento de frutos en el porcentaje de emergencia de plántulas (Fernández, 1978).

se adelantan en dos semanas con respecto a los frutos de otras edades (Figura.69).

Otro de los factores estudiados es la incidencia de la luz, comprobándose que aquellas semillas desprovistas de pericarpio tienen valores de germinación 35,4 % mayor bajo luz que en oscuridad. Se comprobó además, que las semillas que germinan a temperaturas superiores a 20°C y en oscuridad, entran en una dormancia secundaria (Fernández y Johnston, 1979).

Olivares y Johnston (1978) estudiaron diversas alternativas de mejoramiento en la emergencia de repanda al probar diferentes tipos de cama de semilla y el efecto de remoción del suelo un tiempo después de la siembra de los frutos, determinando un mejoramiento sustancial del porcentaje de establecimiento en el medio menos denso (Cuadro 24).

La acción de remoción de suelo es positiva cuando se hace 15 días después de la siembra; en cambio, cuando ésta se hace más tarde no se observan resultados positivos, a pesar que se controló germinación hasta los 80 días (Cuadro 25).

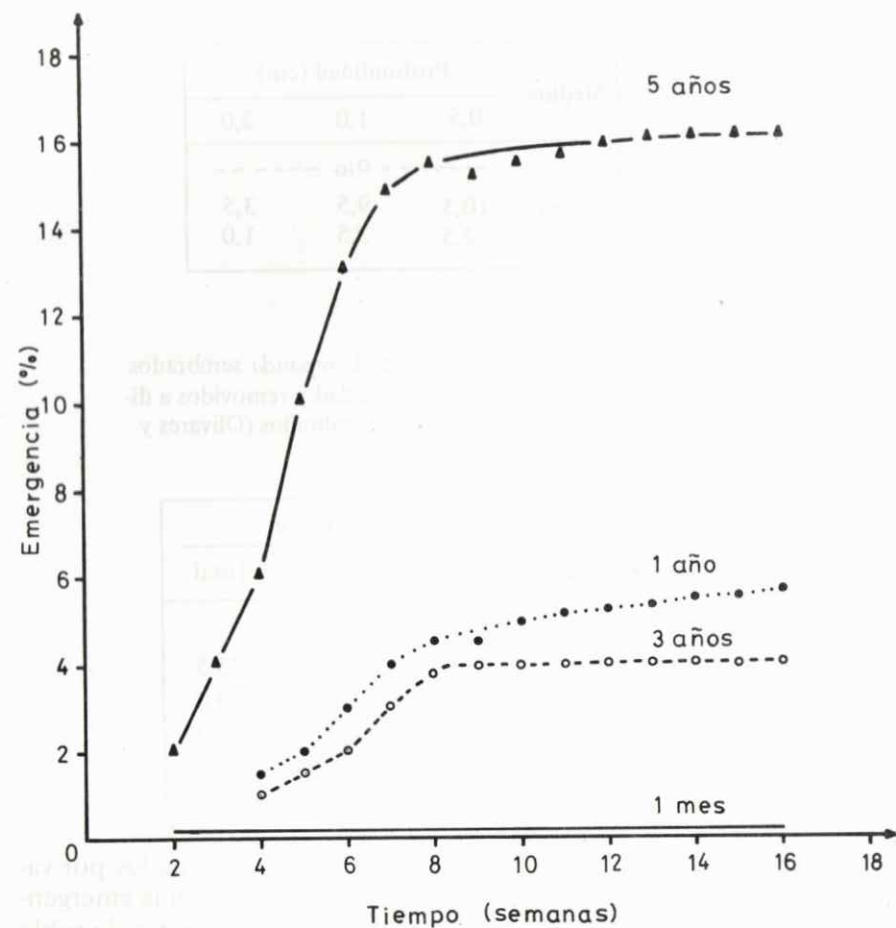


Figura 69. Influencia del período de almacenamiento de los frutos en la velocidad de emergencia de las plántulas (Johnston y Fernández 1978).

Cuadro 24. Porcentaje de germinación de frutos de *A. repanda* sembrados en dos medios diferentes a tres profundidades (Olivares y Johnston, 1978)

| Medios | Profundidad (cm) | | |
|--------|------------------|-----|-----|
| | 0,5 | 1,0 | 2,0 |
| | ----- o/o ----- | | |
| Arena | 10,5 | 9,5 | 3,5 |
| Tierra | 2,5 | 3,5 | 1,0 |

Cuadro 25. Germinación de frutos de *A. repanda* sembrados en tierra a 1 cm de profundidad y removidos a diversos tiempos, después de sembrados (Olivares y Johnston, 1978).

| Tiempo remoción | Germinación | | |
|-----------------|-------------|---------|-------|
| | Antes | Después | Total |
| días | o/o | | |
| 15 | 2,0 | 21,5 | 23,5 |
| 22 | 4,5 | 4,5 | 9,0 |
| 30 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| Control | — | — | 3,5 |

Las siembras realizadas sobre diferentes sustratos dados por varios tipos de aserrín muestran diferencias significativas en la emergencia, dando los valores más elevados las siembras sobre aserrín de roble (*Nothofagus oblicua*). La edad de los frutos empleados produce también diferencias en favor de las más antiguas (Figura 70).

En cuanto a pretratamientos del fruto de *Atriplex repanda*, Olivares y Johnston (1978) estudiaron la acción de diferentes tiempos y exposición de los frutos a la acción del licor ruminal de ovinos (Figura 71). Se pudo apreciar la acción positiva del tiempo de permanencia de los frutos dentro del rumen, ya que los más altos porcentajes de emergencia se lograron con 120 horas de exposición y frutos con 5 años de almacenamiento.

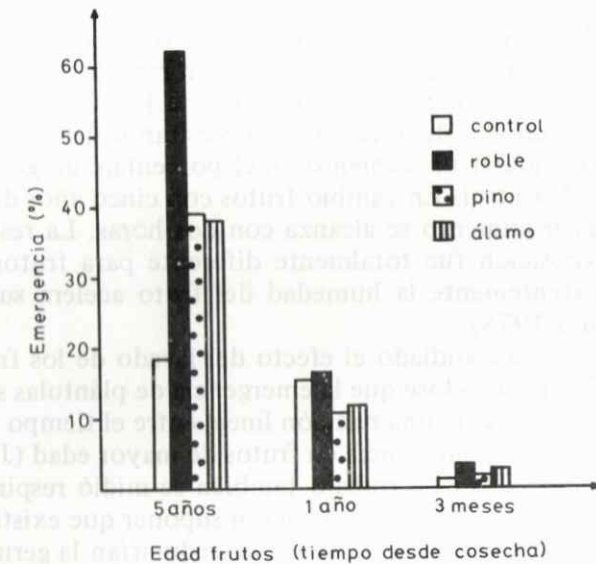


Figura 70. Efecto del sustrato de germinación empleado (aserrín) sobre la emergencia de plántulas de *A. repanda* (Olivares y Johnston, 1978).

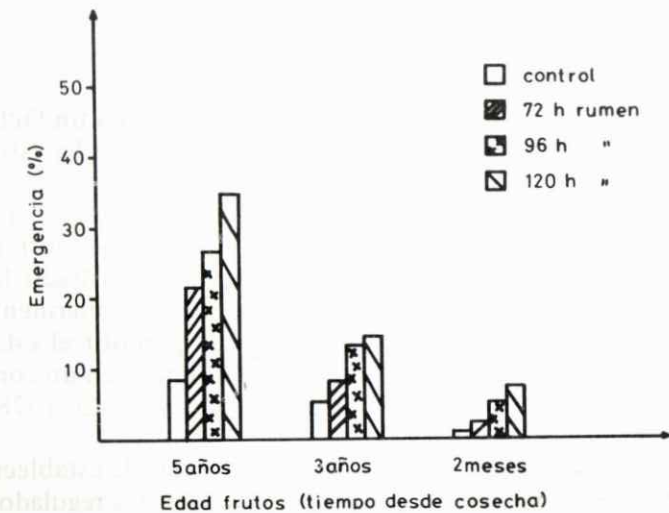


Figura 71. Efecto del tiempo de permanencia en el rumen ovino sobre la emergencia de plántulas de *A. repanda* (Olivares y Johnston, 1978).

Los pretratamientos del fruto con ácido sulfúrico determinaron que se mejora el porcentaje de germinación en rangos que fluctúan en relación al tiempo de exposición al ácido y a la edad de la semilla. Así, frutos con un año de almacenaje, necesitaron de siete horas de exposición para lograr un aumento en el porcentaje de germinación con respecto al control. En cambio frutos con cinco años de almacenaje, este mayor aumento se alcanza con dos horas. La respuesta al tiempo de exposición fue totalmente diferente para frutos secos y húmedos. Aparentemente la humedad del fruto acelera su destrucción (Fernández 1978).

También se ha estudiado el efecto del lavado de los frutos previo a la siembra, probándose que la emergencia de plántulas se mejora en un 35% y que existe una relación lineal entre el tiempo de remojo y el porcentaje de emergencia en frutos de mayor edad (Johnston, Fernández, 1980). En este trabajo también se midió respiración de frutos, y los resultados obtenidos hicieron suponer que existirían sustancias hidrosolubles en el pericarpio que reducirían la germinación. Trabajos realizados en este tema por los mismos autores (Fernández y Johnston, 1980), comprobaron la presencia de saponinas y elevadas concentraciones de sodio y cloro en el pericarpio de los frutos que actuarían como inhibidores de la germinación.

Establecimiento

Dado que *Atriplex repanda* puede constituirse en un factor importante en el mejoramiento de la pradera natural, se ha estudiado sistemas económicos y seguros de establecimiento.

Hasta el momento, el mayor problema para introducir *Atriplex repanda* en grandes extensiones es precisamente el establecimiento. El trasplante de plantas obtenidas en invernadero ha dado buenos resultados. La siembra directa, en cambio, ha sido irregularmente exitosa. Este, sin embargo, presenta la ventaja de permitir el establecimiento de praderas mejoradas en superficies extensas en un corto período con el menor esfuerzo y costo (Contreras y Gastó, 1978; Gastó, 1972, Leighton y Gastó, 1975).

La variabilidad que presentan las experiencias de establecimiento de arbustos, hace pensar en la existencia de factores reguladores de la natalidad. Con esta realidad se planteó el estudio de los factores ambientales de regulación antropogénica que tienen incidencia en el establecimiento tales como profundidad, época y dosis de siembra.

El factor profundidad de siembra en arbustos ha sido estudiado

por autores como Springfield y Bell (1967), Nord *et al.* (1971), y Springfield (1970a, b) y Gerding (1970), quienes opinan que, en general, cuando existen condiciones adecuadas de humedad en el suelo, es preferible la siembra superficial.

Nord *et al.* (1971) atribuyen la baja sobrevivencia de las plántulas sembradas a 2,4 cm de profundidad al débil estado con que llegan a la superficie y esto se debería al agotamiento de las reservas de las semillas en el período que va desde la germinación hasta que las plántulas son autótrofas. Estas son más susceptibles al ataque de hongos, resecamiento del suelo y a otros factores adversos en los días posteriores a la emergencia.

Respecto a la época de siembra hay diferentes opiniones. Springfield (1971a), trabajando con *Atriplex canescens* encontró alta variación en ensayos de época de siembra la que atribuye a las variaciones de la distribución de la precipitación durante los años.

De Kartzow y Lailhacar (1965) determinaron que la época de siembra de *Atriplex semibaccata* en el secano costero de Coquimbo es a fines de invierno y comienzos de primavera. Gerding (1970), en la misma zona en año con 30,5 mm de precipitación concluyó que la mejor época de siembra desde el punto de vista de la emergencia, en *A. semibaccata* fue el 20 de mayo, pero el mejor crecimiento de plantas la obtuvo con siembras el 28 de julio. En *Atriplex repanda* sembrado en Rinconada de Maipú con una precipitación de 166,8 mm se obtuvo la mejor emergencia en siembras el 17 de julio (Cristi y Gastó, 1971).

También se ha recomendado la siembra directa durante el otoño o invierno en las principales especies usadas para restaurar terrenos de secano en Utah, E U A. La recomendación se basa en que en esta fecha existen menores problemas de dormancia en las semillas, que las temperaturas frías del invierno estimulan el posterior crecimiento de las plántulas porque aprovechan un más largo período de humedad y hay menores pérdidas de semillas por consumo de animales ya que muchos de ellos están invernando.

En general, se puede concluir que la determinación de la dosis de semillas depende de su tamaño y calidad, de la intensidad de los problemas del medio que encuentre la plántula para sobrevivir y establecerse, de la densidad poblacional de la pradera adulta y de la existencia de resiembra natural o propagación vegetativa.

El estudio en relación a los factores del establecimiento de *repanda* se realizó en tres ambientes diferentes (Leighton, 1972):

Primero se trabajó en condiciones de laboratorio donde existe el máximo control y aislamiento de los factores analizados. Se realizaron pruebas de germinación de los frutos. En segundo término se trabajó en el medio controlado en temperaturas y humedad del invernadero. Aquí sólo fue posible medir emergencia. El tercer ambiente correspondió a las condiciones de terreno en suelo de secano semiárido. Este es el medio menos controlado, pero permitió analizar la acción de los factores del establecimiento en el terreno, cuyos resultados pueden tener una aplicación más directa.

La prueba de germinación se efectuó en discos de Petri esterilizados, con sustrato de agar - agar al 2 % desinfectado con Thiram. Las cápsulas se mantuvieron con luz natural a 15° C. La unidad experimental fue el disco de Petri con cincuenta frutos cada uno. Se controló durante 21 días y los recuentos se hicieron cada 7 días, considerando semilla germinada cuando entre plúmula y radícula había un centímetro de largo.

Los estudios de invernaderos se hicieron en las instalaciones que posee la Facultad de Agronomía en la Rinconada de Maipú. Durante el período de ensayo se registró una temperatura media, máxima y mínima de 24°, 34° y 14° C, respectivamente. Se mantuvo regado cada dos o tres días, dependiendo del grado de humedad existente.

Los ensayos de terrenos se realizaron durante los años 1970 y 1971 en el sector de secano de la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Facultad de Agronomía.

El suelo es de formación aluvial con topografía plana, no presenta síntomas de erosión, el drenaje interno natural es ligeramente deficiente. La capacidad de campo es 19 % y el porcentaje de marchitez permanente de 7 a 8 % . El perfil presenta estratas, la primera de 25 cm de espesor con textura franco arcillosa, la segunda va desde los 25 a 45 cm de profundidad con textura arcillo arenosa y la última va de los 45 cm hacia abajo con textura de arcilla poco densa.

La siembra se hizo con sembradora de cereales de una hilera, tipo Planet, regulada en cada caso para la dosis y profundidad del tratamiento.

La evaluación se hizo midiendo la emergencia y tamaño de las plantas. La emergencia se calculó considerando los frutos con semilla formada en su interior y se controló en septiembre, octubre, noviembre y marzo siguiente, a la fecha de siembra. Se consideró el porcentaje de plantas emergidas, plantas por metro lineal y el número de frutos sembrados necesarios para obtener una planta. El tamaño individual se midió el 10 de octubre en todos los tratamientos,

usando como índice el número de hojas multiplicado por la altura. El tamaño de la población se expresa en gramos de materia seca por metro lineal.

Las siembras se hicieron a 0,8 cm de profundidad con dosis de 320 frutos por metro lineal, lo que equivale a 294 semillas por metro ya que sólo el 92°/o de los frutos tenían semilla formada en su interior. Los frutos fueron cosechados en noviembre de 1969 en la hacienda La Rinconada, secados al sol y almacenados posteriormente en bodegas a temperatura ambiente. Posteriormente, los frutos fueron tratados con una solución de hidróxido de sodio, de acuerdo al tratamiento descrito por Cristi y Gastó (1971).

El ensayo se hizo en dos épocas de siembra: el 9 de junio con dosis de 76, 108, 129, 294, 616 y 867 semillas por metro lineal; y el 14 de agosto con dosis de 69, 138, 211, 294, 414 y 588 semillas por metro lineal.

El efecto de profundidad de siembra se estudió en invernadero con suelo extraído de la primera estrata del lugar de los ensayos de terreno. Las profundidades ensayadas fueron 0,5; 1,5; 3,6 y 5,0 cm.

El diseño de parcelas completamente al azar fue un factorial 4 x 8 con tres repeticiones. La unidad experimental fue una línea de siembra de 30 cm. En todas las parcelas se sembraron 168 frutos por 30 cm.

Cuadro 26. Emergencia y tamaño de plantas de *Atriplex repanda* sembradas en diferentes épocas de 1970 (Leighton, 1972).

| Epoca de siembra | EMERGENCIA | | | TAMAÑO | |
|------------------|-------------------|--|------------|----------------|------------|
| | Plantas emergidas | Semillas sembradas/ plantas sobrevivientes | Densidad | Hojas x altura | Peso seco |
| | % | Nº | plantas /m | índice | g/m lineal |
| 6 mayo | 0,02 c | 5.888 | 0,05 | — | 2,5 c |
| 9 junio | 0,57 b | 174 | 1,69 | 4,18 c | 70,2 b |
| 10 julio | 0,46 b | 215 | 1,37 | 7,28 b | 62,9 b |
| 30 julio | 2,44 a | 41 | 7,19 | 19,47 ab | 151,6 a |
| 14 agosto | 0,43 b | 233 | 1,26 | 22,85 a | 76,8 b |
| 1 septiembre | 0,04 c | 2.450 | 0,12 | — | 5,8 c |

La mayor emergencia de plantas se obtuvo con la siembra el 30 de julio, lo que indica que en esta época del año ocurren las mejores condiciones ambientales para la germinación y emergencia. En la siembra de junio, julio y agosto, el número de semillas que se necesitan para obtener una planta va de 41 a 233; en cambio, en las siembras de mayo y septiembre se necesitan 5.888 y 2.450 semillas para obtener una planta. La mejor densidad de plantas por metro lineal se obtuvo con siembra el 30 de julio (Cuadro 26).

En la Figura 72 se indica la tendencia de la emergencia y del tamaño, de acuerdo a la época de siembra. Se puede observar que el tamaño individual, medido el 2 de octubre, fue mayor para las siembras del 30 de julio y 14 de agosto, a pesar que al momento del control eran las plantas que tenían menor edad. Este mayor crecimiento de las plántulas en siembras a fines de invierno obedece a que los factores abióticos, competencia interespecífica y predación, están en el momento más favorable del año para el crecimiento de las plantas.

La siembras del 9 de junio y 10 de julio se realizaron cuando el suelo tenía suficiente humedad; pero las bajas temperaturas se constituyeron en el factor limitante para la germinación y crecimiento plantular. La siembra del 6 de mayo y 1^o de septiembre mostraron los valores más bajos de emergencia y tamaño de plantas, porque la limitante hídrica del medio se hizo extrema. En septiembre las temperaturas medias son muy favorables para el establecimiento; pero la humedad del suelo en la superficie alcanza valores mínimos. En mayo todavía no hay suficiente humedad y las temperaturas van descendiendo continuamente, por lo tanto, las escasas plantas emergidas están además muy afectadas en su crecimiento en los primeros meses de vida.

En cuanto al factor profundidad de siembra, los efectos en la emergencia y tamaño de plantas se presentan en el Cuadro 27 y Figura 73

En agosto, los valores más elevados se obtuvieron con 2,0 y 3,2 cm y se necesitó 90 y 92 semillas para obtener una planta. La siembra más superficial no dio buenos resultados en la época tardía, porque en la capa superficial del suelo había déficit de humedad; en cambio, en junio, la siembra a 0,8 cm de profundidad produjo la mejor emergencia y tamaño de planta.

Se puede apreciar que el tamaño individual de planta fue afectado principalmente por la época de siembra dando el mejor resultado las siembras de agosto. Con siembra en junio, la mejor emergencia ocurre cerca de la superficie; en cambio, con siembra en agosto, la emergencia más abundante se obtuvo con siembra profunda (Figura 74).

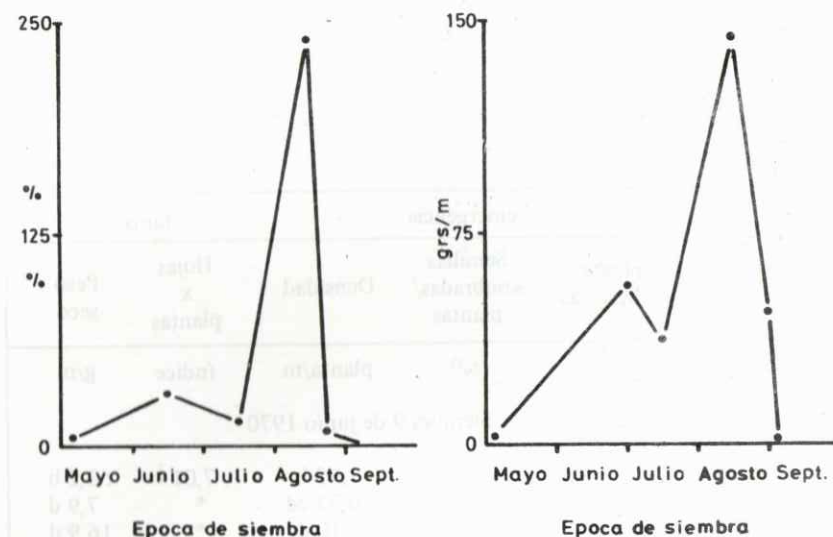


Figura 72. Emergencia (%) y tamaño (g/m) de plantas de *Atriplex repanda* sembrada en seco en varias épocas, según controles del 2 de octubre (Leighton, 1972).

