

serie de biología

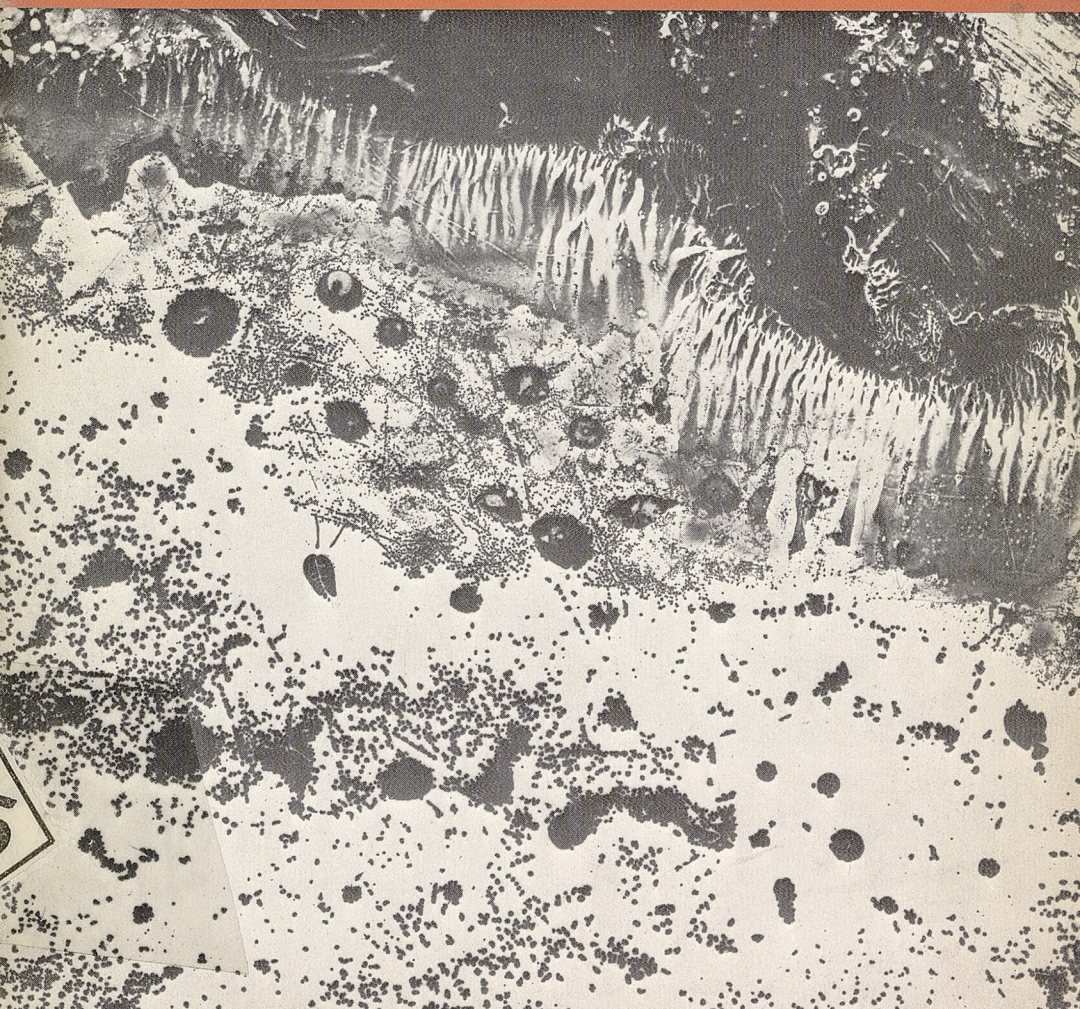
monografía no. 2

BASES ECOLOGICAS DE LA EXPLOTACION AGROPECUARIA EN LA AMERICA LATINA

Departamento de Asuntos Científicos

Unión Panamericana - Secretaría General

Organización de los Estados Americanos



BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE

Sección Chilena

Ubicación 104 (025-35)

Año _____ C —

SYS: 628467

BIBLIOTECA NACIONAL



1052301

LA ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS

La Organización de los Estados Americanos (OEA) reúne a las 21 repúblicas del Continente Americano para el propósito de mantener la paz, la libertad, la seguridad y el bienestar de todos los ciudadanos de América. Son Estados miembros de la Organización: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

La OEA tuvo su origen en la Unión Internacional de Repúblicas Americanas creada en 1890 durante la Primera Conferencia Internacional Americana, celebrada en Washington, D.C. Hoy desarrolla sus actividades por medio de numerosas oficinas e instituciones en todo el Continente, contribuyendo todas ellas al objetivo de mantener la paz y la seguridad de los Estados miembros y fomentar, mediante la acción cooperativa, su desarrollo económico, social y cultural. La Unión Panamericana, órgano central y permanente y Secretaría General de la OEA, tiene su sede en Washington, D.C.

0/10/9/00/50
20/2
629467
10M/025-35)

BASES ECOLOGICAS DE LA EXPLOTACION AGROPECUARIA EN LA AMERICA LATINA

**DESCARTE
ARGUEDAS**

por

GUILLERMO MANN F.

Director, Centro de Investigaciones Zoológicas

Universidad de Chile

Santiago, Chile



Departamento de Asuntos Científicos

Unión Panamericana

Secretaría General de la

Organización de los Estados Americanos

© Copyright 1966 by
The Pan American Union
Washington, D.C.