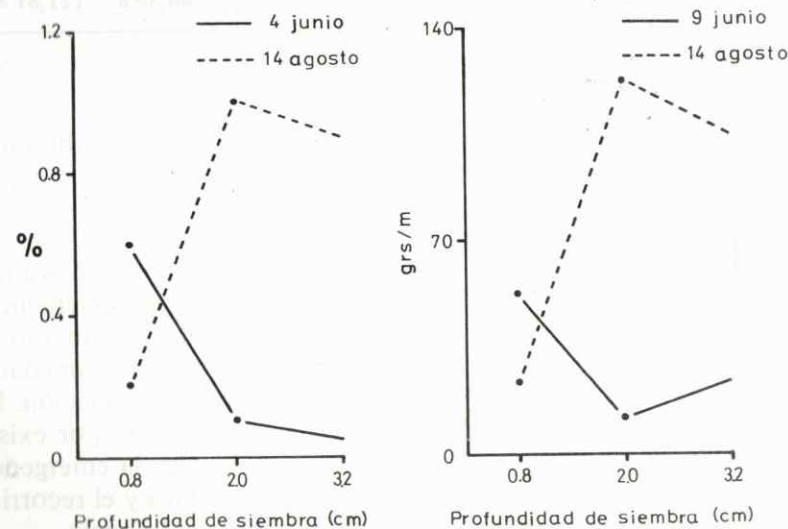


Figura 73. Efecto de la profundidad de siembra en dos épocas sobre la emergencia (%) y tamaño (g/m) de plantas de *Atriplex repanda* (Leighton, 1972).

Cuadro 27 Emergencia y tamaño de plantas de *Atriplex repanda* sembradas a tres profundidades, en dos épocas de establecimiento en secano (Leighton, 1972)

| Profundidad de siembra | emergencia | | | tamaño | |
|---------------------------|-------------------|----------------------------|----------|-----------------|-----------|
| | plantas emergidas | Semillas sembradas/plantas | Densidad | Hojas x plantas | Peso seco |
| cm | % | Nº | planta/m | índice | g/m |
| Siembra 9 de junio 1970 | | | | | |
| 0,8 | 0,63 b | 157 | 1,85 b | 7,01 b | 63,2 b |
| 2,0 | 0,11 cd | 882 | 0,33 cd | * | 7,9 d |
| 3,2 | 0,03 d | 302 | 0,10 d | * | 16,9 d |
| Siembra 14 de agosto 1970 | | | | | |
| 0,8 | 0,21 c | 470 | 0,63 c | 42,81 a | 36,82c |
| 2,0 | 1,11 a | 90 | 3,26 a | 43,90 a | 131,15 a |
| 3,2 | 1,09 a | 92 | 3,19 a | 44,89 a | 121,81 a |

* No se controló debido a su escaso tamaño.

Los resultados en cuanto a profundidad de siembra obtenidos en invernadero, indican que ésta es inversamente proporcional al porcentaje de emergencia, siempre que en el suelo se den las condiciones adecuadas de humedad y temperatura para la germinación. Sin embargo, a menudo en el terreno ocurre que los frutos sembrados a mayor profundidad tienen también mayor porcentaje de emergencia. Esto no se debería a que las siembras más profundas sean mejores u óptimas, sino que a ese nivel del suelo hay condiciones de humedad y temperatura que permiten un porcentaje superior de germinación. No obstante, simultáneamente con favorecer la germinación, por existir mejores condiciones hídricas y térmicas, se perjudica la emergencia de las plántulas al incrementarse la resistencia mecánica y el recorrido que debe hacer la plúmula hasta llegar a la superficie del suelo.

Los mayores porcentajes de emergencia ocurrieron en las dos épocas de siembra con dosis comprendidas entre 108 y 138 frutos por metro lineal (Cuadro 28).

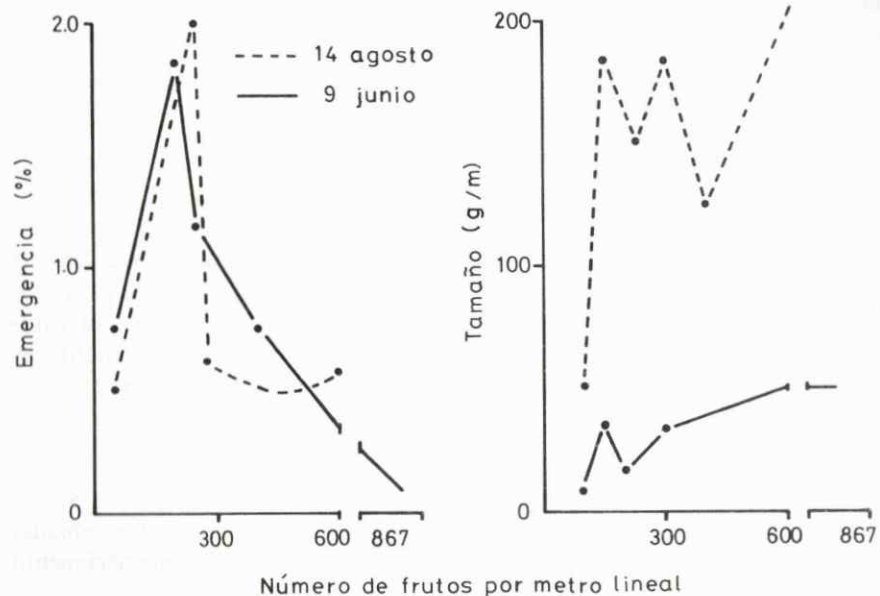


Figura 74. Emergencia (%) y tamaño (g/m) de plantas *Atriplex repanda* sembradas en secano con diferentes dosis de semillas en dos épocas (Leighton, 1972)

El tamaño de las plantas está afectado por la densidad y la época de siembra. La mayor densidad de plántulas origina una competencia intraespecífica que se refleja en disminución del crecimiento individual. Los resultados confirman que la mejor emergencia ocurre en siembras realizadas a salidas de invierno. El tamaño individual, en la siembra de 9 de junio, fue inferior y no mostró diferencias significativas.

Aparentemente, el efecto de la época de siembra no permitió que se expresara el efecto del tamaño. En agosto se obtuvieron los mayores tamaños con las dosis de 138, 211 y 294 frutos por metro lineal. Estos resultados pueden deberse a un efecto positivo cuando las semillas o plántulas quedan agrupadas de tal manera que se aproximan a una densidad óptima.

Es importante que la época de siembra sea la más adecuada para

la germinación, emergencia y crecimiento inicial y no estén afectados por problemas de temperatura y humedad, que son de difícil regulación antropogénica en el campo de secano.

En *Atriplex repanda* es conveniente sembrar a salidas de invierno, cuando todavía hay humedad en el suelo y las temperaturas mínimas diarias empiezan a elevarse. Esto lo demuestra, no sólo el ensayo de época de siembra, sino también los ensayos de dosis y profundidad de siembra, donde las mayores emergencias y tamaños individuales ocurren con la siembra más tardía. La siembra de agosto controla mejor la competencia de herbáceas por medio de la preparación del suelo, aunque dado la falta de humedad del suelo, su establecimiento es más reducido. En general, la época más conveniente es la segunda quincena de julio. En años con primavera lluviosa, este período puede extenderse algunas semanas.

Cuadro 28. Emergencia y tamaño de las plantas de *Atriplex repanda* sembradas con diferentes dosis de semillas en dos épocas de establecimiento (Leighton, 1972)

| Dosis de siembra | Plantas emergidas | Semillas sembrada/planta emergida | Densidad | Hojas x altura | Peso seco |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|-----------|
| Semillas/m | % | Nº | plantas/m | índice | g/m |
| Siembra 9 de junio 1970 | | | | | |
| 76 | 0,75 | 101 | 0,57 a | — | 16,97 c |
| 108 | 1,87 | 58 | 2,02 a | 8,03 a | 53,88 ab |
| 129 | 1,23 | 105 | 1,59 a | 6,32 a | 30,26 bc |
| 294 | 0,78 | 378 | 2,29 a | 9,36 a | 51,58 ab |
| 616 | 0,53 | 1.162 | 3,26 a | 9,87 a | 66,86 a |
| 867 | 0,49 | 1.769 | 4,28 a | 7,55 a | 67,11 a |
| Siembra 14 de agosto 1970 | | | | | |
| 69 | 0,40 | 172 | 0,27 c | 16,32 b | 51,05 |
| 138 | 2,18 | 63 | 3,01 b | 26,98 abc | 183,09 |
| 211 | 0,83 | 254 | 1,75 d | 32,90 a | 148,05 |
| 294 | 0,60 | 490 | 1,75 d | 27,42 ab | 179,36 |
| 414 | 0,61 | 678 | 2,54 c | 15,44 d | 123,25 |
| 588 | 0,89 | 655 | 5,22 a | 21,39 bcd | 200,76 |

Natalidad natural

El mecanismo mediato de regulación poblacional es la capacidad sustentadora del medio. Por esta razón, la máxima densidad poblacional debe estar relacionada con las disponibilidades de recursos, nichos y territorios. Bajo condiciones antropogénicas de cultivo y ganadería, la densidad poblacional se regula intrínsecamente por el hombre; pero la máxima productividad está limitada por la capacidad sustentadora del sistema.

En poblaciones naturales, la situación es diferente, pues aunque la productividad máxima está limitada por la capacidad del medio, la densidad poblacional, en cambio, está regulada por la población misma, pero circunscrita dentro de los márgenes de la capacidad ambiental susceptible de ser utilizada por la población.

La regulación de la densidad poblacional no está directamente relacionada con la capacidad ambiental y opera a través de un mecanismo diferente, centrado en la natalidad, mortalidad y migración. La resultante de la acción simultánea de estos tres componentes es la densidad poblacional o número de individuos de la misma especie o de volumen.

La mayoría de especies y cultivares de ganado y cultivos no serían capaces de subsistir en el medio natural sin la intervención antrópica, debido principalmente a la competencia de otras poblaciones naturales, aunque la capacidad sustentadora del medio permanezca inalterada. La razón de esto sería la incapacidad de mantener tasas de natalidad y mortalidad de magnitud similar en el nivel de la capacidad sustentadora, e incluso, en densidades más bajas.

Natalidad es la capacidad inherente de una población de aumentar el número de individuos; incluye por lo tanto, cualquier forma de multiplicación. La capacidad máxima de reproducción de una población es la natalidad absoluta. Bajo condiciones naturales, la natalidad real puede ser igual o menor que la absoluta, siendo su diferencia el resultado de la resistencia del medio.

La natalidad puede expresarse en diversas formas que se ajusten a:

$$\text{Natalidad} = \frac{\text{Número de nuevos individuos}}{\text{tiempo}} = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Se calcula haciendo un muestreo de la población en dos momen-

tos, al tiempo inicial t_0 y al final t_1 y calculando la diferencia que corresponde al número de nuevos organismos.

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{N_{t_1} - N_{t_0}}{t_1 - t_0}$$

Esta expresión, sin embargo, no incluye el tamaño de la población o número de organismos. En esta forma la tasa de natalidad (n) sería.

$$n = \frac{\Delta N}{N \Delta t} \quad \text{o bien} \quad n = \frac{N_{t_1} - N_{t_0}}{N_{t_0} (t_1 - t_0)}$$

Con el objeto de aumentar o disminuir la tasa de natalidad a través del manejo del ecosistema, se debe mejorar o empeorar el medio donde la población se desarrolla.

El término mortalidad ha sido definido como la habilidad inherente de la población de disminuir su tamaño. También existen dos clases de mortalidad: la absoluta y la ecológica. En la absoluta, la muerte está regulada solamente de manera interna a través del proceso de longevidad fisiológica de los organismos. La ecológica, en cambio, es la expresión de la disminución del tamaño poblacional de organismos que se encuentran en un medio natural.

La mortalidad se puede expresar como:

$$\text{Mortalidad} = \frac{N_{t_0} - N_{t_1}}{t_0 - t_1}$$

Tasa de mortalidad (d) como:

$$d = \frac{\Delta N}{N_{t_0} \Delta t} \quad \text{o bien,} \quad d = \frac{N_{t_1} - N_{t_0}}{N_{t_0} (t_1 - t_0)}$$

A través del manejo del ecosistema es posible y conveniente

aumentar o disminuir la mortalidad ecológica de acuerdo al nicho que le corresponda ocupar a la especie en el ecosistema antropogénico.

La densidad poblacional de las diseminulas depende de varios factores, los que pueden clasificarse en cuatro categorías (Harper, 1961):

acumulación de diseminulas derivadas de poblaciones que ocupaban originalmente el territorio;

inmigración de diseminulas transportadas por agentes naturales desde otras áreas donde éstas se generan;

transporte o migración antropogénica de diseminulas desde otras áreas, y

descomposición y muerte de diseminulas.

Las elevadas densidades de diseminulas acumuladas en el tiempo, sólo necesitan de las condiciones necesarias para estimular la germinación, lo cual desencadena el proceso, y puede ocurrir en cualquier instante.

El número de semillas viables que germinen y se establezcan en un determinado suelo y momento, es función de la permanencia de sitios de germinación, donde se cumplan los requerimientos para que ello ocurra (Harper, 1961). El porcentaje de germinación, sin embargo, se relaciona también con los mecanismos endógenos que regulan su latencia.

Para comprobar lo establecido, se hizo un estudio de dinámica de poblaciones en la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Universidad de Chile, que se dividió en cuatro partes:

1) dinámica de la población en función de la frecuencia y época de utilización del matorral de repanda;

2) preparación de sitios de germinación mediante labores culturales en praderas establecidas de *A. repanda*;

3) influencia del animal como zoocora en la diseminación de frutos de repanda luego de utilizar praderas de esta especie y trasladarse a praderas de terófitas con ausencia de nanofanerófitas, y

4) establecimiento de *A. repanda* en terrenos de cultivo, mediante siembra tradicional.

El estudio de época y frecuencia de utilización se estableció mediante trasplante de plántulas de *A. repanda* obtenidas en invernadero, a una distancia de 5 x 5 m, lo que corresponde a una densidad de 400 plantas por hectárea. El terreno fue preparado el año anterior con rastraje y aradura y desmontado de vegetación arbustiva. Durante 1969, 1970 y hasta octubre de 1971, el sector fue excluido de animales domésticos. En esta última fecha se comenzó a utilizar con ovinos en tratamiento de época e intensidad de utilización. La descripción, en detalle y el manejo posterior del ensayo está descrito en el estudio de Olivares y Gastó (1980).

Las medidas que se tomaron fueron:

densidad de plantas nuevas establecidas durante los años del ensayo y que sobrevivían al 14 de septiembre de 1976, es decir, en la octava estación de crecimiento;

tasa de mortalidad de plantas madres que habían sido establecidas cuidadosamente, asegurándose un establecimiento del 100 % ;

densidad de plántulas nacidas y establecidas en función de la distancia a la planta madre, y

natalidad del año medida en julio de 1976, es decir al mes siguiente del inicio de la temporada de lluvias.

En todos estos estudios no se alteró la cama de semilla con tratamientos mecánicos como rastraje o aradura, excepto el pisoteo de ovinos que utilizó directamente la pradera. Tampoco se controló malezas y otras plantas herbáceas y sólo se eliminó el rebrote de los arbustos invasores naturales.

Para el segundo estudio se seleccionó sectores establecidos en la misma forma anterior, su utilización fue irregularmente intensivo, de 1 a 2 veces al año. Durante los años 1975 y 1976 no fue usado durante el período de crecimiento, lo que permitió acumular la totalidad de frutos en la planta. A mediados de julio de 1976, en algunos sectores se rastreó la entrelínea con una rastra de disco. En otro sector se usó rastra de rama y en un tercer tratamiento, no se preparó cama de

semilla. En algunos sectores se cosechó semilla producida *in situ* y se desparramó en la entrelínea. El tratamiento de rastraje de disco, se hizo antes de la diseminación de diséminulas y el de rama, posterior a ella. El ovino utilizó intensamente tanto la pradera de terófitas como de nanofanerófitas. Los tratamientos que se usaron son combinación de cinco factores.

La tercera parte de este estudio se realizó en una pradera de terófitas ubicadas aproximadamente a 500 m del matorral de *A. repanda* y se utilizó como dormitorio del rebaño de ovejas en lo que se refiere a hojas como frutos.

El objetivo de este estudio fue determinar la migración de los frutos de repanda en el interior del ovino, desde el lugar de consumo a otros sectores o a su dormitorio. Se comparó varios sitios de germinación: pradera natural de terófitas, sin alteración mecánica del suelo versus alteración mecánica del suelo, con rastra de disco y rama. Además, en algunos casos, se adicionó semilla cosechada el año anterior, la que fue diseminada sobre el suelo inmediatamente antes de iniciado el estudio.

Los tratamientos se establecieron durante el mes de julio. La utilización con animales se hizo durante una semana y luego se rezagó el campo hasta la fecha de control.

Para el establecimiento de *A. repanda* en terrenos de cultivo, se preparó el suelo con rastraje de disco. El terreno no había sido roturado durante los últimos 27 años. La cama de semilla quedó mullida, firme y libre de malezas, la siembra se hizo al voleo con una dosis de 100 kg/ha que corresponde aproximadamente a 30.000.000 de frutos/ha. Luego se cubrió con rastra de rama. Las mediciones se hicieron con cuadrantes de 0,5 m x 1,0 m., determinándose densidad de plántulas, tamaño y número de hojas en diversas épocas (Gastó y Contreras, 1976).

Los resultados del estudio de natalidad en función de la frecuencia y época de utilización del matorral de repanda se presentan en el Cuadro 29 y Figura 75.

Los valores de natalidad en la exposición sur de la planta, fueron superiores en cualquiera de las épocas de utilización estudiadas.

Dentro de las épocas de utilización, la mejor fue julio y luego enero. En octubre la natalidad fue muy inferior y en la utilización de abril no hubo natalidad.

La natalidad sigue una curva que va desde cero plántulas en el centro de la planta madre y aumenta gradualmente hasta la proyección del perímetro de la copa y luego disminuye a medida que la dis-

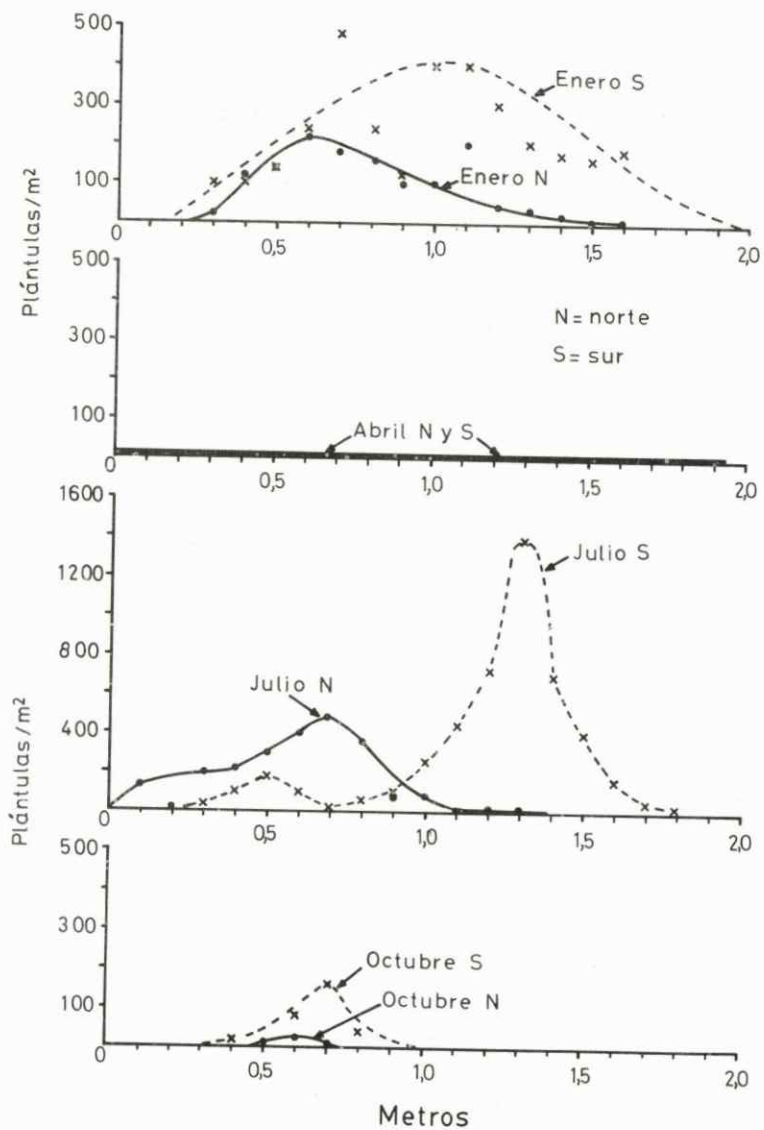


Figura 75. Densidad de plántulas de *A. repanda* emergidas en exposición norte y sur, en función de la distancia a la planta madre, en praderas utilizadas en diversas épocas. Mediciones realizadas en julio de 1976.

Cuadro 29 Número de plántulas emergidas de *A. repanda* en el matorral utilizado una vez al año con frecuencia de doce meses en diversas épocas, durante siete años consecutivos. Mediciones realizadas en exposición norte (N) y sur (S) de la planta madre, en julio de 1976.

| Distancia desde el centro planta | Epoca de utilización y exposición | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | Julio N | Julio S | Enero N | Enero S | Octubre N | Octubre S |
| m | ind/m ² | | | | | |
| 0,10 | 125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,30 | 200 | 40 | 20 | 100 | 0 | 0 |
| 0,40 | 220 | 100 | 120 | 100 | 0 | 20 |
| 0,50 | 300 | 180 | 140 | 140 | 0 | 0 |
| 0,60 | 400 | 100 | 220 | 240 | 20 | 80 |
| 0,70 | 480 | 20 | 180 | 480 | 0 | 160 |
| 0,80 | 360 | 60 | 160 | 240 | 0 | 40 |
| 0,90 | 60 | 100 | 100 | 120 | 0 | 0 |
| 1,00 | 80 | 260 | 100 | 400 | 0 | 0 |
| 1,10 | 0 | 440 | 200 | 400 | 0 | 0 |
| 1,20 | 20 | 720 | 40 | 300 | 0 | 0 |
| 1,30 | 20 | 1.380 | 40 | 200 | 0 | 0 |
| 1,40 | 0 | 700 | 20 | 180 | 0 | 0 |
| 1,50 | 0 | 400 | 0 | 160 | 0 | 0 |
| 1,60 | 0 | 176 | 0 | 180 | 0 | 0 |
| 1,70 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,80 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

tancia aumenta. El máximo valor se obtiene siempre, en cualquiera de las épocas de utilización, cercano al perímetro de la copa. Los valores superiores de natalidad son bastante altos y llegan a densidades equivalentes a 1.380 ind/m². El sitio de germinación influyó considerablemente según la posición horizontal en relación al centro de la planta madre.

Los tratamientos de utilización que dan origen a plantas madres de menor tamaño, que corresponde a frecuencias de uso de seis meses de intervalo, dieron el máximo de densidad de plántulas a menor distancia del centro de la planta madre, ya que estas son más pequeñas

que las utilizadas cada doce meses, lo que genera una dinámica y distribución posterior diferente. La máxima densidad de plántulas tiende a estar a mayor distancia en la exposición sur que en la exposición norte.

La sobrevivencia de plántulas provenientes de praderas utilizadas con diversos tratamientos de época y frecuencia, indican que los mejores resultados se logran cuando se utiliza la pradera en el mes de julio, con una frecuencia de 12 meses, es decir, una vez al año. Si se hace un balance del total de plantas acumuladas durante un período de siete años, medidas al término del período, indica que la densidad varía de acuerdo a la distancia desde el centro de la planta madre y a su tamaño. Este hecho se demuestra al comparar tratamientos con poda de formación o sin ella (Cuadro 30). Este resultado está de acuerdo con el que se logra midiendo las cohortes del año en los diferentes tratamientos de época y frecuencia de utilización, donde existían plantas madres de diferente tamaño.

Esto constituye una demostración empírica de que, a través del manejo, es posible obtener una resiembra natural con tasas de natalidad elevada que incluso llegan a sobrepasar las densidades óptimas del arbusto (Figura 76).

La tasa total de natalidad, expresada en individuos/ha o como individuos/individuo, puede ser muy alta de acuerdo a la frecuencia y época de utilización (Cuadro 31 y Figura 77). En todo caso, la tasa de natalidad sobrepasa en muchas veces a la longevidad fisiológica y ecológica de la planta. Lo anterior indica que es posible aumentar la densidad poblacional del arbusto de acuerdo a los objetivos del manejo.

A pesar de que en la actualidad, no se conoce con certeza la longevidad natural de las plantas de repanda, se dispone de evidencia empírica en La Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Universidad de Chile de ejemplares cercanos a los 20 años de edad, que aún se muestran vigorosos y que han demostrado una mortalidad poblacional mínima.

Por otro lado, se conoce desde esta misma época, algunos ejemplares silvestres que por su estado al comenzar los estudios se supone deberían tener aproximadamente 20 años de edad, y como en la actualidad, aún permanecen vigorosos, es lícito suponer que esta planta puede alcanzar una longevidad de por lo menos 40 años, dependiendo, naturalmente del manejo a que se les someta. Demás está decir que a través del manejo es posible reducir su longevidad ecológica a menos de un año.

Si se supone una longevidad media de 40 años, es decir, una mortalidad de 2,5 % al año, sería necesario provocar una tasa de natalidad de igual magnitud. Los valores de natalidad obtenidos en este estudio, a través de un manejo sencillo, indican una tasa de natalidad muy superior a éste (Cuadro 31).

La tasa de cambio de la población (r), cuando se mantienen valores de migración cercanos a 0, como en el caso presente, es igual a la tasa de natalidad (n) menos la tasa de mortalidad (d), $r = n - d$.

Cuando el valor de r es positivo, ocurre que la densidad poblacional aumenta, en caso contrario ésta disminuye. Cuando la población alcanza un equilibrio, el valor de r es igual a 0. Las cifras presentadas en el Cuadro 31 indican que es posible elevar la densidad poblacional en períodos breves.

Cuadro 30 Porcentaje de plántulas establecidas de *A. repanda* en función de la distancia a la planta madre en el matorral utilizado durante siete años consecutivos una vez al año en el mes de julio, en plantas podadas. Recuento en julio 1976. Plantas mayores de un año de edad.

| Distancia desde centro planta madre | Poda inicial y época de utilización | |
|---|--|-------------------|
| | Julio Con poda | Julio Sin poda |
| --- m --- | ----- % ----- | |
| 0,0 - 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 0,21 - 0,40 | 4,44 | 7,14 |
| 0,41 - 0,60 | 6,67 | 23,81 |
| 0,61 - 0,80 | 6,67 | 26,19 |
| 0,81 - 1,00 | 4,44 | 11,90 |
| 1,01 - 1,20 | 13,33 | 7,14 |
| 1,21 - 1,40 | 6,67 | 14,29 |
| 1,41 - 1,60 | 8,89 | 0,00 |
| 1,61 - 1,80 | 15,56 | 2,38 |
| 1,81 - 2,00 | 4,44 | 0,00 |
| 2,01 - 2,20 | 6,67 | 7,14 |
| 2,21 - 2,40 | 4,44 | 0,00 |
| 2,41 - 2,60 | 0,00 | 0,00 |
| 2,61 - 2,80 | 4,44 | 0,00 |
| 2,81 - 3,00 | 2,22 | 0,00 |
| 3,01 - 3,20 | 8,89 | 0,00 |
| 3,21 - 3,40 | 2,22 | 0,00 |

Cuadro 31. Tasa de natalidad y mortalidad de la pradera de *A. repanda* con terófitas naturales, utilizadas durante siete años en diversas épocas. Medida en julio de 1976

| Tratamiento | Mortalidad o/o | Natalidad | |
|-------------------------|-------------------|-----------|---------|
| | | ind/ha | ind/ind |
| Julio, sin poda | 0,07 | 321 | 0,80 |
| Julio, con poda | 0,86 | 677 | 1,69 |
| Abril, con poda | 0,75 | 0 | 0,00 |
| Enero, con poda | 0,09 | 0 | 0,00 |
| Octubre, con poda | 0,08 | 11 | 0,03 |
| Enero-julio, con poda | 0,15 | 7 | 0,02 |
| Abril-octubre, con poda | 0,16 | 0 | 0,00 |
| Enero-abril | | | |
| Julio-octubre, con poda | 0,87 | 8 | 0,03 |

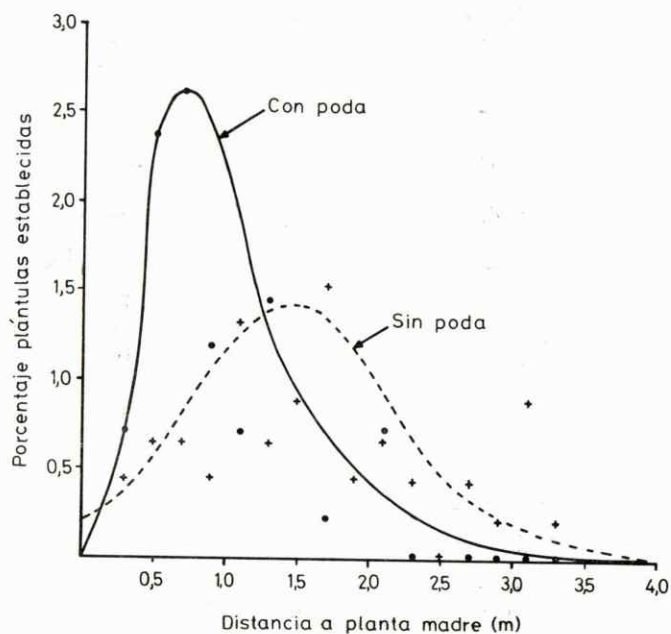


Figura 76. Porcentaje de plántulas de *A. repanda* establecidas en función de la distancia a la planta madre con poda de formación o sin ella. Mediciones realizadas en julio de 1976.

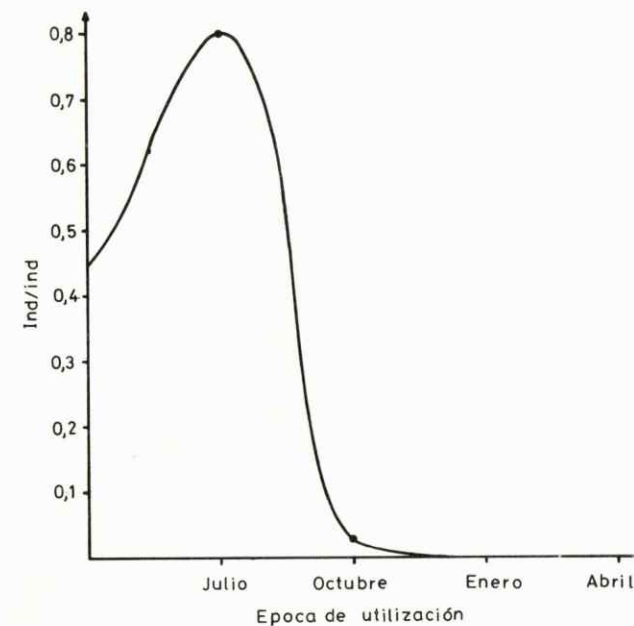


Figura 77. Tasa de natalidad natural establecida después de siete años de utilización de la pradera de *A. repanda* con terófitas naturales, utilizada sólo una vez al año en distintas épocas.

La mayor tasa de natalidad se obtiene con los tratamientos de julio, y la mayor mortalidad se obtiene con los tratamientos de poda.

Dado que la natalidad de plántulas fue buena en el matorral de arbustos; pero al mismo tiempo la mortalidad fue elevada, se supuso que la destrucción de la competencia interestrata, provocada por la planta madre, significaría una menor competencia, una mayor irradiación luminosa y, por lo tanto, una mayor fotosíntesis. Todo ello debería traducirse en plántulas más vigorosas y, por lo tanto, una mayor fotosíntesis. Todo ello debería traducirse en plántulas más vigorosas y, por lo tanto, un menor porcentaje de mortalidad, es decir una mejor resiembra con plantas más vigorosas. Con este objeto se eliminó, por medios mecánicos, la planta madre, y se midió al término de la temporada de precipitación, la densidad de plántulas. Los resultados se pueden apreciar en el Cuadro 32 y Figura 79.

En relación a la estación en que se eliminó completamente la parte aérea del arbusto plantado (octubre), la densidad de plantas fue elevada lográndose medir hasta 1.169 individuos /m², con una altura de 7,7 cm. En cambio, cuando no se eliminó la copa, la densidad, en la misma fecha fue de 0 individuos /m².

En el control del 5 de marzo de 1977 las plántulas más débiles habían muerto y la cohorte se había reducido a una densidad de 12 individuos /m² en la zona de influencia del arbusto. Es importante hacer notar que la mayor parte de estas plántulas tenía un desarrollo vigoroso cuando el período de sequía estival estaba por concluir.

Este estudio da herramientas valiosas en el manejo y recuperación del matorral de repanda determinado por edad, y manejo anterior. Es posible que con la decapitación de plantas adultas se elimine competencia y estimule cohortes de organismos más jóvenes de acuerdo a los objetivos del manejo.

El establecimiento de praderas de repanda mediante siembra directa en terrenos roturados, con buena cama de semilla y sembradas con métodos tradicionales, permite obtener densidades de plantas superiores a las necesidades. Por ejemplo, en el caso del estudio se logró una densidad de 173.200 ind/ha (Cuadro 33), en circunstancia que hubiera sido suficiente 400 ejemplares /ha. En condiciones climáticas desfavorables, como las que se presentaron en la primera etapa del año de establecimiento, se logró una cohorte de 32.000 ind/ha. Con las lluvias de primavera, que fueron superiores a la media del lugar, se obtuvo una segunda germinación cuya cohorte fue de 141.200 ind/ha. (Cuadro 33). El tamaño y vigor de las plántulas, les permitió sobrevivir el primer período seco de su vida. La natalidad estival fue muy baja.

Los controles realizados el 5 de marzo de 1977, es decir, al término de la temporada seca, revelaron una densidad de plantas equivalente a 194.000 individuos /ha. A pesar que esta cifra puede revelar problemas de muestreo, refleja en todo caso que la mortalidad fue mínima.

De todos los tratamientos de establecimiento, el mejor desarrollo de plántula expresada en tamaño individual y densidad poblacional se logró con suelo bien preparado y siembra en fecha oportuna.

En el estudio de inducción de natalidad como consecuencia de utilizar el ovino como zoocora, se controló valores cercanos a 0. Es posible que no se haya encontrado plantas debido a que la población de plantas era muy baja.

Donde se preparó cama de semilla y además se provocó inmigración de frutos, se obtuvo los mejores resultados, alcanzando densidades de 15.480 plántulas /ha (Cuadro 34), cuando se preparó el suelo con rastra de disco y se sembró semillas cosechadas el año anterior y además, se tapó la semilla con rastra de rama, se logró una población de 33.333 plántulas /ha. La rastra de rama probablemente ayudó a dejar en mejores condiciones de germinación la cama de semilla.

La emergencia de plántulas sobre suelo no tratado fue pequeña. Cuando se adicionó frutos, alcanzó sólo a 1.330 plántulas /ha a comienzos de la temporada estival. Su tamaño, sin embargo, fue tan pequeño que en las observaciones del mes siguiente, se registró una mortalidad total.

Con estos resultados, es fácil deducir que para que haya natalidad y establecimiento, es importante generar sitios de germinación favorables, a través del acondicionamiento de una cama adecuada.

Si se analizan los ensayos de siembra y manejo de establecimiento de las plántulas de *A. repanda* durante el primer año, se puede deducir que en terrenos de praderas antiguas, que no han sido cultivadas por mucho tiempo, 10 ó más años, la siembra tardía da como resultado un cultivo limpio, sin gran competencia de malezas debido a que la época tardía de preparación, en la segunda quincena de julio, permite controlar las malezas anuales después de germinar. Además, en este tipo de suelo existe escasa densidad de semillas de malezas de cultivo, tales como crucíferas de los géneros *Raphanus* y *Rapistrum* y compuestas del género *Centaurea*.

Cuadro 32. Densidad y caracteres de plántulas medidas en la zona de influencia de copa de arbustos de ocho años con eliminación de la parte aérea o sin ella. Mediciones realizadas en octubre de 1976 (Gastó y Olivares, 1979)

| | Densidad | | | Cohorte de julio | |
|----------|--------------------------------|-----------------|---------------|------------------|--------|
| | Cohorte julio | Cohorte Sepbre. | Total a Julio | Altura | Hojas |
| | ----- ind/m ² ----- | | | cm | número |
| Con copa | 0,00 | 0,00 | 0,00 | — | — |
| Sin copa | 19,38 | 1.150,00 | 1.169,38 | 7,7 | 18,8 |

Cuadro 33. Densidad de plántulas de *A. repanda* establecidas en cama de semilla bien preparada con adición de diseminulas cosechadas el año anterior. Controles de cohortes realizados en dos fechas diferentes (Gastó y Contreras, 1976)

| Septiembre 1976 | | Medición de octubre 1976 | | | |
|-----------------|------------------|--------------------------|---------|---------------------------------|--------|
| Densidad | Cohorte de julio | Cohorte de sepbre. | Total | Cohorte de septiembre Altura | Hojas |
| ----- | ----- | ----- | ----- | cm | número |
| 13.330 | 32.000 | 141.200 | 173.200 | 8,1 | 29,4 |

Cuadro 34. Densidad de plántulas de *A. repanda* en pradera de terófitas naturales sometidas a utilización por ovinos que han consumido frutos de *A. repanda* y sometidos a diversos tratamientos de resiembra de las nanofanerófitas en julio de 1976. Mediciones en septiembre y octubre del año de establecimiento (Gastó y Olivares, 1979)

| Tratamiento | Septiembre 1976 | | Octubre 1976 | |
|---|--------------------|--------------|-----------------|--------------------|
| | Densidad ind/ha | Altura cm | Hojas número | Densidad ind/ha |
| Rastraje del suelo con rastra de disco | — | — | — | 0 |
| Adición suplementaria de semillas cosechadas el año anterior y rastra de disco | 15.480 | 2,2 | 5,0 | 15.000 |
| Sin tratamiento al suelo | 0 | — | — | 0 |
| Sólo adición suplementaria de semillas cosechadas el año anterior | 1.330 | — | — | — |
| Rastraje de disco y rama en la pradera de anuales | 0 | — | — | 0 |
| Adición suplementaria de semillas cosechadas el año anterior y rastraje de disco y rama | 33.333 | 2,4 | 4,4 | 9.333 |

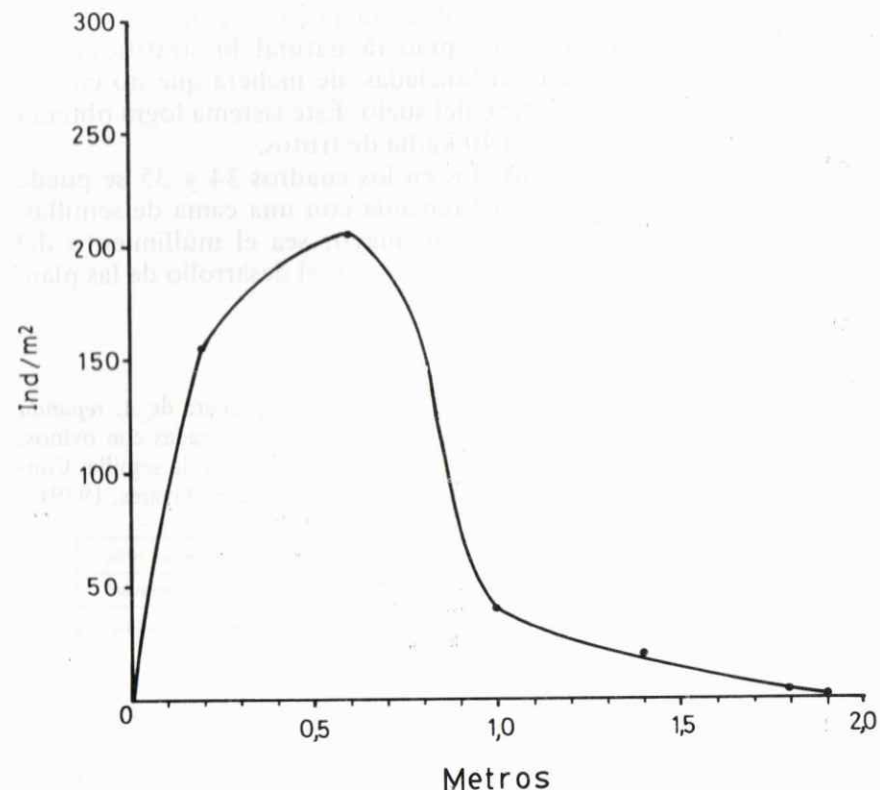


Figura 78. Densidad de plántulas de *A. repanda* al 14 de septiembre de 1976, en función de la distancia al centro de la planta madre, luego de la eliminación total por poda de la copa en el mes de julio de 1976 (Gastó y Olivares, 1979).

La siembra en julio permite tener suficiente temperatura para germinación y estimular un primer crecimiento de la plántula y al mismo tiempo, suficiente cantidad de humedad en el suelo, con probabilidades de lluvia a fines de julio y durante el mes de agosto. Una alta dosis de semillas permite obtener buen stand, aunque el porcentaje de germinación ecológica y en disco de petri sea pequeño.

Si se desea establecer una pradera natural biestratificada, la siembra debe ser en bandas distanciadas, de manera que no cubran más el 30-40 % de la superficie del suelo. Este sistema logra obtener buen establecimiento con 30 ó 40 kg/ha de frutos.

De los resultados presentados en los cuadros 34 y 35 se puede deducir que cuando se establece repanda con una cama de semillas, preparada mediante rastraje, cuanto mayor sea el mullimiento del suelo, mayor será la germinación ecológica y el desarrollo de las plántulas.

Cuadro 35. Densidad de plántulas de arbustos en una pradera de *A. repanda* y terófitas naturales de ocho años de edad utilizadas con ovinos, sometida a tratamientos de preparación de cama de semilla. Controles realizados en dos fechas diferentes (Gastó y Olivares, 1979).

| Tratamiento | Septiembre 1976 | | 14 de octubre 1976 | |
|--|-----------------|--------|--------------------|----------|
| | Densidad | Altura | Hojas | Densidad |
| | ind/ha | cm | número | ind/ha |
| Diseminación semillas del año producidas <i>insitu</i> , sin cama semilla | 0 | — | — | 0 |
| Rastraje de disco y siembra al voleo de semilla del año producidas <i>in situ</i> | 33.333 | — | — | — |
| Rastraje de disco y siembra al voleo semillas producidas <i>in situ</i> y rastraje de ramas final | 44.000 | 4,7 | 6,9 | 90.000 |
| Siembra de semillas del año anterior y rastraje disco | 72.000 | — | — | 1.000 |
| Rastraje de discos, siembra de semillas del año anterior y rastraje de ramas final | 92.000 | — | — | 46.000 |
| Rastraje de discos, siembras semillas del año anterior, acción posterior de pisoteo ovinos y rastraje de ramas | 25.333 | — | — | — |
| Sólo acción ovinos y rastraje disco y ramas | 44.000 | — | — | — |
| Sólo acción ovinos | 0 | — | 2,0 | 1.000 |

Inmigración

El establecimiento natural del arbusto *Atriplex repanda* en áreas no colonizadas, aparentemente se ha hecho por la inmigración de diseminulas, ya sea semillas o frutos, transportados fundamentalmente por el ganado doméstico. Observaciones de terreno han permitido determinar que en los corrales u otros sitios donde se concentra animales que han tenido la oportunidad de consumir frutos de la planta, se establecen plantas de repanda. Esto está de acuerdo con investigaciones que han permitido establecer que el paso de frutos por el tracto digestivo de animales rumiantes permite una mejor germinación de sus semillas, así como también, el efecto de remoción de la capa superficial del suelo produce un mejoramiento de la emergencia de plántulas (Olivares y Johnston, 1978; Badilla, 1975).

A pesar de lo expresado, la experiencia indica que, si bien es cierto existe la inmigración, ésta se realiza con tasas muy bajas a pesar que pueden colaborar en ella las aves y mamíferos menores.

Si se observa la distribución natural de *Atriplex repanda* se aprecia que está concentrada en los valles que atraviesan la región de este a oeste, precisamente por donde transita el ganado trashumante. Al sur del valle del Aconcagua no se presentan poblaciones naturales, a pesar que puede haber inmigración de diseminulas, fundamentalmente debido a que las condiciones ambientales permiten el establecimiento de una vegetación que posee un poder de competencia que impide que el repanda prospere.

Cosecha de poblaciones

Epoca y frecuencia de utilización

El objetivo principal del establecimiento de praderas con arbustos forrajeros en un ecosistema, donde originalmente existía matorral natural o praderas de terófitas, puede ser el aumento de la productividad total de nutrimentos digestibles. Sin embargo, es poco probable que sólo esto justifique el establecimiento indiscriminado de praderas de esta naturaleza. Los antecedentes disponibles en la actualidad, hacen más bien pensar en su uso como praderas de propósitos especiales, donde se dé énfasis a la reducción de las variaciones anuales en la productividad de la materia seca, debido a la variabilidad de la precipitación. En estos casos se puede usar especies anuales que registren

valores promedios de productividad mayores; pero con más amplitud de variación entre años, lo cual hace muy difícil el ajuste de la carga animal. Otras de las razones, que podría justificar el empleo de los arbustos forrajeros es el incremento de la densidad calórica de la energía metabolizable producida por el pastizal, con lo cual se logra una reducción del costo ecológico de cosecha del forraje por el animal y por consiguiente una mayor eficiencia productiva.

En el secano mediterráneo, donde la variación estacional de la precipitación y temperatura son muy marcadas, más importante que la productividad total del forraje, es la productividad estacional, especialmente en los períodos de mayor escasez de alimentos digestibles, que es precisamente durante los meses de verano y otoño. En otras palabras, significa el desarrollo de veranadas en ecosistemas donde, por condiciones ambientales, sólo existen buenas invernadas y campos de primavera.

El desarrollo de pastizales utilizables durante el período de verano y otoño, puede estar íntimamente relacionado con el mejoramiento de la ganadería, pues permite mejorar el encaste y obtener mejores porcentajes de parición y tamaños de las crías al nacer. Una de las épocas más críticas para el ganado en ambientes mediterráneos, es el período en que se inician las lluvias, cuando no existe aún suficiente cantidad de pasto verde, el pasto seco producto del crecimiento de la época anterior se destruye por la humedad y la oveja se encuentra en el último tercio de gestación o primer mes de lactancia, época en que los requerimientos nutritivos son más altos.

Uno de los aspectos importantes por considerar es definir cuantitativa y cualitativamente el papel que debe jugar este pastizal en la producción animal y su susceptibilidad al uso.

La susceptibilidad al uso es de vital importancia, pues define la época en que está disponible su producción, la cantidad que puede ser cosechada y el daño o beneficio que puede experimentar el arbusto. Conscientes de este problema, Olivares y Gastó (1980) realizaron un estudio de época y frecuencia de utilización del arbusto *Atriplex repanda*.

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Universidad de Chile. La vegetación arbustiva natural fue eliminada por destronque manual en 1963. En 1964 se sembró cereal, para luego permitir la regeneración de la estrata herbácea natural. En 1969 se plantó repanda con una densidad de 400 plantas por hectárea a una distancia de 5 por 5 m. Luego de la plantación no se usó la biomasa hasta el inicio del estudio en 1971.

Los tratamientos incluyeron cuatro épocas de utilización y tres frecuencias: utilización en verano-otoño-invierno y primavera, con una frecuencia de 12 meses, es decir, una vez al año; utilización cada 6 meses en otoño y primavera y otra en verano e invierno y, finalmente, utilización cada 3 meses, en cada estación del año.

En las fechas correspondientes a cada tratamiento, la pradera se usó con elevadas densidades de ovinos con el objeto de aplicar el tratamiento de utilización en el menor tiempo posible. También se agregó un tratamiento en que se utilizaba una vez al año en invierno, pero los arbustos no se podaron. El forraje ofrecido por los arbustos en el primer período de utilización se evaluó con muestreo de cinco plantas seleccionadas al azar, previo al pastoreo cortando la disponibilidad total por medio de poda, y removiendo toda la biomasa ubicada sobre 0,15 - 0,20 m sobre el suelo. Luego del período de utilización, se evaluó en igual forma la biomasa remanente a través del muestreo de un número igual de individuos, el resto de la población se uniformó por medio de poda. De la muestra obtenida, se calculó los componentes del rendimiento. En los períodos siguientes la técnica de muestreo fue modificada y en lugar de la poda de formación se empleó la defoliación manual, simulando la acción animal.

Si se analiza la tasa de mortalidad del arbusto, presentada en el Cuadro 36, se puede deducir que la poda de formación es una práctica determinante en la vida útil del arbusto. La poda en otoño e invierno provocó elevados porcentajes de mortalidad de plantas. Sin embargo, esto no significa que la utilización permanente por ovinos en estas épocas caucen tales daños, pues en el tratamiento de uso de la pradera en invierno no sometida a poda presentó bajo porcentaje de mortalidad y, además, se pudo comprobar en todos los tratamientos sólo pequeños porcentajes de mortalidad en los años posteriores.

Con la poda de formación se dejó un residuo de tallos lignificados, en los cuales las yemas aparentemente necesitarán elevado aporte energético para desarrollarse. Si además se considera que se eliminó parte de las reservas energéticas de la planta (Feucht, 1967; Coyne y Cook, 1970), y las condiciones ambientales adversas para el desarrollo inmediatamente posterior de aquellas que se podaron en otoño e invierno, se puede pensar que los brotes rudimentarios que emitieron las plantas permanecieron en este estado hasta que los individuos murieron, posiblemente por agotamiento de sus reservas orgánicas.

Los resultados de natalidad de la nanofanerófita en relación a la época y frecuencia de utilización se presentan en el Cuadro 37. Para analizar este aspecto, en primer lugar debe considerar la posibilidad de obtener semillas disponibles, sobre todo tomando en cuenta que la

Cuadro 36. Influencia de la época y frecuencia de utilización de la época de poda de formación en la tasa de mortalidad de *A. repanda* (Olivares y Gastó, 1980)

| Utilización Epoca | Frecuencia meses | Porcentaje de mortalidad de <i>A. repanda</i> | | | | Epoca poda de formación |
|----------------------|---------------------|--|------|------|-----------|-------------------------------|
| | | 1972 | 1973 | 1975 | Acumulado | |
| Octubre | 12 | 0,9 | 1,7 | 2,7 | 5,3 | Octubre 1971 |
| Enero | 12 | 5,9 | 5,1 | 0,0 | 11,0 | Enero 1972 |
| Abril | 12 | 66,0 | 9,4 | 1,6 | 77,0 | Abril 1972 |
| Julio | 12 | 76,6 | 1,4 | 1,0 | 79,0 | Julio 1972 |
| Julio sin poda | 12 | 8,3 | | 0,2 | 8,5 | No se podó |
| Enero-julio | 6 | 5,3 | 0,8 | 0,3 | 6,4 | Enero 1972 |
| Abril-octubre | 6 | 7,5 | 7,5 | 0,0 | 15,0 | Octubre 1971 |
| Enero-abril | | | | | | |
| Julio-octubre | 3 | 80,5 | 8,2 | 0,0 | 88,7 | Abril 1972 |

Cuadro 37. Influencia de la época y frecuencia de utilización en la natalidad de *A. repanda* (Olivares y Gastó, 1980)

| Utilización Epoca | Frecuencia meses | Plántulas por 25 m ² | | |
|----------------------|---------------------|---------------------------------|-------|------|
| | | 1972 | 1973 | 1975 |
| Octubre | 12 | 0,05 | 0,02 | 0,01 |
| Enero | 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Abril | 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Julio sin poda | 12 | 16,50 | 13,00 | 1,40 |
| Enero-julio | 6 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| Abril-octubre | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Enero-abril | | | | |
| Julio-octubre | 3 | 2,90 | 0,60 | 0,01 |

germinación natural de repanda es muy baja. Según el estudio de Gastó y Olivares (1979) aquellos tratamientos utilizados dos o más veces al año disponen de una menor cantidad de semillas; en cambio, si se desea obtener diséminulas, no se debe utilizar la planta más de una vez al año. Por otro lado, si se descarga la planta en los meses en que ésta presenta la mayor cantidad de frutos (enero-abril), la posibilidad de resiembra se ve seriamente afectada.

Los resultados de este trabajo indican que la utilización cada doce meses, en julio es la que mayor resiembra produjo, lo que se explicaría, porque hubo tiempo suficiente para que gran parte de los frutos producidos en el verano estuvieran disponibles en el suelo. Además, es necesario considerar que el paso de los frutos por el tracto digestivo de ovinos es beneficioso (Olivares y Johnston, 1978), que la época en que caen al suelo coincide con la mejor época de siembra de repanda (Cristi y Gastó, 1971) y que los ovinos al utilizar la pradera en julio eliminan rápidamente la competencia de las terófitas del lugar.

En el caso de la utilización cada tres meses, la resiembra obtenida al comienzo del ensayo, pudo deberse a la cantidad de frutos presentes, cuyo establecimiento se vio favorecido por el intenso pastoreo que determinó una remoción de la primera capa de suelo, permitiendo mejores condiciones de cama de semilla (Badilla, 1976; Olivares y Johnston, 1978).

Los resultados en cuanto a producción de biomasa disponible indican que el comportamiento de los tratamientos fue diferente en los distintos años. Por esta razón se realizó una comparación dentro de cada año (Cuadro 38).

El hecho que las plantas no se comporten en igual forma en los años y que la pluviometría no fuera un factor importante, sugiere que existen otros factores determinantes del medio que inciden en su productividad.

Si se analizan los resultados (Cuadro 39), se puede deducir que a través de los años se tiene un mejor comportamiento de los tratamientos en que se ramonea el arbusto una vez al año en enero o en julio y también la utilización cada seis meses en enero y julio. Además, se aprecia que la utilización en otoño, tanto una vez al año como cada seis meses en toño y primavera, constituyen épocas e intensidades de uso que, en general, produjeron una menor disponibilidad anual de materia seca.

Si los resultados se estudian desde el punto de vista productivo, se puede concluir que el arbusto no debe ser utilizado durante todo

Cuadro 38. Valores promedios de disponibilidad de materia seca por arbustos de *A. repanda* utilizados con diferentes épocas e intensidad de talajeo (Olivares y Gastó, 1980)

| Utilización | | AÑO | | | |
|--------------------------|------------------|--------|--------|---------|---------|
| Epoca | Frecuencia meses | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 |
| ----- kg/individuo ----- | | | | | |
| Enero | 12 | 3,59 a | 1,76 b | 2,12 ab | 3,97 ab |
| Abril | 12 | 3,36 a | — | 1,04 b | 1,58 c |
| Julio | 12 | 1,55 b | 2,98 a | 2,00 ab | 4,18 a |
| Octubre | 12 | 1,52 b | 1,01 b | 1,66 ab | 3,73 ab |
| Enero-julio | 6 | 4,17 a | 1,47 b | 2,38 a | 3,75 ab |
| Abril-octubre | 6 | 1,90 b | 1,44 b | 1,49 b | 2,29 c |

Cuadro 39. Disponibilidad de materia seca en praderas reforzadas con 400 plantas por hectárea de *A. repanda*, utilizadas con diferentes épocas e intensidades de talajeo (kg MS/ha/año)

| Epoca de Utilización | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 |
|----------------------|-------|-------|------|-------|
| Enero | 1.436 | 704 | 849 | 1.587 |
| Abril | 1.344 | — | 415 | 630 |
| Julio | 621 | 1.192 | 801 | 1.673 |
| Octubre | 610 | 404 | 664 | 1.491 |
| Enero-julio | — | 589 | 950 | 1.339 |
| Abril-octubre | 759 | — | 596 | 878 |
| Enero-abril | | | | |
| Julio-octubre* | | | | |

* Con la utilización del primer año, murió el 85% de las plantas.

el año, dado que frecuencias de ramoneo superiores a dos veces al año produjeron la muerte de la mayor parte de las plantas en un lapso no superior al año. No obstante lo anterior, la utilización del arbusto con baja frecuencia, ya sea una o dos veces al año, permite asegurar que es posible aprovechar la biomasa disponible en cualquier época del año sin dañar el arbusto. Este resultado es de vital importancia, ya que situado este recurso dentro de una explotación ganadera, permite hacer uso de él cuando la pradera natural no entrega alimentación suficiente, especialmente desde el punto de vista de su calidad. De esta manera, el arbusto constituye un excelente recurso de propósitos especiales, dado que se puede hacer uso de él, no sólo por su aporte de materia seca, sino que por su calidad pues se mantiene verde todo el año y no presenta problemas serios de defoliación.

Preferencia

El manejo de la pradera natural usualmente está orientado al control de la composición botánica y a la conservación de la vegetación. Para ello lo más importante es manejar la carga animal la que, a su vez, está regulada por la abundancia relativa y vigor de las especies deseables e indeseables, el mantillo y la susceptibilidad a la erosión (Rossiter, 1966).

El consumo de la pradera que hacen los animales en condiciones de pastoreo expresa en gran medida su valor nutritivo (Cramp-ton *et al.*, 1960). Este consumo es regulado por factores endógenos y exógenos. Entre los endógenos se tiene la capacidad física del rumen, en especial cuando se dispone de forrajes toscos de baja tasa de degradación, lo cual es muy importante ya que lo limita, pues la nueva ingestión dependerá de la velocidad de degradación de la ingesta en el rumen. Cuando no existe el factor físico, el control de la ingesta es de índole fisiológico y el control del apetito está gobernado por los requerimientos del animal.

Dentro de los factores exógenos, la disponibilidad de la pradera juega un papel importante. Willoughby (1958) determinó en una pradera compuesta de *Phalaris sp.* y *Trifolium subterraneo* que, cuando la disponibilidad de materia seca es inferior a 1.500 kg/ha, los ovinos no logran el máximo de peso vivo y el consumo disminuye notoriamente cuando el forraje verde ofrecido es inferior a 900 kg de materia seca

por hectárea. Investigaciones realizadas en la Universidad de Chile (González, 1979; Olivares y Gastó, 1979), determinaron que, a medida que la diferencia de potencial del pastizal se va haciendo menor, la magnitud del flujo disminuye; esta afirmación coincide con observaciones de otros autores (Raymond, 1969; Clary, Folliott y Larson, 1978), quienes concluyeron que con animales en pastoreo, la disponibilidad de forraje puede llegar a ser el factor limitante en la velocidad de consumo.

Otro de los factores importantes del pastoreo, es la selectividad animal. Se sabe que los animales ingieren algunas especies más ávidamente que otras, e incluso pueden llegar a rechazar un grupo de ellas. Factores como vellosidad, contenido de fibra, estado de crecimiento, etc. determinan en gran medida la selección animal. Duffey *et al.* (1974) resumen las características de la selección que hacen los ovinos de la vegetación en los siguientes puntos:

seleccionan hojas con respecto a tallos y material verde con respecto a seco;

el material fisiológicamente joven es preferido, porque es generalmente corto o porque difiere del material viejo en su composición química;

el material seleccionado usualmente posee un elevado contenido de nitrógeno, fósforo y energía;

con densidades de carga animal alta, una mayor variedad de especies forma parte de la dieta seleccionada, y

las especies no son uniformemente seleccionadas a través del año, los cambios dependen de la palatabilidad en una época particular.

Las variaciones estacionales en la composición botánica y en la cantidad de alimento disponible establece tales cambios en la composición y cantidad de alimento ingerido, que puede afectar la productividad (Arnold *et al.*, 1966).

La utilización de arbustos forrajeros del género *Atriplex* por ovinos ha sido estudiado en varios países y se ha concluido que la nanofanerófita tiene gran importancia en el manejo de praderas biestratificadas dado que constituye un buen recurso de forraje para los períodos críticos de sequía o de escasez de pasto. El comportamiento de

los ovinos en praderas con arbustos forrajeros varía fundamentalmente con la época de utilización, la disponibilidad de forraje herbáceo y la densidad de plantación de los arbustos.

Wilson *et al.* (1969), trabajando en Australia, determinaron que en primavera el ovino prefería pradera herbácea donde dominaba *Danthonia caespitosa*, *Medicago polymorpha* y *Vulpia myuros* a pesar que *Atriplex vesicaria* era más abundante. En verano, en cambio, la dieta estaba compuesta fundamentalmente del arbusto. Agregan que *Atriplex vesicaria* pudo soportar una carga animal de 0,6 ovejas/ha y que el consumo de hojas del arbusto se incrementó de un 10 %, durante el período de buena disponibilidad de la estrata herbácea, hasta un 80 % cuando la estrata herbácea había sido consumida.

En la Estación Experimental Agronómica Campus Rinconada de la Universidad de Chile, Di Marco (1973) estudió la tasa de consumo, composición botánica y valor nutritivo de las dietas seleccionadas estacionalmente por ovinos de una pradera mediterránea natural reforzada con *Atriplex repanda*.

Las mediciones se hicieron durante 10 días seguidos en los meses de enero, abril, julio y octubre.

La estrata herbácea de la pradera estaba compuesta por *Erodium cicutarium*, *Erodium botrys*, *Trisetobromus hirtus*, *Avena teatina*, *Vulpia dertonensis*, *Koeleria phleoides*, *Amsimkia hispida* (terófitas invernales) y sólo en el período estival se presentó *Raphanus officinalis* y *convolvulus arvensis* (terófitas primaverales y estivales). La estrata arbustiva estaba compuesta por repanda con una densidad de 400 plantas por hectárea. Las parcelas experimentales se utilizaron con ovejas, borregas y capones de raza Merino Precoz Francés, hasta que los animales cosecharon el forraje herbáceo disponibles hasta quedar un residuo inferior a 200 kg/ha de materia seca.

Los resultados de este trabajo indican que el arbusto con una densidad de 400 plantas por hectárea presenta una disponibilidad aproximada de 850 kg MS/ha en el mes de octubre, período en que se inicia su crecimiento y alcanza a 2.000 kg MS/ha a partir del mes de enero, período en que expresa su máximo crecimiento. El rendimiento de materia seca utilizable en el arbusto permanece relativamente constante a un nivel de 70 a 75 % de la materia seca total ofrecida por éste, desde primavera hasta comienzos de otoño. Sin embargo, con posterioridad a este período comienza a disminuir el rendimiento de MS utilizable hasta alcanzar un nivel de 30 % de la MS ofrecida en invierno. Esta disminución, aparentemente, es consecuencia fundamental de la lignificación de los tallos verdes y del pericarpio de los frutos.

La disponibilidad de la estrata herbácea fue aproximadamente de 2.800 kg MS/ha. Esta permanece seca durante el período de maduración en octubre, hasta después de las primeras lluvias efectivas del año en el otoño siguiente, en mayo o junio.

La digestibilidad y energía digestible de la MS de la hojas de *A. repanda* presenta valores similares a los del forraje inicial herbáceo promedio en primavera y superior a éste en el resto del año. Estos valores permanecen relativamente constantes a través del año en aproximadamente 56 a 60 % de la MS y alrededor de 1,9 a 2,0 Kcal/g de MS, respectivamente.

Autores como Wilson (1966) y Bohman y Lesperance (1967) determinaron que el forraje ofrecido por *Atriplex* contiene más proteína cruda, fibra y lignina que las gramíneas. Las hojas de estos arbustos alcanzan valores proteicos de 20 % y las variaciones estacionales de sus componentes químicos son menores que en las gramíneas.

En el período en que el ovino consumió conjuntamente la estrata herbácea y arbustiva, los porcentajes promedios de proteína, lignina y celulosa de la dieta seleccionada, cuando la disponibilidad era máxima, fueron de aproximadamente 15, 13 y 21 %, respectivamente. Sin embargo, en el período en que la estrata arbustiva constituyó el principal recurso a fines de otoño e invierno, las dietas seleccionadas tenían un 20 % de proteína, 7 % de lignina y un 13% de celulosa. Considerando además que los animales seleccionan hojas de repanda cuando disponen del máximo forraje ofrecido se puede deducir que las hojas contienen más proteína cruda y menos lignina y celulosa que el forraje herbáceo después de su máximo período de crecimiento.

El período verano-otoño, cuando los ovinos dispusieron de la máxima disponibilidad de alimento utilizable, el forraje arbustivo representó un 10 % del peso total de la dieta seleccionada. Esta cifra aumentó a un 30 % en el mes de octubre, pero en invierno, en julio, cuando el arbusto constituyó la principal fuente de alimento, los ovinos seleccionaron dietas con un 90 % de *A. repanda*. Durante los meses de enero y abril, los animales seleccionaron mayor cantidad de arbusto a medida que la disponibilidad de forraje residual disminuyó. Cuando esta última llegó a 1,4 a 1,6 ton/ha el arbusto contribuyó con un máximo de 40 a 50 % del peso total de la dieta seleccionada (Figura 79). Con disponibilidades residuales inferiores nuevamente bajó la contribución del forraje arbustivo en el peso de la dieta seleccionada, como consecuencia del aumento de la proporción de tallos con respecto a las hojas en el arbusto.

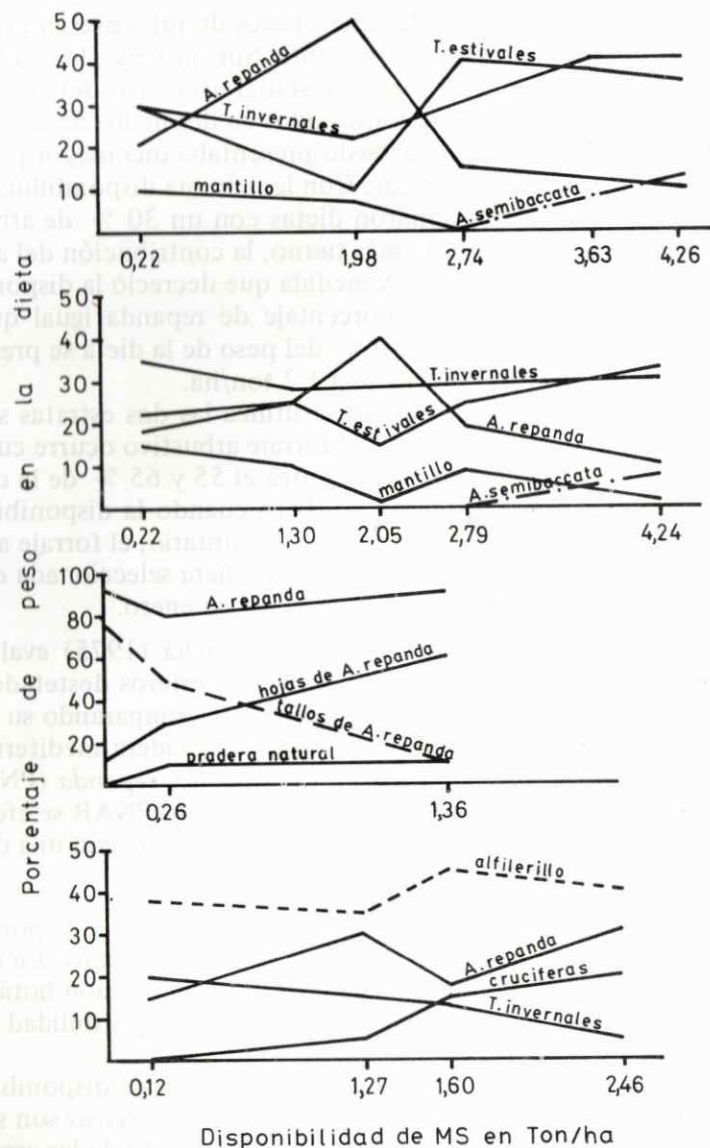


Figura 79. Composición botánica de las dietas seleccionadas en los meses de enero, abril, julio y octubre, al disminuir la disponibilidad de forraje total utilizable (Di Marco, 1973).

Las dietas seleccionadas durante el mes de julio presentaron un 90 % de arbustos más o menos constante. Sin embargo, la calidad de la dieta bajó al disminuir el forraje residual arbustivo debido a que aumentó el porcentaje de tallos consumidos en desmedro de las hojas.

En el mes de octubre, el arbusto presentaba una mayor proporción de hojas que en otras épocas. Con la máxima disponibilidad del período, los animales seleccionaron dietas con un 30 % de arbusto. Cuando se consumió el rebrote más tierno, la contribución del arbusto en la dieta bajó a un 20 %. A medida que decreció la disponibilidad herbácea se incrementó el porcentaje de repanda igual que en enero y abril. El máximo de un 30 % del peso de la dieta se presentó cuando el residuo herbáceo decreció a 1,2 ton/ha.

En términos generales, cuando se utiliza las dos estratas simultáneamente, la mayor utilización del forraje arbustivo ocurre cuando los ovinos han retirado por pastoreo entre el 55 y 65 % de la disponibilidad inicial del forraje herbáceo. Pero cuando la disponibilidad de forraje herbáceo no limita al consumo voluntario, el forraje arbustivo contribuye en un 30 % del peso de la dieta seleccionada en los meses de abril y octubre y con un 15 a 20 % en enero.

Siguiendo con esta línea de trabajo, Concha (1975) evaluó la tasa de consumo y ganancia de peso vivo de corderos destetados en una pradera mediterránea anual semi-árida (PN), comparando su comportamiento en una pradera biestratificada de pradera mediterránea anual semiárida con 400 arbustos/ha de *Atriplex repanda* (PNAR), durante el período seco del año. En el tratamiento PNAR se efectuó pastoreo rotativo, utilizando una sola vez cada parcela con una densidad de carga de 0,45 UA/ha.

En la pradera se determinó composición botánica, disponibilidad, digestibilidad, energía y proteína del forraje ofrecido. En el forraje consumido por los animales se determinó composición botánica, consumo de materia orgánica, energía, proteína y digestibilidad de la materia orgánica.

El análisis de la composición botánica del forraje disponible indicó que especies como *Hordeum sp.* y *Vulpia dertonensis* son seleccionadas por ovinos en el período seco cuando el resto de las especies disponibles es bajo.

La proporción de los componentes morfológicos del arbusto se mantuvo relativamente inalterada a medida que avanzó el pastoreo, siempre y cuando aún quedara arbusto disponible. La fructificación de repanda al parecer cambió la relación entre los componentes, pero no se alteró mayormente con el pastoreo (Cuadro 40)

Cuadro 40. Cantidad relativa de los componentes morfológicos de *Atriplex repanda* en relación a la disponibilidad (Concha 1975)

| Componente morfológico | Parcela | Disponibilidad | | |
|------------------------|---------|----------------|------------|-------|
| | | Inicial | Intermedia | Final |
| ----- 0/0 ----- | | | | |
| Hojas | 1 | 62,33 | 60,65 | 0,00 |
| | 2 | 75,86 | 27,33 | 0,00 |
| | 3 | 27,36 | — | 28,26 |
| Tallos comestibles | 1 | 37,67 | 39,35 | 0,00 |
| | 2 | 24,14 | 17,07 | 0,00 |
| | 3 | 12,04 | — | 13,19 |
| Frutos | 1 | — | — | — |
| | 2 | — | 55,60 | 0,00 |
| | 3 | 60,60 | — | 58,55 |

Dentro de la disponibilidad total de forraje de la pradera, hay una parte que se pierde por pisoteo, caída de semillas, consumo por la fauna silvestre, etc. Una apreciación visual en el estudio indicó que aparentemente la pérdida más importante de forraje se produjo por pisoteo y destrucción del arbusto cuando era ramoneado por el animal.

La disponibilidad de la estrata herbácea fluctuó entre 1.500 y 2.000 kg MS/ha, siendo superior en el tratamiento con repanda. En el arbusto, la disponibilidad inicial de materia seca aumentó en el período debido al crecimiento de la planta en los meses de primavera-verano. Sin embargo, al avanzar la utilización, la disponibilidad disminuyó hasta agotarse, quedando sólo un residuo de 328 kg/ha en la última parcela usada (Figura 80).

Al analizar el consumo de los animales, se observó que al inicio del pastoreo el arbusto representaba un porcentaje de 60 % de la dieta seleccionada, posteriormente hubo marcada disminución de los componentes del arbusto, llegando a ser casi nula al final del período de pastoreo. Simultáneamente se determinó un fuerte aumento de consumo de terófitas hasta llegar a representar alrededor del 90 % de la dieta. Los tallos del arbusto tuvieron un porcentaje más o menos constante durante todo el período.

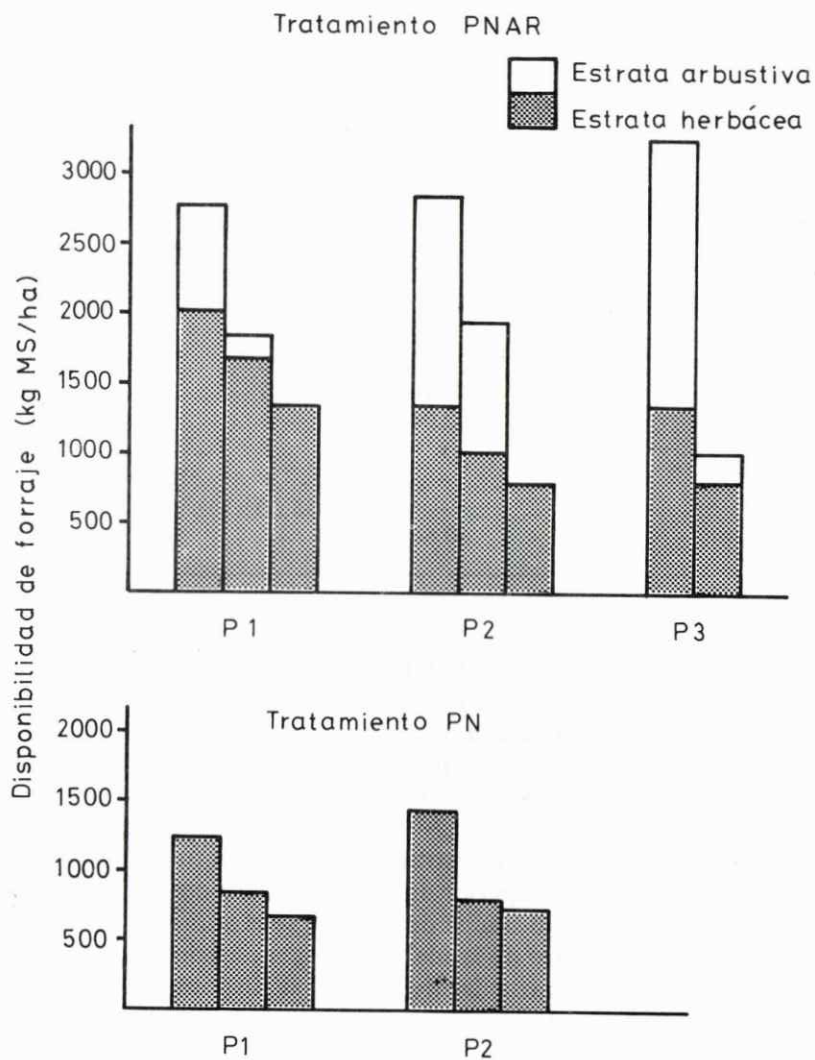


Figura 80. Disponibilidad de forraje inicial, intermedia y final por hectárea (Concha, 1975).

En el tratamiento con pradera herbácea, a medida que bajó la disponibilidad de forraje disminuyó la participación de *Erodium sp.* y aumentó la presencia del *Vulpia dertonensis*. Al término del período de pastoreo, hubo un incremento del porcentaje de terófitas estivales en la dieta.

El consumo promedio de materia seca fue superior en el tratamiento de pradera biestratificada (Cuadro 41).

En el tratamiento PNRA se produjeron pérdidas de peso vivo al finalizar el pastoreo en las dos primeras parcelas que coincidieron con el término de la disponibilidad del arbusto. En la pradera de terófitas, la ganancia de peso vivo en la primera parcela usada disminuyó y se hizo negativa desde la mitad del período de pastoreo hasta que se cambió los animales. En la segunda parcela se produjo una ganancia de peso vivo superior (Cuadro 42 y Figura 81).

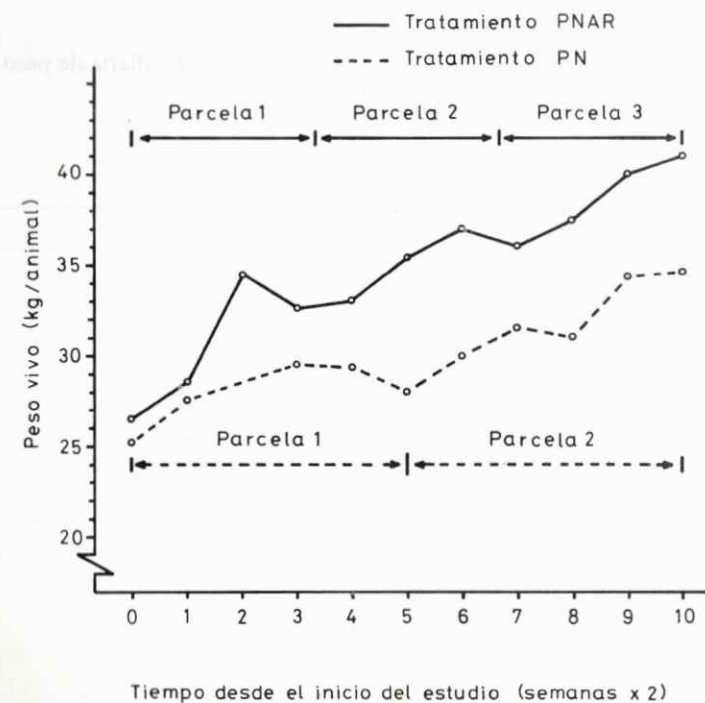


Figura 81. Variación del peso promedio de los ovinos desde el inicio hasta el término del estudio (Concha, 1975).

Cuadro 41. Consumo voluntario promedio de materia seca por animal al día por parcela de cada tratamiento (Concha, 1975)

| Parcela | Tratamiento | |
|---------|--|---------------------------------|
| | Pradera biestratificada con repanda (PNRA) | Pradera mediterránea anual (PN) |
| | ----- g MS/animal/día ----- | |
| 1 | 921 a | 673 a |
| 2 | 1.542 b | 1.096 b |
| 3 | 1.555 b | |

Cuadro 42. Pesos vivos iniciales, finales y ganancia total y diaria de peso de los ovinos en cada tratamiento (Concha, 1975)

| Medición efectuada | Tratamiento | |
|----------------------------|--|---------------------------------|
| | Pradera biestratificada con repanda (PNAR) | Pradera mediterránea anual (PN) |
| | ----- kg ----- | |
| Peso vivo promedio inicial | 26,44 a * | 25,33 a |
| Peso vivo promedio final | 41,06 A | 34,25 B |
| Ganancia total de peso | 14,62 | 8,92 |
| Ganancia diaria de peso | 0,104 | 0,063 |

* Las letras minúsculas comparan el peso vivo promedio inicial y las letras mayúsculas el peso vivo promedio final.

CAPITULO VI. PRODUCCION SECUNDARIA



PRODUCTIVIDAD SECUNDARIA

La producción secundaria o producción animal está basada, fundamentalmente, en la utilización de pasturas y es, en esencia, un proceso de conversión de la energía solar en energía vegetal (producción primaria) y la conversión de esta energía acumulada en producto animal.

La eficiencia con que la energía incidente se convierte primero en materia vegetal y, posteriormente, en producto animal, dependerá de la capacidad del tejido vegetal para convertir la energía solar y la de los animales para transformar y utilizar la energía almacenada en los vegetales.

Estos procesos se encuentran determinados en gran medida por interacciones complejas entre distintos factores limitantes, tales como genéticos, nutritivos, climáticos e incluso patológicos que constantemente afectan a los organismos en su medio. Otro factor importante que determina la eficiencia de conversión es la capacidad del hombre para manejar el ecosistema.

James (1969) resume estos conceptos en la Figura 82 donde esquemáticamente se puede visualizar cómo la energía incidente se va descomponiendo en energía usada directamente para la producción, y en aquella que es usada o gastada en cada una de las etapas que se presentan entre que la luz solar es recibida hasta la etapa en que esta energía se convierte en energía química comercializable.

En los capítulos anteriores, se ha descrito gran parte de los fac-

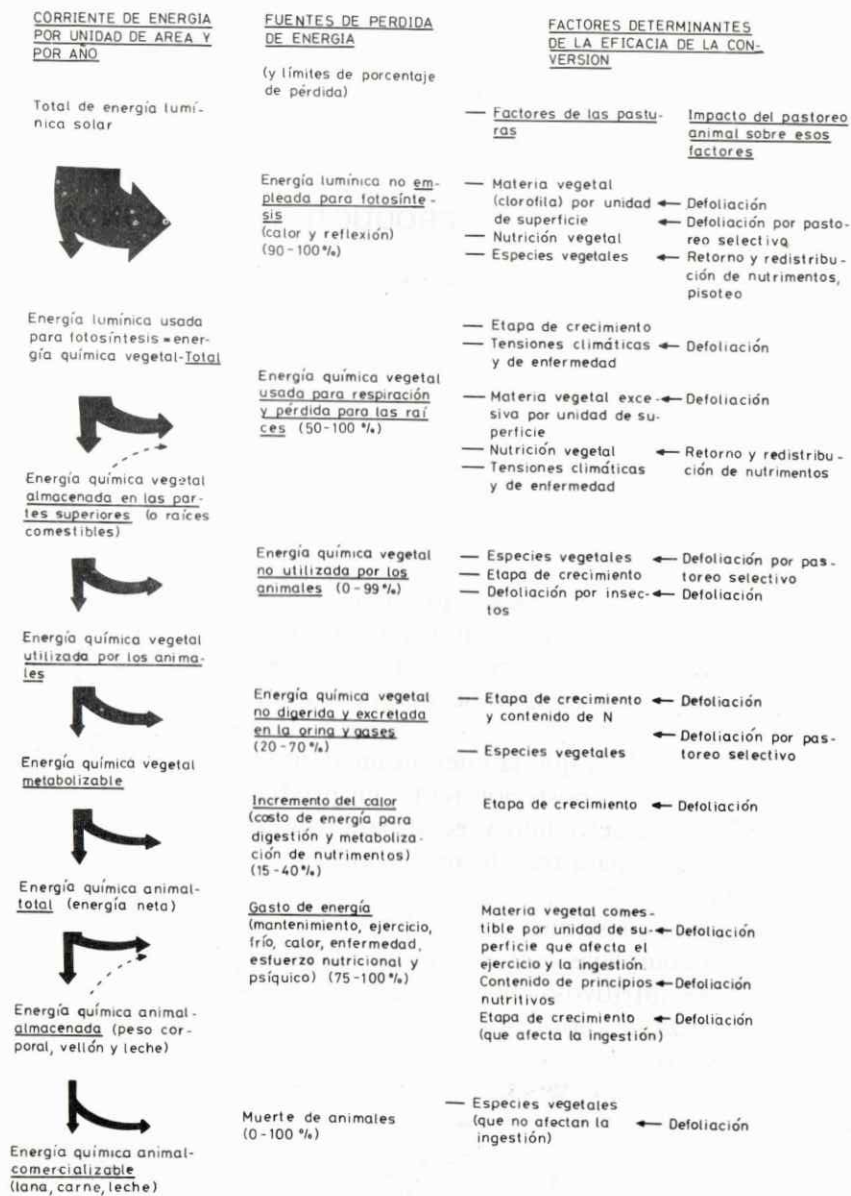


Figura 82. Esquema del flujo de energía en la producción de pasturas (James, 1969).

tores que determinan la producción primaria del ecosistema. En el presente se entregan los antecedentes con que se cuenta a la fecha sobre el papel que desempeña la estrata arbustiva en la producción animal.

Los animales domésticos no sólo requieren de los nutrimentos para mantener el organismo y reparar las estructuras que se desgastan, sino que también para sintetizar los productos que el hombre cosecha en forma de carne, leche, lana, trabajo, etc. Por lo tanto, siempre tendrán dos tipos de requerimientos, aquellos más o menos constantes que dependen especialmente del peso del individuo (requerimientos de mantención) y aquellos que están de acuerdo con el tipo y nivel de producción animal (requerimientos de producción).

En sistemas extensivos de producción, característicos de los ecosistemas en estudio, la fuente básica de alimentos para animales rumiantes la constituye la pradera. Este hecho determina una gran dependencia del animal con respecto a la pradera y, por lo tanto, se deben ajustar, en mayor o menor grado, las diferentes etapas fisiológicas del animal al ciclo productivo de la pradera, de tal manera que los períodos de mayores requerimientos del productor coincidan con los períodos de mayor disponibilidad y calidad de la producción primaria.

A pesar de los esfuerzos que emplea el hombre en ajustar los dos ciclos, generalmente no logra una coincidencia completa y durante ciertos períodos se presentan déficit alimentarios tanto en cantidad como en calidad, que normalmente afectan la producción.

El secano mediterráneo presenta inviernos moderadamente lluviosos, acompañados de bajas temperaturas y veranos calurosos y secos. La producción primaria de las terófitas en estas condiciones posee una marcada estacionalidad, ya que las especies germinan, crecen y maduran en un corto período, que da como resultado una mayor disponibilidad de materia seca en los meses de primavera, cuando las plantas inician su etapa de desarrollo reproductivo, particularmente a partir de la formación del tallo floral (Segarra, 1980).

A la estacionalidad de la pradera hay que agregar su variación en producción primaria, determinada por las extremas variaciones estacionales y anuales de la precipitación y temperatura del medio, características propias de las zonas áridas y semiáridas.

Los períodos de déficit alimentario de la pradera herbácea coinciden con etapas importantes del desarrollo de los animales. En el período de encaste de los ovinos, si bien es cierto se puede lograr una elevada disponibilidad de forraje con un buen manejo de la pradera

natural, ésta se encuentra en su período seco y su valor nutritivo es muy bajo. Otra etapa crítica para estos animales corresponde al inicio del período de las lluvias, cuando aún no existe suficiente cantidad de forraje verde, el pasto seco se destruye por la humedad y las ovejas se encuentran en el último tercio de gestación o primer mes de lactancia, época en que los requerimientos nutritivos son más altos.

El período de encaste, desde el punto de vista alimenticio, puede llegar a convertirse en una etapa crítica si el nivel nutricional de la oveja o carneros ha sido muy bajo, ya que su fertilidad estará reducida. Además, si se pretende obtener el máximo de respuesta en términos de prolificidad, sobre todo en una explotación intensiva, el nivel nutricional deberá incrementarse significativamente, aunque desde el punto de vista animal no constituye un período crítico propiamente tal. Allen y Lamming (1961) observaron que el grado de ovulación parece ser una función del nivel de nutrimentos disponibles en la dieta o de las reservas corporales. Esto es especialmente cierto en cuanto a las ovulaciones múltiples, ya que en ovejas alimentadas con dietas con las cuales perdieron peso, el grado de ovulación declina en la medida en que las reservas corporales se reducen y esta declinación es a expensas de la ovulación múltiple.

Durante las últimas seis semanas de gestación de ovinos, el feto alcanza su mayor tasa de crecimiento y la ubre de la oveja se desarrolla y prepara para la producción de leche. Dado los altos requerimientos de esta etapa de desarrollo, una nutrición inadecuada puede causar muerte de ovejas y corderos por toxemia de la preñez, nacimientos de corderos débiles, inhibición en su potencial de crecimiento, menor producción de leche, disminución del instinto maternal y reducidos pesos al destete (Everitt, 1967; Peart, 1967; Shinckel, 1963).

La desnutrición en este período puede afectar al feto o a la madre. Cuando es el vientre el afectado, el feto continúa creciendo a un ritmo normal, ya que la oveja aporta de sus propias reservas corporales al desarrollo del feto, lo cual se agudiza si la madre lleva más de un feto (Mc Donald, 1965; Robinson, 1977).

Los arbustos forrajeros, especialmente del género *Atriplex*, crecen durante todo el año, pero su tasa de crecimiento se incrementa significativamente en el período estival (Zúñiga, Gastó y Caviedes, 1980).

El valor nutritivo de *Atriplex repanda* es elevado, pues se ha llegado a determinar valores de 18 % para proteína cruda, 23,6 % de fibra cruda, 3,2 % de extracto etéreo y 41,5 % para extracto no nitrogenado, de hojas, tallos y frutos, es decir del forraje consumible

por el ganado (Gastó y Contreras, 1972 b).

Otras experiencias han demostrado que sólo las hojas del arbusto presentan niveles de digestibilidad, energía digestible y proteína cruda comparables con los de la estrata herbácea en su período de crecimiento máximo. Los tallos fotosintéticos presentan valores de 22 y 36 % de digestibilidad de la materia orgánica y la energía digestible fluctúa entre 0,9 y 1,7 Kcal/g de materia orgánica. La digestibilidad de los frutos varía entre 40 y 49 %, su energía digestible entre 1,5 y 2,8 Kcal/g de materia orgánica y la proteína cruda alcanza a un 13,9 % (Di Marco, 1973; Concha, 1975).

Los antecedentes expuestos hacen pensar que uno de los objetivos importantes del establecimiento de arbustos forrajeros sea su utilización como pradera de propósitos especiales donde se puede constituir en un aporte alimenticio no sólo por calidad, sino por su cantidad y época del año en que está disponible, para suplementar las deficiencias de la pradera herbácea natural.

Conscientes del problema planteado, en 1971 se inician en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile estudios tendientes a evaluar el efecto del empleo de praderas herbáceas naturales, reforzadas con *Atriplex repanda* en las diferentes etapas del ciclo productivo de los ovinos.

Primero se evaluó el encaste de ovinos sobre pradera biestratificada en comparación con el manejo del rebaño de iguales características en praderas de terófitas anuales (Rodríguez y Gastó, 1972). El trabajo comenzó con un período de "pre-flushing" el 20 de diciembre de 1971 hasta el 15 de enero de 1972, manteniéndose las ovejas en pradera natural herbácea de baja disponibilidad para obtener un descenso de peso y lograr así un buen efecto "flushing". A partir del 16 de enero comenzó el período de "flushing" separando las ovejas en dos grupos homogéneos, uno en pradera de terófitas y el otro en pradera con repanda. Durante las dos primeras semanas, las ovejas se mantuvieron con carneros vasectomizados con el objeto de estimular la actividad sexual de las hembras, en los dos tratamientos estas dispusieron de forraje *ad libitum*.

El período de encaste se inició el 1º de febrero con un 6 % de carneros durante 90 días. Se contabilizó el número de montas diarias, aunque no fue posible determinar exactamente el número de servicios reales. Después del encaste, ambos grupos de animales se mantuvieron en pradera natural herbácea cuidando de mantener una alimentación suficiente. Al comenzar la parición en julio, se controló diariamente el rebaño, y a medida que nacían los corderos eran pe-

sados e identificados.

En el Cuadro 43 se observa que la fitomasa disponible fue mayor en la pradera de repanda al iniciarse el trabajo, como también la proteína digestible, en cambio el consumo fue similar.

Cuadro 43. Disponibilidad de fitomasa y consumo ovino de las praderas (Rodríguez y Gastó, 1972)

| Pradera | Disponibilidad de forraje | | | |
|-------------------|---------------------------|-----------|---------------------|--------------|
| | Ofrecido | Rechazado | Proteína digestible | Consumo |
| | ----- kg MS/ha ----- | ----- | o/o MS | g/día/animal |
| Nanofanerófito | 2.054 | 1.942 | 16,2 | 54,6 |
| Biestratificada | | | | |
| Herbácea | 847 | 518 | 9,3 | 50,4 |
| Terófito herbácea | 1.784 | 1.437 | 10,0 | 49,9 |

En la Figura 83 se muestran las fluctuaciones de los pesos de las ovejas en el período entre el "pre-flushing" y el término de la época de encaste. Se puede apreciar un descenso de peso en enero, producto de la restricción alimenticia a que fueron sometidas las hembras. El aumento posterior se atribuye a la alimentación sin restricción en que se mantuvo a los animales durante el período de "flushing".

La diferencia de peso promedio en las ovejas alimentadas con *Atriplex repanda* fue de 4 kg por animal; en cambio, aquellas alimentadas sólo con terófitos presentan un peso superior de 2 kg. Esta diferencia puede ser relevante, sobre todo si el animal es alimentado posteriormente en el período de último tercio de preñez con praderas de mala calidad.

Los resultados en cuanto a la concentración de montas, dato interesante de observar para comparar la respuesta ovárica al estímulo alimenticio de ambas praderas, se resumen en la Figura 84 y los cuadros 44 y 45. En la Figura 45 se puede apreciar que el número de

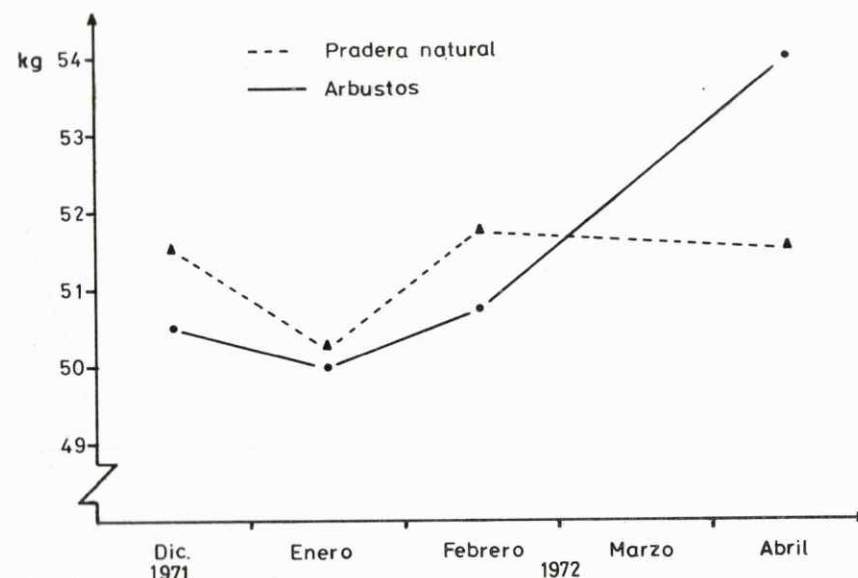


Figura 83. Variación de pesos de las ovejas alimentadas con praderas de terófitos y con repanda durante el período entre el "flushing" y encaste (Rodríguez y Gastó, 1972).

montas en el caso de los animales que estaban en arbusto supera el 100%. Esto se debió a que algunas ovejas fueron montadas en más de una oportunidad, probablemente causado por el régimen de semi-confinamiento a que fueron sometidas y al elevado porcentaje de reproductores.

Del Cuadro 44 se deduce que un número mayor de ovejas repitió sus montas en la pradera arbustiva. No obstante, de acuerdo a los datos de fecha de parición, la mayoría de estas ovejas habían quedado preñadas en la primera monta.

Controlando una monta por oveja, sin considerar las repeticiones, se aprecia que la respuesta ovárica a la alimentación con arbustos es mayor partiendo del supuesto que la primera monta fue fecunda, hecho que posteriormente fue confirmado por la fecha de parición.

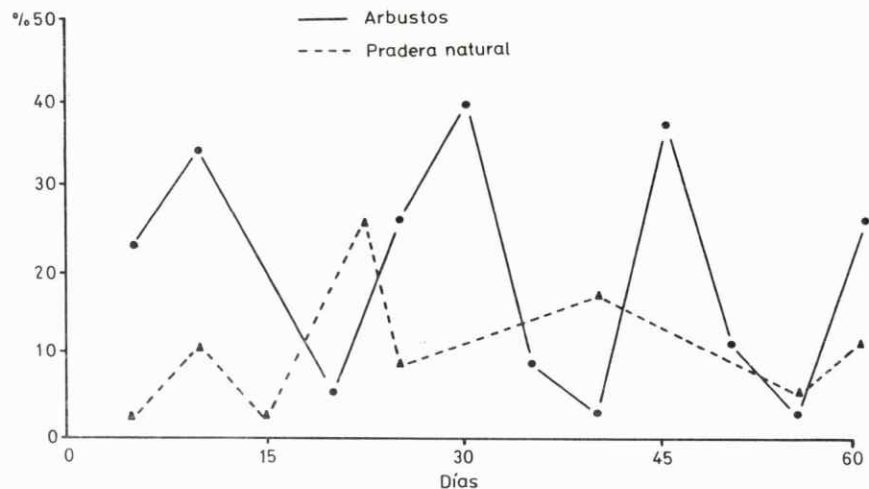


Figura 84. Concentración de montas, expresado en porcentaje de ovejas cubiertas y agrupadas cada 5 días desde el momento en que comenzó el "flushing" (Rodríguez y Gastó, 1972).

Cuadro 44. Porcentaje de ovejas que tuvieron una o más montas en el período (Rodríguez y Gastó, 1972)

| Pradera | 1 monta | 2 montas | 3 montas | 4 montas |
|-----------|---------|----------|----------|----------|
| Arbustiva | 100,0 | 35,0 | 26,0 | 12,0 |
| Terófitas | 100,0 | 15,0 | 12,0 | 6,0 |

Los porcentajes de ovejas paridas y los porcentajes acumulados de parición durante los primeros 75 días desde que se inició el período de nacimiento (Figura 85 y Cuadro 46), muestran que la cantidad de ovejas paridas en praderas herbáceas es inferior en un 21 % con respecto a las alimentadas con arbustos.

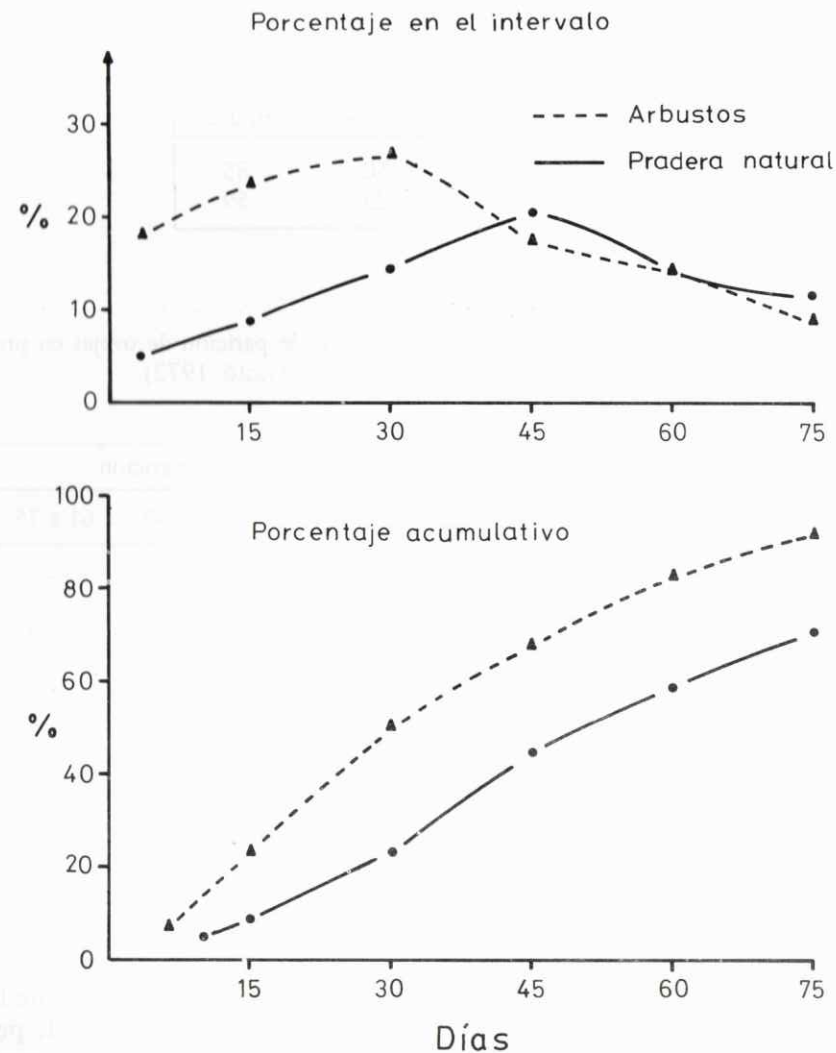


Figura 85. Porcentajes parciales y acumulados de pariciones durante los primeros 75 días del período (Rodríguez y Gastó, 1972).

Cuadro 45. Porcentajes de ovejas montadas hasta los 30 y 60 días desde el comienzo del período de encaste (Rodríguez y Gastó, 1972)

| Pradera | Ovejas montadas | |
|-----------|-----------------|---------|
| | 30 días | 60 días |
| Arbustiva | 50 | 85 |
| Terófitas | 23 | 59 |

Cuadro 46. Porcentajes parciales y acumulativos de parición de ovejas en pradera herbácea y arbustiva (Rodríguez y Gastó, 1972)

| Pradera de encaste | Días desde la iniciación de la parición | | | | |
|--------------------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 a 15 | 16 a 30 | 31 a 45 | 46 a 60 | 61 a 75 |
| | ----- % en el período ----- | | | | |
| Arbustiva | 23,5 | 26,5 | 17,6 | 14,7 | 8,8 |
| Herbácea | 8,8 | 14,7 | 20,5 | 14,7 | 11,7 |
| | ----- % acumulado ----- | | | | |
| Arbustiva | 23,5 | 50,0 | 67,6 | 82,3 | 91,2 |
| Herbácea | 8,8 | 23,5 | 44,0 | 58,7 | 70,4 |

La concentración de partos de las ovejas en pradera arbustiva dentro de los primeros 30 días fue superior en más del 50^o/o. Esto sugiere que la respuesta ovárica en estas ovejas fue superior y que la alimentación con arbustos no sólo produjo mayores aumentos de peso, sino que, además, si se mide la respuesta del animal como aumento de la actividad sexual de las ovejas, esta alimentación fue suficiente como para obtener una mejor respuesta al "flushing". Una comprobación de este hecho se obtiene de la observación del Cuadro 47, en el cual se aprecia que el número de ovejas con mellizos y el total de ovejas paridas fue significativamente superior en el rebaño que se alimentó con arbusto.

Cuadro 47. Porcentaje de ovejas con parición simple, doble y total de ovejas paridas (Rodríguez y Gastó, 1972)

| Pradera | Parición simple | Parición doble | Total |
|-----------|-----------------|----------------|-------|
| | ----- % ----- | | |
| Arbustiva | 61,7 | 32,3 | 94,0 |
| Herbácea | 76,4 | 11,7 | 88,0 |

Otro trabajo importante dentro de esta línea de investigación lo constituye el estudio de los efectos de la suplementación a ovejas durante el último tercio de gestación con *Atriplex repanda* como refuerzo de la pradera natural herbácea (Duchens y Cuneo, 1980).

En este estudio se usó 40 hembras Merino Precoz Francés de segundo a cuarto parto sometidas a un período de encaste de dos meses en pradera natural herbácea y seleccionadas con un diagnóstico previo de preñez. Los tratamientos estudiados fueron alimentación de estas hembras gestantes durante el último tercio de gestación entre abril y mayo en pradera herbácea natural y en una pradera similar plantada con *Atriplex repanda* con una densidad de 625 arbustos por hectárea usando dos cargas animales de 0,5 y 2,0 ovejas/ha/año.

La pradera herbácea presentó dominancia de *Erodium sp.* con porcentajes que fluctuaban entre 61,5 y 79,2 %. El resto de las especies de la pradera en orden de importancia fueron *Trisetobromus hirtus*, *Vulpia dertonensis* y *Bromus sp.*

Al comienzo del período, cuando las ovejas tenían una disponibilidad de alimento que les permitía un consumo *ad libitum*, se observó un gran consumo de forraje (Cuadro 48), dando como resultado una rápida disminución en la disponibilidad de forraje hasta prácticamente desaparecer al final del período, donde sólo quedaba el mantillo y parte del nuevo crecimiento de la pradera herbácea, consecuencia del nuevo ciclo de crecimiento después de las primeras lluvias otoñales. Aquellas ovejas alimentadas en pradera arbustiva mostraron un mayor consumo de un 30 % en las cargas más altas y de un 50 % en las cargas bajas.

Los animales alimentados con arbustos tuvieron corderos de mayor peso al nacimiento y menores pérdidas de peso al parto. Esto fue

Cuadro 48. Disponibilidad y consumo de materia seca (kg/ha) para cada tratamiento y por período de muestreo (Duchens y Cuneo, 1980)

| Pradera | Período de muestreo | | | | | |
|------------------|------------------------|-----------|--------------|-----------|---------------|--|
| | 12 - 20 abril | | 20 - 30 mayo | | 20 - 30 junio | |
| | Disponibilidad inicial | Remanente | Consumo | Remanente | Consumo | |
| Arbustiva | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | 2.396 | 833 | 1.563 | 627 | 206 | |
| 0,5 ov/ha/año | 2.934 | 1.241 | 1.693 | 965 | 276 | |
| Herbácea | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | 2.136 | 1.121 | 1.015 | 403 | 370 | |
| 0,5 ov/ha/año | 1.624 | 639 | 985 | 269 | 718 | |

consecuencia del mayor consumo de forraje y de una mayor posibilidad de selección que resultó en dietas más ricas en energía digestible (ED) y proteína cruda (PC) (cuadros 49 y 50).

En la medida que avanza el período de utilización todas las ovejas sufren pérdidas de peso, especialmente aquellas de los tratamientos de carga animal elevada, debido principalmente a la disminución progresiva de disponibilidad de forraje ofrecido, lo que según Olivares y Gastó (1979) y González (1980) determinan un costo de cosecha más elevado. También la reducción de consumo estuvo asociada a una pérdida de calidad del forraje ofrecido, en especial en cuanto a digestibilidad de la materia seca y energía digestible (Cuadro 51).

Los distintos planos nutritivos impuestos por el tipo de pradera y la carga animal produjeron diferentes respuestas en relación al peso vivo de las ovejas, al parto y en el peso de los corderos al nacimiento y su posterior desarrollo.

Si se analiza el efecto del tipo de pradera disponible, aislándolo de los efectos de carga animal, tipo de parto y sexo (Cuadro 52) se aprecia un mayor peso al nacimiento en aquellos corderos cuyas madres recibieron *Atriplex repanda*. Aquellos corderos de ovejas no suplementadas con arbusto tuvieron un peso al nacer 10,9 % inferior

en las cargas más livianas. Esta diferencia se mantuvo hasta un mes de edad, fecha en que los corderos suplementados pesaban en promedio un 11,2 % más que los no suplementados con arbusto.

Cuadro 49. Energía bruta (EB) y Energía digestible (ED) de las dietas seleccionadas por ovinos (Duchens y Cuneo, 1980)

| Pradera | Período de muestreo | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| | 12 - 20 abril | | 20 - 30 mayo | | 20 - 30 junio | |
| | EB | ED | EB | ED | ED | ED |
| ----- cal/g MO ----- | | | | | | |
| Arbustiva | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | — | — | 3.151 | 989 | 3.183 | 1.935 |
| 0,5 ov/ha/año | 3.262 | 1.685 | 3.417 | 1.101 | 3.718 | 1.199 |
| Herbácea | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | — | — | 3.104 | 1.123 | 3.761 | 1.343 |
| 0,5 ov/ha/año | 2.954 | 1.374 | 3.211 | 1.337 | 3.872 | 1.028 |

Cuadro 50. Proteína cruda (PC) y pared celular (PCE) de la materia orgánica (MO) de la dieta seleccionada por ovinos (o/o) (Duchens y Cuneo, 1980)

| Pradera | Período de muestreo | | | | | |
|------------------|---------------------|------|--------------|------|---------------|------|
| | 12 - 30 abril | | 20 - 30 mayo | | 20 - 30 junio | |
| | PC | PCE | PC | PCE | PC | PCE |
| Arbustiva | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | — | — | 5,2 | 61,2 | 18,6 | 38,9 |
| 0,5 ov/ha/año | 9,1 | 44,0 | 6,7 | 57,8 | 12,3 | 53,5 |
| Herbácea | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | — | — | 5,2 | 64,3 | 11,8 | 52,8 |
| 0,5 ov/ha/año | 6,9 | 40,2 | 6,8 | 54,5 | 13,9 | 56,6 |

Cuadro 51. Digestibilidad, energía bruta (EB) y energía digestible (ED) de la materia orgánica ofrecida por la pradera (Duchens y Cuneo, 1980)

| Pradera | Período de muestreo | | | | | | | | |
|---------------|---------------------|--------------|-------|---------------------|--------------|-------|---------------------|-------|-------|
| | 12 - 20 de abril | | | 20 - 30 de mayo | | | 20 - 30 de junio | | |
| | Digesti- bilidad | EB | ED | Digesti- bilidad | EB | ED | Digesti- bilidad | EB | ED |
| | % | --cal/g MO-- | | % | --cal/g MO-- | % | --cal/g MO-- | | |
| Arbustiva | | | | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | 50,1 | 3.657 | 1.832 | 35,9 | 3.782 | 1.358 | 29,0 | 3.195 | 927 |
| 0,5 ov/ha/año | 48,0 | 3.685 | 1.630 | 44,3 | 3.820 | 1.539 | 33,3 | 3.731 | 1.067 |
| Herbácea | | | | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | 44,4 | 3.799 | 1.688 | 36,4 | 3.875 | 1.409 | 48,2 | 3.840 | 1.851 |
| 0,5 ov/ha/año | 45,3 | 3.739 | 1.509 | 39,0 | 3.796 | 1.334 | 35,2 | 3.739 | 1.333 |

Cuadro 52. Pesos promedios de los corderos para tipo de pradera y carga animal desde el nacimiento al destete (Duchens y Cuneo, 1980)

| Variable | Peso de los corderos | | | | |
|-----------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Nacimiento | 1 ^{er} mes | 2 ^o mes | 3 ^o mes | 4 ^o mes |
| Tipo de pradera | | | | | |
| Herbácea | 4,1 | 8,7 | 15,4 | 23,9 | 31,1 |
| Arbustiva | 4,6 | 9,8 | 15,6 | 23,7 | 32,2 |
| Carga animal | | | | | |
| 0,5 ov/ha/año | 4,7 | 10,1 | 16,3 | 24,3 | 31,6 |
| 2,0 ov/ha/año | 4,0 | 8,4 | 14,7 | 23,2 | 31,7 |

En relación al peso inicial de las ovejas, las hembras que permanecieron en pradera arbustiva experimentaron menores pérdidas de peso al parto (Cuadro 53). Estos animales contaron con una mayor disponibilidad de forraje que les permitió hacer una mejor selección

de su dieta en especial en cuanto a energía digestible y proteína cruda (Cuadro 54). En cambio, aquellos alimentados con pradera herbácea consumieron forraje de menor calidad, suponiéndose que debieron sostener el crecimiento de sus fetos, en una considerable proporción, con base a sus propias reservas corporales. Las pérdidas promedio de peso entre el último tercio de gestación y el parto fueron de 13,2 % en las hembras no suplementadas con arbusto y de sólo un 6,4 % en aquellas alimentadas en pradera arbustiva.

Si se considera el efecto de la carga animal, se confirma la importancia que tiene la disponibilidad de forraje, pues los corderos de las ovejas que estaban sometidas a una menor presión de pastoreo tuvieron pesos al nacer y durante el primer mes de vida superiores en las dos praderas (Cuadro 55).

Durante el primer mes de utilización, las ovejas alimentadas con arbusto recibieron una mayor cantidad y calidad de forraje, permitiendo un mayor crecimiento y desarrollo de sus fetos, esto dio como resultado que los corderos fueran entre 8,2 y 22,4 % más pesados al nacer (Cuadro 55).

Si se considera el efecto pradera -tipo de parto y carga animal tipo de parto, se aprecia que los corderos nacidos en pradera con arbustos y con las cargas más bajas, registraron pesos promedios superiores, sean estos únicos o mellizos. Este efecto es más evidente si se comparan los mellizos entre sí, observándose que aquellos nacidos en pradera herbácea y con cargas animales superiores fueron un 12,8 % más livianas al nacer. En el caso de los nacimientos simples, el efecto carga animal también fue importante, pues el peso al nacimiento fue 13 % menor en las cargas más altas.

En las ovejas se aprecia un efecto similar (Cuadro 53). Aquellas madres de corderos únicos alimentadas con arbusto o que estaban sometidas a una menor presión de pastoreo evidenciaron pesos similares al parto en relación a su peso inicial. Se puede apreciar también que las hembras con parto doble y sus corderos son los más afectados por la alimentación con pradera herbácea y cargas elevadas, a pesar que al final del período, las diferencias de peso desaparecen.

Con los antecedentes presentados, se demuestra que *Atriplex repanda* constituye un buen suplemento de la pradera natural herbácea, a pesar que en el trabajo la disponibilidad del arbusto no fue suficiente para cubrir todo el período.

El valor nutritivo del forraje ofrecido por la pradera herbácea hace pensar que es incapaz de satisfacer los requerimientos de las ovejas en su último tercio de gestación y primer mes de lactancia y, por lo tanto, su utilización como único alimento durante este período, se

traduce en moderado a severo grado de desnutrición de los animales. La principal limitante en esta etapa es su bajo contenido de energía digestible por la baja digestibilidad del forraje herbáceo rezagado. Al comienzo del período, la energía digestible ofrecida es inferior a los requerimientos recomendados, los cuales alcanzan a 2.550 cal/g/MO (Church, 1972). Este problema se agudiza en la medida que avanza el período de pastoreo, pues los valores de energía digestible alcanzan a 900 y 1.300 cal/g MO y la disponibilidad de forraje llega a ser limitante para el consumo, según lo establecido por otros autores (Hamilton *et al.*, 1973; Olivares y Gastó, 1979 y González, 1979).

Cuadro 53. Efectos asociados para tipo de pradera, carga animal y tipo de parto sobre el peso de las ovejas (Duchens y Cuneo, 1980)

| Variable | Peso de las ovejas | | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------|----------|--------|----------|--------|
| | inicial | al parto | 1er. mes | 2o mes | 3er. mes | 4o mes |
| | ----- kg ----- | | | | | |
| Pradera - carga animal | | | | | | |
| Arbustiva 0,5 ov/ha/año | 59,3 | 58,1 | 53,3 | 55,7 | 59,8 | 62,6 |
| Herbácea 0,5 ov/ha/año | 59,4 | 53,6 | 50,8 | 55,8 | 59,5 | 62,1 |
| Arbustiva 2,0 ov/ha/año | 59,7 | 52,2 | 51,5 | 53,9 | 59,3 | 66,5 |
| Herbácea 2,0 ov/ha/año | 58,9 | 48,8 | 47,9 | 52,1 | 59,1 | 63,2 |
| Pradera - Tipo de parto | | | | | | |
| Arbustiva - único | | 57,6 | 53,6 | 56,2 | 60,2 | 63,6 |
| Herbácea - único | | 52,6 | 51,1 | 55,5 | 61,2 | 63,6 |
| Arbustiva - mellizo | | 52,8 | 51,2 | 53,4 | 59,0 | 65,5 |
| Herbácea - mellizo | | 49,8 | 47,6 | 52,3 | 57,4 | 61,7 |
| Carga - Tipo de parto | | | | | | |
| 0,5 ov/ha/año - único | | 57,0 | 53,6 | 58,1 | 62,3 | 64,9 |
| 2,0 ov/ha/año - único | | 53,2 | 51,0 | 53,7 | 59,0 | 62,3 |
| 0,5 ov/ha/año - mellizo | | 54,7 | 50,0 | 53,5 | 57,0 | 59,8 |
| 2,0 ov/ha/año - mellizo | | 47,8 | 48,4 | 52,3 | 59,4 | 67,4 |

Cuadro 54. Valores de energía bruta (EB), energía digestible (ED), proteína cruda (PC) y pared celular (PCE) de la materia orgánica (MO) de la dieta seleccionada por los ovinos (Duchens y Cuneo, 1980)

| Pradera | Período de muestreo | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------|-------|-----|----------------|-------|-----|----------------|-------|-------|-----------|------|--|
| | 12 - 20 abril | | | 20 - 30 mayo | | | 20 - 30 junio | | | | | |
| | EB | ED | PC | EB | ED | PC | PCE | EB | ED | PC | PCE | |
| | ---cal/g MO--- | | | ---cal/g MO--- | | | ---cal/g MO--- | | | ---o/o--- | | |
| Arbustiva | | | | | | | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | 3.262 | 1.685 | 9,1 | 3.151 | 989 | 5,2 | 61,2 | 3.183 | 1.953 | 18,6 | 38,9 | |
| 0,5 ov/ha/año | | | | 3.417 | 1.101 | 6,7 | 57,8 | 3.718 | 1.199 | 12,3 | 53,5 | |
| Herbácea | | | | | | | | | | | | |
| 2,0 ov/ha/año | | | | 3.104 | 1.123 | 5,2 | 64,3 | 3.671 | 1.343 | 11,8 | 52,8 | |
| 0,5 ov/ha/año | | | | 3.211 | 1.337 | 6,8 | 54,5 | 3.872 | 1.028 | 13,9 | 56,6 | |

Cuadro 55. Efectos asociados para tipo de pradera, carga animal y tipo de parto sobre el peso de los corderos (Duchens y Cuneo, 1980)

| Variable | Pesos de los corderos | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|--------|---------|--------|
| | al nacer | 1er mes | 2º mes | 3er mes | 4º mes |
| | ----- kg ----- | | | | |
| Pradera - carga animal | | | | | |
| Arbustiva 0,5 ov/ha/año | 4,9 | 10,4 | 16,3 | 24,3 | 31,8 |
| Herbácea 0,5 ov/ha/año | 4,5 | 9,8 | 16,3 | 24,4 | 31,4 |
| Arbustiva 2,0 ov/ha/año | 4,2 | 9,2 | 14,9 | 23,1 | 32,5 |
| Herbácea 2,0 ov/ha/año | 3,8 | 7,7 | 14,5 | 23,4 | 30,9 |
| Carga - Tipo de parto | | | | | |
| Arbustivo único | 5,2 | 12,0 | 18,6 | 26,7 | 34,7 |
| Herbáceo único | 4,9 | 11,3 | 18,9 | 27,4 | 34,7 |
| Arbustivo mellizo | 3,9 | 7,6 | 12,6 | 20,6 | 29,7 |
| Herbáceo mellizo | 3,4 | 6,2 | 11,9 | 20,4 | 27,5 |
| Pradera - Tipo de parto | | | | | |
| 0,5 ov/ha/año - único | 5,4 | 12,1 | 19,8 | 28,0 | 34,9 |
| 2,0 ov/ha/año - único | 4,7 | 11,1 | 17,6 | 26,0 | 34,5 |
| 0,5 ov/ha/año - mellizo | 4,0 | 8,0 | 12,8 | 20,6 | 28,3 |
| 2,0 ov/ha/año - mellizo | 3,3 | 5,7 | 11,8 | 20,4 | 28,9 |

COMENTARIOS FINALES

La información acumulada durante las dos últimas décadas sobre resultados provenientes de investigaciones centradas en torno a *Atriplex repanda* como representante de un conjunto numeroso de especies leñosas es muy amplia. No obstante lo anterior, los problemas relacionados con el diseño, manejo y utilización de recursos naturales del secano mediterráneo de Chile Central son de naturaleza tan variada que sería pretencioso pensar entregar una solución única para situaciones diversas que se enmarcan dentro de un conjunto de soluciones diferentes, tanto en lo cualitativo como en lo cuantitativo.

La investigación realizada, que se incluye en la presente obra es muy amplia y abarca los aspectos más relevantes de los ecosistemas dominados por poblaciones de especies leñosas de carácter forrajero, especialmente arbustiva. Esta información puede permitir resolver incógnitas relacionadas con la adaptación de la especie a hábitats y nichos diferentes y en circunstancias en que la inclusión de la especie puede constituir la mejor solución a problemas de naturaleza práctica. El trabajo entrega también información relacionada con el procedimiento por seguir en el establecimiento y génesis del matorral dominado por la especie. Esta información viene respaldada con antecedentes que permiten comprender el porqué esta especie o forma vital constituye en algunas circunstancias la mejor solución.

En los diversos acápites de la obra se analizan los aspectos más relevantes relacionados con las formaciones arbustivas en ambientes de secano. No ha sido el objetivo entregar un estudio centrado solamente en una especie que pudiera en un futuro demostrar no ser la

mejor. Es por ello que en los diversos acápite se entregan planteamientos generales, simultáneamente con resultados correspondientes a la especie.

La resolución de problemas prácticos relacionados con los recursos naturales renovables debe estar ceñida dentro del contexto de la ciencia que entrega normas generales aplicables a la resolución de problemas particulares. Las resoluciones prácticas enmarcadas solamente dentro de un contexto intuitivo de experiencias particulares si no están contenidas dentro del marco de la ciencia, a menudo conducen a resultados divorciados con las metas buscadas. La simple analogía puede ser de valor en la solución de problemas particulares; pero no permite alcanzar soluciones generales y permanentes en ambientes diversos y problemas complejos.

En la información proveniente de estudios presentadas en este trabajo están contenidas las normas generales que permiten resolver problemas relacionados con lo naturaleza del tema dentro de circunstancias y condiciones muy amplias.

BIBLIOGRAFIA

- ASHBY, W.R. 1956 An introduction to cybernetics. Londres, Chapman and Hall. Univ. Paperbacks. 295 p.
- y BEADLE, N.C.W 1957. Studies in halophytes. III Salinity factors in the growth of australian saltbusches Ecology 38 (2) 344-352.
- ALMEYDA, A.E. 1934. Irregularidades de las lluvias de Chile. Anales Facultad Agronomía y Veterinaria, Universidad de Chile.
- y SAEZ, F.S 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Santiago, Ministerio Agricultura. 195 p.
- ALLEN, D.M. y LAMMING, G.E 1961. Nutrition and reproduction in the ewe. Jour. Agric. Sci. 56: 69-79.
- ARNOLD, G.W.; BALL, J. Mc.; MANNS, W.R. y BUSCH, I.G. 1966. Studies on the diet of the grazing animal. I Seasonal changes in the diet of sheep grazing on pasture of different availability and composition. Aust. Jour. Agric. Resch. 17: 543-556.
- ARENTSEN, O.J. 1972. Absorción foliar de humedad atmosférica y relaciones hídricas en *Atriplex semibaccata* y *Atriplex repanda* Phil. Tesis Ing. Agr. Santiago, Facultad Agronomía, Universidad de Chile. 49 p.

- ARMIJO, R.; NAVA, C. y GASTO, J. 1976. El ecosistema silvoagropecuario. Saltillo, México. Monografía Técnico Científica 2: 180-249.
- BADILLA, S.I. 1975. Características ecológicas y fitosociológicas de *Atriplex repanda* Phil. Tesis Ing. Agr., Santiago, Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 347 p.
- BASILE, J.V. y JENSEN, C.E. (1971). Grazin potential on Lodgepole pine clearcuts in Montana. U.S.D.A Forest Service Res. Paper INT 98 11 p.
- BEADLE, N.C.W.; WALLEY, R.D. y GIBSON, J.B. 1957. Studies in halophytes II Analytic data on the mineral constituents of three species of *Atriplex* and their accompanying soils in Australia. Ecology 38 (2): 340-344.
- BECHT, G. 1974. Systems theory. The key to holism and reductionism. Bio-Science 24: 569-579.
- BERTALANFFY, L. von. 1968. General system theory. George Braziller Inc. New York.
- BILLINGS, W.D. 1941. Quantitative correlations between vegetational changes and soil development. Ecology 22: 448-456.
- BLACK, R.F. 1954. The leaf anatomy of Australian members of the genus *Atriplex*. I *Atriplex vesicaria*. Heward and *A. numularia* Lindl. Austral. Jour. Bot. 2: 269-286.
- BLEASDALE, J. K. y NELDER J. A. 1960. Plant population and crop yield. Nature 198: 342.
- BOHMAN, U.R. y LESPERANCE, A. L. 1967. Methodology resserch of range forage evaluation. Jour. An. Sci. 26: 820-826.
- BOTTI, G.C 1970. Relaciones hídricas del tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil.) en la localidad de Canchones. Tesis Ing. Agr., Santiago, Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 117 p.
- BROWN, R.H. y BLASER, R.E. 1968. Leaf area index in pasture growth. Heb Abs. 38: 1-9.
- BROWNELL, P.F. 1965. Sodium as an essential micronutrient for a higher plant (*Atriplex vesicaria*). Plant Physiology 40 (3): 460-468.
- y CROSSLAND, C.J. 1972. The requeriment for sodium as a micronutrient by specie having the C₄ dicarboxylic photosinthetic pathway. Plant Physiology 49 (5): 794-797.
- BUNGE, M. 1973. La investigación científica. Barcelona, Ariel. 955. p.
- CAÑAS, R. y GASTO, J. 1974. Costo de cosecha y eficiencia de producción de ecosistemas ganaderos. Ciencia e Investigación Agraria 1 (4): 177-185.
- CASWELL, H.; KÖENING, H.E. RESH, J.A. y ROSS, Q.E. 1972. In: System analysis and simulation in ecology. Edi. B.C. Patten Vol. 2 Academic Press New York.
- CLARY, W.P.; FFOLLIOTT, P.F. y LARSON, F.R. 1978. Factors affecting forage consumption by cattle in Arizona ponderosa pine forests. Jour Range Manage. 31 (1): 9-10.
- CONCHA, C.R. 1975. Consumo y ganancia de peso ovino durante el período primavera-verano en una pradera natural biestratificada con *Atriplex repanda*. Tesis Mg. Sc. Santiago, Universidad de Chile. Programa Permanente para Graduados en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la República de Chile. 92 p.
- CONTRERAS, T.D. y GASTO, C.J. 1978. Comparación de arquitecturas fitocenócicas en el secano mediterráneo de Chile Facultad de Agronomía Universidad de Chile (Informe mecanografiado).
- y -----, 1978. Riego suplementario de ecosistemas de *Atriplex repanda* Phil. Facultad de Agronomía Universidad de Chile. (Informe mecanografiado).
- CORDIER, J. 1974. De la composition de quelques produits fourrages tunisiens et de leur valeur dans l'alimentation des moutons. Ann Serv. Bot. Agron. Tun. 20: 25-108.

- COYNE, P. y COOK, C.V. 1970. Seasonal carbohydrate research cycles in eight desert range species. *Jour. Range Manage* 23 (6): 438-444.
- CRAMPTON, E.W.; DONEFER, E. y LLOYD, L.E. 1960. A nutritive value index for forages. *Jour. Anim. Sci.* 19: 538-544.
- CRISTI A. y GASTO, J. 1971. Alteraciones ambientales y del fruto en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. Universidad de Chile Fac. Agron. Est. Exp. Agron. Bol. Téc. 34: 25-40.
- CHATTERTON, N.J.; McKELL, C. y GARCIA, E. 1970. absorbtion of NaCl and B by desert saltbush in relation to composition of nutrient solution culture. *Agr. Jour.* 62: 351-352.
- , y GOODIN, J.R. 1971. Montly variation in the chemical composition of desert saltbusch seed. *Jour Range Manage.* 24: 37-40.
- CHAYEN, I.H.; SMITH, R. N.; TRISTRAM, G.R; THIRKEL, D. y WEBB, T. 1961. The isolation of leaf components. *Jour Sci. Food Agric.* 12,502.
- CHURCH, D.C. 1972. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 3 Practical Nutrition Pub. D.C. Church, Oregon State Univ. Corvalis.
- DE KARTZOW, G.R. y LAILHACAR, K.R. 1965. Ensayos sobre establecimiento de *Atriplex repanda* R. Br. en la zona costera de la provincia de Coquimbo. Tesis Ing. Agr. Santiago, Facultad Agronomía. Universidad de Chile. 123 p.
- DI MARCO, A.O. 1973. Consumo y preferencia ovina estacional al aumentar la intensidad del pastoreo en un bioma biestratificado con *Atriplex repanda*. Tesis Mg. Sc. Santiago, Universidad de Chile. Programa Permanente para Graduados en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la República de Chile. 89 p.
- DISTEFANO, J.J; STUBBERUD, A.R. y WILLIAMS, I.J. 1967. Feedback and control systems. Schaum Publishing Co. N.Y.
- DUCHENS, S.H. y CUNEO, F. J. 1980. Utilización por ovinos de una pradera natural biestratificada con *Atriplex repanda* Phil. durante el último tercio de gestación. Tesis Ing. Agr. Santiago Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 86 p.
- DUFFEY, E.; MORRIS, M.G.; SHEALL, J.; WARD, L.K.; WELLS, D.A. y WELLS, T.C.F. 1974. Grassland ecology and wildlife management. London, Chapman Hall. 281. p.
- DUNCAN, W.G. 1958. The relationship between corn population and yield *Agron. Jour.* 50: 82-84.
- ELIAS, C.E. y RAMIREZ, D.J. 1973. Influencia de diferentes densidades de plantación en el rendimiento de naranjo cultivar. Valencia, en Nuevo León. *Agric. Tecn. México.* 3: 223-232.
- ELLISON, L. y HOUSTON, W.R. 1958. Production of herbaceous vegetation in openings and under canopies of western aspen. *Ecology* 39: 337.
- ERIKSON, R.O. 1976. Modeling of plant growth. *Ann. Rev. Plant. Physiology* 27: 407-434.
- EVANS, F.L. 1956. Ecosystem the basic unit in ecology. *Science* 123: 1127-1128.
- EVANS, G.C. 1972. The cuantitative analysis of plant growth. Berkeley. U. de Calif. Press. *Studies in Ecology.* Vol. 1, 734 p.
- EVERITT, G.C. 1967. Residual effects of prenatal nutrition on the post natal performance of merino sheep. *Proc. New Zeland Society Animal Research.* 27: 52-58.
- EYAL, E.; W.R. BENJAMIN, y H.N. TADMOR, 1975. Sheep production on seeded legumes, planted shrubs and dryland grain in a semiarid region of Israel. *Jour. Range. Manage.* 28: 100-107.
- FARAZDAGHI, H. y HARRIS, P.M. 1968. Plant competition and crop yield. *Nature* 217: 289-290.
- FERNANDEZ, H.G. 1978. Aumento de la germinación en *Atriplex repanda*. I. Tratamiento con ácido sulfúrico. *Phyton* 36 (2): 117-121.

- 1978 Influencia de la edad en la germinación de *Atriplex repanda*. Phytón 36 (2): 111-115.
- y JOHNSTON, B.M. 1978. Efecto de la testa en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. I. Entrada de agua a la semilla. Phytón 36 (2): 97-102.
- y -----, 1979. Efecto de la luz y temperatura en la germinación de semillas de *Atriplex repanda*. Archivos de Biología y Medicina Experimentales. 12 (4): 502.
- ; ----- y OLIVARES, E.A. 1980. Algunos factores que regulan la germinación de *Atriplex repanda*. Congreso Internacional de Estudios de Zonas Áridas y Semi-áridas. Proc. La Serena Chile (En prensa).
- y -----, 1980. Rol del pericarpio de *Atriplex repanda* en la germinación. II. Efectos y características del extracto acuoso del fruto. Phytón 38 (1): 59-65.
- FERRER, I.; SILVA, E. y BARRIGA, R. 1975. Preparación de un concentrado proteico de *Chenopodium album*. VII Jornadas de Química, Valparaíso.
- FEUCHT, W. 1967. La fisiología de la madera frutal. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Ciencias Agrícolas. 1. 64 p.
- FOLLMAN, G. y MATTE, V. 1963. Estepas sin jirafas. Bol. 42. Universidad de Chile. 4 pp.
- GARGANO, L.A. 1978. Influencia de algunas variables de suelos del Norte Chico en el crecimiento inicial de *Atriplex repanda* Phil. Tesis Mg. Sc., Santiago, Universidad de Chile. Programa Permanente para Graduados en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la República de Chile. 75 p.
- GASTO, C.J. 1966. Variaciones de las precipitaciones anuales en Chile. Universidad de Chile. Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica. Bol. Téc. 24: 1-20.
- GASTO, C.J. 1972. Establecimiento de *Atriplex repanda* Phil. por siembra directa en Corral de Julio, Los Vilos y Huentelauquén.

Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. (Informe mecanografiado).

- GASTO, C.J. y CONTRERAS, T.D. 1972. Bioma pratense de la región mediterránea de pluviometría limitada. Universidad de Chile. Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica Bol. Téc. 35: 3-29.
- y -----, 1972. Análisis del potencial pratense de fanerófitas y caméfitas en regiones mediterráneas de pluviometría limitada. Universidad de Chile. Est. Exp. Agronómica. Bol. Téc. 35: 30-61.
- y ----- 1976. Establecimiento de *Atriplex repanda* Phil. por siembra directa. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. (Informe mecanografiado).
- , 1976. Ensayos de adaptación de *Atriplex repanda* en diversas localidades del Norte Chico y Zona Central. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. (Informe mecanografiado).
- y CAVIEDES de la R. 1976. Interferencia intraespecífica de *Atriplex repanda* en el secano mediterráneo de Chile. Universidad de Chile, Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica Bol. Téc. 41: 3:18.
- ; ----- y CONTRERAS, T.D. 1976. Fertilización, productividad y siete años de sucesión de la pradera mediterránea anual biestratificada con *Phalaris tuberosa*. Universidad de Chile, Fac. Agron. Bol. Téc. 41: 19-32.
- GASTO, C.J. y CONTRERAS, T.D. 1978. Interferencia interestrata de *Atriplex repanda* Phil. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. (Informe mecanografiado).
- y OLIVARES, E.A. 1979. Manejo de la natalidad de poblaciones de *Atriplex repanda* Phil. por generación de sitios de germinación y decapitación de ejemplares adultos. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile (Informe mecanografiado).
- y -----, 1979. Análisis cuantitativo de la arquitectura

- de *Atriplex repanda* (Phil). Ciencias e Investigación Agraria 6 (2): 105-113.
- y -----, 1981. Descarga de la arquitectura del matorral de *Atriplex repanda* Phil. cosechado por ovinos. Universidad de Chile. Fac. Agron. Bol. Téc. (En prensa).
- GASTO, J.C. y CAVIEDES de la R., E. 1981. Crecimiento estacional de *Atriplex repanda* Phil. en función de la densidad poblacional. Universidad de Chile. Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica. Bol. Téc. (En prensa).
- GERDING, P.M. 1970. Factores ambientales e internos en el establecimiento y germinación del pasto salobre (*Atriplex semibaccata* R. Br.) Tesis Ing. Agr., Santiago Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 92 p.
- GONZALEZ, B.C. 1979. Función de descarga ecosistémica. Aplicación al proceso de cosecha de la pradera por el ganado. Tesis Ing. Agr. Santiago, Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 59 p.
- GOODIN, J.R. y Mc KELL, C.M. 1970. *Atriplex spp.* as a potential forage crop in marginal agricultural areas. Univ. Queensland. Press. XI Intern. Grass Congress: 153-162.
- GROSENBAUGH, J.R. 1965. Generalization and reparameterization of some sigmoid and other monlinear funtions. Biometrics 21-708-714.
- HAINES, F.M. 1953. The absorption of water by leaves in fogged. Sir. Jour. Exp. Bot. 4: 106-107.
- HAMILTON, B.A., HUTCHINSON, J.K.; ANNIS, P.C. y DONNELLY, J.B. 1973. Relationships between the diets selected by grazing sheep and the herbage on offer. Aust. Jour. Agric. Resch. 24: 271-277.
- HARPER, J.L. 1961 Approaches to the study of plant competition Symp. Soc. Exp. Biol. 15: 1-39. In: F.L. Milthorpe (Ed.) Mechanisms in Biological competition Symposium 15 of the Society for Experimental Biology. Academic Press. N.Y.
- HOLLIDAY, R. 1960. Plant population and crop yield. Part. I. Field. Crop Abstract. 13: 159-167.
- , 1960. Plant population and crop yield. Part II Field. Abstract 13: 247-254.
- HORN, H.S. 1975. Forest sucesion. Scientific American. 232(5): 90-98.
- JAMESON, D.A. 1967. The relationship of tree overstory and herbaceous understory vegetation. Jour Range Manage. 20: 247-249.
- JAMES, B.F. 1954. Absortion and loss of water by tomato leaves in a saturated atmosphere. Soil Sci. 78: 189-197.
- , 1969. Intensive utilization of pasture. Healstead Press. Sidney. 124 p.
- JOHNSTON, B.M. y FERNANDEZ, H.G. 1979. Rol del pericarpio de *Atriplex repanda* en la germinación. I. Efecto del lavado de los frutos en agua. Phytion 37 (2): 145-151.
- y -----, 1978. Efecto de la testa en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. II. Determinación de la intensidad respiratoria. Phytion 36 (2): 103-109.
- ; URRUTIA, B. y OLIVARES, E.A. 1980. Study on dormancy factors in *Atriplex repanda* Phil. I. Morphological an Anatomical characteristics of *Atriplex repanda* fruits and seeds. Annals of Botany. (En prensa).
- KIRA, T.; OGAWA, H. y SHINOZAKI, M. 1953. Intraespecific competition among higher plant. Jour., Inst. Polytech. Osaka City Univ. D4: 1-16.
- KLIR, G.J. 1969. An approach to general systems theory. Van Nostrand Reinhold. N.Y.
- KOLMOGOROV, A.N. y FORMIN, S.V. 1970. Introductory real analysis. Prentice-Hall. London.
- KOLLER, D. y TADMOR, N. 1958. The future potential of shrubs.

- Israel Jour. Agr. Res. Ktavim 9: 83.
- KOZLOWSKI, T.T. ed. 1972. Seed Biology Vol. I. Importance development and germination. Academic Press. N.Y.
- KUMMEROW, J. 1966. Aporte al conocimiento de las condiciones climáticas del bosque de Fray Jorge. Universidad de Chile, Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica Bol. Técn. 24: 21-28.
- LACHOVER, D.. y TADMOR, N. 1965. Etude qualitative de *Atriplex halimus* comme plante fourragère poussant dans le conditions semi-arides d'Israel. L'Agronomie Tropicale. 20: 11-16.
- LAILHACAR, K.S. y LAUDE, H. 1975. An improvement of seed germination in *Atriplex repanda* Phil. Jour. Range Manage. 28(6): 491-494.
- , 1976. Effect of soil parameters on the components of biomass production in *Atriplex polycarpa* (Torr.), Wats, and *Atriplex repanda* Phil. Tesis PhD. University of California, Davis. 57 p.
- LE HOUEROU, H.W. 1971. Africa. The mediterranean region. In: McKell, C.M. *et al.* Wildland. Shrubs. Their biology and utilization. Internat. Symp. Utah State Univ. Logan, Utah. 26-36.
- LEIGHTON, S.G. 1972. Siembra y germinación de *Atriplex repanda* Phil. y otras Quenopodiáceas forrajeras en seco y en ambientes controlados. Escuela de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Universidad Católica de Valparaíso. Chile. 68 p.
- ; GASTO, C.J. y CRISTI, A. 1975. Establecimiento de arbustos forrajeros nativos y exóticos de Chile. I. Incidencia de la época, profundidad y dosis de siembra en seco mediterráneo semiárido. Ciencia e Investigación Agrícola 2(1): 41-52.
- LOCKER, A. 1973. Systemogenesis as a paradigm for biogenesis. In: Locker, A. (ed) Biogenesis, evolution, homeostasis. A Symposium by correspondence. Springer-Verlag. N.Y.
- MAC-DONALD, I.W. 1965. La nutrición en los ovinos productores de lana. In: Manejo de lanares. Tomo I. D78 - D79 p.
- MARGALEF, R. 1974. Ecología. Barcelona, Omega. 976 p.
- MAYNEZ DEL R. ; ARMIJO, F.R. y GASTO, C.J. 1975. Clínica ecosistémica silvoagropecuaria. Fundamentos y metodología Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico-Científica 1: 72-136. Saltillo. México.
- y SAEKI, T. 1953. The light factor in plant communities and its significance in biomass production. Japanese. Jour. Bot. 14: 22-52.
- MORRISON, J.E. y PIERE, N.W. 1961. The largescale production of protein from leaf extracts. Jour. Sci. Food Agric. 12.1
- NAVA C.; GASTO, C.J. y R. ARMIJO T. 1976. Arquitectura ecosistémica Fundamentos y génesis. Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico Científica 2: 738-855.
- NORD, E.C.; HARTLESS, R.F. y NETTLETON, D.W. 1971. Effects of several factors on saltbush establishment in California. Jour. Range Manage. 24: 216-223.
- NYTZENKO, A.A. 1948. Boundaries of plant associations in nature Bot. Zhurnal. URSS. 33; 487-495. Biol. Abstr. 24-17407. 1950.
- OBERDORFER, F. 1960. Pflanzensoziologische Studien in Chile. Flora et Veg. Mund. (Weing) 2,1.
- ODUM, E.P. 1959. Fundamental of ecology W.B. Saunders. Philadelphia. 546 p.
- , 1972. Ecosystem theory in relation to man. In: Wiens, J.A. (ed) Ecosystem structure and function. Oregon State Univ. Press: 11-24.
- , 1969. The estategy of ecosystem development. Science 164: 262-270.

- OFICINA METEOROLOGICA DE CHILE. 1965. Pluviometría de Chile. Santiago. FACH. 268 p.
- OLIVARES, E.A. y J. GASTO C. 1971. Comunidades de terófitas en subseres postaradura y en exclusión en la estepa de *Acacia caven* (Mol). Hood et Arn. Universidad de Chile. Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica Bol. Téc. 34: 3-24.
- y JOHNSTON, M. 1978. Alternativas de mejoramiento en la emergencia de *Atriplex repanda* Phil. Phytion. 36(2): 129-137.
- y GASTO, C.J. 1979. Función de cosecha por ovinos de la pradera anual mediterránea de Chile. Avances en Producción Animal 4 (1): 45-54.
- y ----- 1980. Estudio de época y frecuencia de utilización del arbusto *Atriplex repanda* Phil. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. (Informe mecanografiado).
- y ----- 1980. Epoca y frecuencia de utilización de ecosistemas de *Atriplex repanda* Phil. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. (Informe mecanografiado).
- ORTUZAR, S.J. 1979. Un modelo de simulación por computación para predecir cambio de peso y producción de lana en corderos a pastoreo. Tesis Ing. Agr. Santiago. Facultad Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 64 p.
- OPAZO, GR. 1939. Agricultura. Monografía cultural de las principales plantas agrícolas susceptibles de cultivarse en Chile. Plantas Forrajeras e Industriales. Santiago. Tomo II 3 ed. 943 p.
- PAIMBLAD, I.G. 1968. Competition in experimental populations of weeds with emphasis on the regulation of population size. Ecology 49: 26-54.
- PARIN, V.V. y BAIIEVSKY, R.M. 1969. Introducción a la cibernética y a la computación médica. Siglo XXI. México.
- PATTEN, B.C. 1971. A primer for ecological modeling and simulation with analogy and digital computers. In: B.C. Patten (ed) System analysis and simulation in ecology. Vol 1 Academic Press. N.Y.
- PEART, J.N. 1967. The effect of different levels of nutrition during late pregnancy on the subsequent milk production of Blackface ewes and on the growth of their lambs Jour. Agric. Sci. Camb. 68: 365-371.
- PHILLIPI, F. 1895. Anales de la Universidad de Chile. 91: 425.
- PIERE, N.W. 1966. Leaf protein as a human food. Science 152, 1701.
- 1975. Leaf protein: a beneficiary of tribulation. Nature 253, 239.
- PIMENTEL, E.; MURD, L.E.; BELLOTTI, A.C.; FORESTER, M.J. 1973. In: Oka, O.D. Sholes, O.D. y Whitman, R.J. Food Production an energy crisis. Science 182: 443-449.
- PISANO, V.E. 1966. Palatabilidad de especies forrajeras nativas probadas con ovinos. Agric. Técnica (Chile). 26: 6-16.
- PENMAN, H.C. 1963. Vegetation and hidrology. Commonwealth Agric. Bureaux Farnhan Royal Buck. England Tech. Communication 53 Commonwealth Bureaus of Soils. Hapenden. 124 pp.
- PERRY, C.A.; Mc KELL CM.; GOODIN J.R. y LITTLE T.M., 1967. Chemical control of an old stand of chaparral to increase range productivity. Journ. Range Manage. 20: 166-169.
- PIZARRO, C. y RIVAS, R. 1965. Irregularidades de las precipitaciones en el norte de Chile. Oficina Meteorológica. Fuerza Aérea de Chile. 22 p. (mimeografiado).
- POLYA, G. 1974. Cómo plantear y resolver problemas. Trillas, México.
- POSE, C.P. 1958. Herbage production and composition under immature ponderosa pine stands in the Black Hills. Jour. Range Manage. 11: 238.
- RADFORD, P.J. 1967. Growth analysis formulas. Their use and abuse. Crop Science 7: 171-175.
- RAUNKIAER, C. 1934. The life formas of plants and statistical

- plant geography. Oxford. University Press. London. 632 p.
- RAYMOND, W.F. 1969. The nutritive value of forage crops. *Advances in Agronomy*. 21: 1-108.
- REICHE, C. 1911. Flora de Chile. Tomo VI. Barcelona. Santiago.
- REID, E.H. 1964. Forage production in ponderosa pine forests. *Proc. Soc. Am. Foresters, Denver, U.S.A.* N° 61.
- REIFSNEYDER, W.E. y LULL, H.W. 1965. Radiant energy in relation to Forest. U.S. Department Agriculture, Forest Service Tech. Bull. N° 1344.
- REYNOLDS, H.G. y TSHIRLEY. 1963. Mesquite control on South Western Rangeland. U.S. Department Agriculture. Leaflet N° 21.
- RIVEROS E.; HOFFMAN, A.; AVILA G.; ALJARO, M.E.; ARAYA, S.; HOFFMAN, A.E. y MONTENEGRO, G. 1976. Comparative morphological and ecophysiological aspects of two sclerophyllous chilean shrubs *Flora*. 165: 223-234.
- RIVEROS, E. y GASTO J. 1977. Interferencia interesestrata. Seminario Manejo Silvopastoral. Facultad Ciencias Forestales. Universidad de Chile. (mimeografiado).
- ROBINSON, J.J. 1977. The influence of maternal nutrition on ovine foetal growth. *Proc. Nutrition Society*. 36: 9-16.
- RODRIGUEZ, Z.M. 1959-1960. Regiones Naturales de Chile y su capacidad de uso. *Agri. Técnica (Chile)*. 19-20: 307-399.
- RODRIGUEZ, E. y GASTO, C.J. 1972. Estudio del efecto del consumo de pradera natural bistratificada con *Atriplex repanda* en el período de encaste de ovinos. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Departamento de Producción Animal. Informe mimeografiado. 38 p.
- ROSSITER, C. 1966. Ecology of the mediterranean annual tipe pasture. *Advances in Agronomy* 18: 1-56.
- ROZAS, R. *et al.* 1978. Costo ecológico de cosecha de alimento de ovinos a pastoreo. IV Conferencia Mundial de Producción Animal. Buenos Aires. 21 p. (En prensa).
- SANTIBAÑEZ, Q.F.; OLIVARES, E.A.; SILVA, G.M.; MANSILLA, M.A. y LAILHACAR K.S. 1976. Desarrollo de un modelo de producción pecuaria para la zona mediterránea árida de Chile. I Submodelo de clima y productividad primaria herbácea. *Avances en Producción Animal* 1 (2): 119-128.
- SARSON, M. 1970. Resultats d'un essai sur l'alimentation du mouton en periode de desetter fourragère au centre d'Ousseltia Tech. Note. 6 FSNN. Tun. 17. 6 p.
- SCHINCKEL, P. 1963. Nutrition and sheep production. *Proc. World Conference Animal Production*. 1: 199-248.
- SCHINOZAKI, K.; YODA, K.; HOSUMI, K. y KIRA, T. 1964. A quantitative analysis of plant form. The pipe model theory. I. Basic analyses. *Japanese Jour. Ecol.* 14 (3): 97-105.
- SCHMITHUESSEN, J. 1956. Die reaumliche Ordnung der Chilenischen Vegetation Bonn, *Geogr. Abh.* 17: 1-86.
- SCHUSTER, J.L. 1967. The relation of understory vegetation to culting treatments and habitat factors in an east Texas Pine-Hardwood type. *The southwest Naturalist*. 12: 339.
- SEGARRA, G.F. 1980. Caracterización de la curva de crecimiento de la pradera natural en el secano interior mediterráneo. Tesis Ing. Agr. Santiago, Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 52 p.
- SILVA, R.H. 1973. Estudio histológico de las especies del género *Atriplex*. Seminario de Título. Prof. Biol. y Ciencias. Universidad de Chile. La Serena. 41 p.
- SILVA, S.E. y PEREIRA, CH.C. 1976 a. Concentrados proteicos de hojas de *Atriplex numularia*. *Ciencia e Investigación Agraria*. 3 (2-3): 153-157.

- y ----- 1976 b. Aislación y composición de las proteínas de hojas de *Atriplex numularia* y *Atriplex repanda*. Ciencia e Investigación Agraria. 3 (4): 169-174.
- SLATYER, R.O. 1967. Plant-water relationships. Academic Press. London. 345 p.
- SPRINGFIELD, H.W. y BELL, D.G. 1967. Depth. to seed fourwing saltbush. Jour. Range Management. 20:180-182.
- . 1970 a. Emergence and survival of fourwing seedling from four planting depths. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. Research Note. R.M. 162. 4 p.
- . 1970 b. Germination and establishment of fourwing saltbush in the southwest. USDA. Forest Service Rocky Mountain Experiment Station, Fort Collins, Colorado. Research Note. RM-55. 48 p.
- STREET, H.F. y ÖPIK, H. 1970. The physiology of flowering plants: their growth and development. New York, American Elsevier Publishing Company. 263 p.
- SUDZUKI, H.F. 1969 a. Absorción foliar de humedad atmosférica en tamarugo, *Prosopis tamarugo* Phil. I Observaciones sobre el riego foliar en plántulas de tamarugo. Universidad de Chile, Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica. Bol. Téc. 30: 3-6.
- 1969 b. Absorción foliar de humedad atmosférica en tamarugo. *Prosopis tamarugo* Phil. II Aplicación foliar de THO en plántulas de tamarugo. Universidad de Chile, Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica. Bol. Téc. 30: 7-9.
- 1969 c. Absorción foliar de humedad atmosférica en tamarugo. *Prosopis tamarugo* Phil. III Absorción foliar de agua atmosférica en tamarugo. Universidad de Chile, Fac. Agron. Est. Exp. Agronómica. Bol. Téc. 30: 10-23.
- THORNTHWAITE, C.W. 1948. An approach towards a rational classification of climate. Geogr. Rev. Vol. 38 (1): 55-94.

- TRIVELLI, R.A. 1973. Fertilización, época y frecuencia de utilización en la bioma biestratificada de *Atriplex repanda* Phil y terófitas residentes. Tesis Mg. Sc. Santiago, Universidad de Chile. Programa Permanente para Graduados en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la República de Chile. 80 p.
- VALDIVIA, G.J. 1975. Precipitaciones observadas en el centro de Investigaciones Ecológicas y Producción Pratense. La Rinconada, Maipú, durante el período comprendido 1958-1975. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Mimeografiado. 20 p.
- WALLACE, A.; MULLER, R.T. y ROMNEY, E.M. 1973. Sodium relations in desert plants. II Distribution of cations in plant parts of three different species of *Atriplex*. Soil Sci. 115 (5):390-394.
- WEARING, P.F. y PHILLIPS, I.D.J. 1970. The control of growth and differentiation on plants. Oxford. Pergamon Press. 303 p.
- WHALEY, W.G. 1961. Growth as a general process. En: Encyclopedia of Plant Physiology. Ruhland. 14: 71-122. Springer-Verlag, Berlín.
- WIERSMA, D. y VEIHMEYER, F.J. 1954. Absence of water exudation from roots of plants grown in a atmosphere of high humidity. Soil Sci. 78 33-36.
- WILLEY, R.W. y HEATH, S.B. 1969. The quantitative relationship between plant population and crop yield Advances in Agronomy 21: 281-321.
- WILLIAMS, R.F. 1964. The quantitative description of plant growth En: C. Barnard (ed). Grasses and grassland. 89-101.
- WILSON, A.D. 1966. The intake and excretion of sodium by sheep fed on species of *Atriplex repanda* (saltbush) and *Kochia* (bluebush). Aust. Jour. Agric. Resch. 17: 155-163.
- ; LEIGH, J.H. y MULHAM, W.E. 1969. A study of Merino sheep grazing a bladder saltbush (*Atriplex vesicari* - cotton bush - *Kochia aphyllal*) community on the Riverine Plain. Aust. Jour. Agric. Resch. 20 (6): 1123-1136.

WILLOUHGBY, W.M. 1958. A relation between pasture availability and animal production. Proc. Aust. Soc. Ann. Prod. (2): 42-45.

WOODS, F.W. 1961. Root exudates of higher plants. Ecological considerations. International Union of Forest Research Organization Proceed. 13 Kongress Wein. Romayor Congress Print. Wien. Austria.

ZUÑIGA, F.M. 1973. Determinación de curvas de crecimiento en *Atriplex repanda* Phil. en función de la densidad poblacional. Tesis Ing. Agrónomo. Santiago. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile. 80 p.

El presente estudio, además, está basado en las publicaciones que a continuación se indican, algunas de las cuales han sido extractadas parcialmente.

GASTO, C.J. 1980. Ecología. El hombre y la transformación de la Naturaleza. Santiago, Universitaria. 565 p.

NAVA, R.; ARMIJO, R. y GASTO, C.J. 1979. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo. México. 332 p.