Derechos Reservados, 1966
Unión Panamericana
Washington, D.C..

Esta monografía ha sido preparada para su publicación en el
Departamento de Asuntos Científicos de la Unión Panamericana

Editora: Eva V. Chesneau

NOTA DE INTRODUCCION

La colección de monografías científicas forma parte de los programas generales de información y publicaciones del Departamento de Asuntos Científicos y tiene como finalidad principal difundir y presentar de manera sencilla los nuevos temas y métodos que surgen del rápido desarrollo de las ciencias y de la tecnología.

En la actualidad la colección consta de cuatro series, en español y portugués, sobre: física, química, biología y matemática, pero se contempla la posibilidad de incluir otros ramos de las ciencias.

Desde su comienzo se dedicó estas monografías a los profesores y estudiantes de ciencias de nivel secundario y universitario básico; no obstante se aspira a que encuentren también acogida entre los hombres de ciencias dedicados a la investigación especializada y por el público en general que se interese en adquirir información o conocimientos sobre la materia.

En la redacción y preparación de cada monografía participan científicos de reconocida autoridad.

Jesse D. Perkinson
Director

PROLOGO

Uno de los rasgos más notables del desenvolvimiento de las ciencias biológicas en el presente siglo es, sin duda alguna, el auge extraordinario que ha alcanzado la ecología. A diferencia de lo que se profesó en épocas anteriores, el biólogo moderno está convencido de que la comprensión cabal de los fenómenos de la vida sólo puede lograrse mediante el estudio de los organismos en relación con el medio en que se desarrollan.

En los primeros capítulos de esta monografía el autor da cuenta de cuán íntimo y complicado demostró ser el enlace que une a todo ser viviente con el conjunto de sus factores ambientales. Nos enteramos asimismo de la existencia de comunidades bióticas --biocenosis-- concretas, de composición y estructura bien definidas, en las cuales cada especie desempeña un papel particular dentro de la cadena de transformaciones de materia y de energía que se efectúan a todos sus niveles.

Hoy en día, es un hecho bien establecido que el conocimiento preciso de estas comunidades bióticas constituye un instrumento de gran valía para el aprovechamiento óptimo y permanente de los recursos naturales renovables de nuestro planeta. Lo anterior no solamente tiene su aplicación en las pesquerías, la ganadería y la explotación forestal, sino también resulta cada vez más válido para la agricultura, pues las características de las biocenosis ayudan en la determinación del uso más adecuado que debe darse a cada terreno y a menudo pueden indicar los cultivos más apropiados que han de prosperar en él.

De ahí la necesidad de realizar estudios ecológicos básicos y la urgencia de preparar técnicos capaces de aplicar los resultados de tales estudios a problemas concretos del uso de la tierra, del agua y de otros recursos naturales. En nuestra América latina, la situación varía de un país a otro, pero en ninguno es satisfactoria a este respecto. El esfuerzo por aumentar la producción agropecuaria es evidente y los periódicos constantemente nos hablan de la "apertura de nuevas tierras al cultivo". Lo que no dicen los diarios es cuántos de estos terrenos se abandonan al cabo de poco tiempo por resultar imposible de costear su explotación agrícola y tampoco indican el daño que se ha hecho al destruir innecesariamente buenos bosques o pastizales.

El opúsculo del Dr. Mann ayudará a despertar y a fomentar la conciencia ya alerta de la necesidad de fundar en los conocimientos ecológicos el uso de nuestros recursos bióticos.

Jerzy Rzedowski

México, D.F., mayo de 1966

INDICE

	Página
Nota de Introducción	iii
Prólogo	v
1. Naturaleza de los Recursos Naturales Renovables	1
Conceptos Fundamentales de Ecología	3
Naturaleza del enlace ecológico. El habitat. Las categorías comunitarias. La estructura de las comunidades. Las sucesiones comunitarias. La produc- ción comunitaria.	
2. Bioma de Montaña	25
3. Biomas de Desierto y Estepa	43
4. Bioma de Sabana	53
5. Bioma de Selva	63
6. Bibliografía	73

NATURALEZA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

En los últimos decenios estamos asistiendo a un agigantado proceso de activación en las industrias productoras de alimentos, las que intensifican día a día sus afanes ante la tarea cada vez más apremiante de satisfacer un número siempre creciente de individuos humanos en todos los ámbitos de nuestro globo. Respondiendo a este inquietante apremio, se amplían las actividades agropecuarias, así como las de la pesca y de la caza, en ritmo extraordinariamente veloz, abarcando, por un lado, nuevas áreas geográficas y, por otro, intensificando los métodos que permitan lograr mayores rendimientos de producción por unidad de área explotada.

Si bien es posible reconocer estos acontecimientos tanto en países de desarrollo afianzado como en aquéllos que adolecen aún de todo el séquito de enfermedades juveniles que acompaña a las efervescencias evolutivas de naciones emergentes, es obvio que entre ambas categorías de comunidades humanas existe una distinción fundamental. Es así como se ha impuesto en los países de cimentada experiencia una política de explotación de los recursos agropecuarios que reconoce, con rango de prioridad absoluta, el concepto de su conservación infinita. En contraste con esta filosofía, que pretende asegurar ante todo la preservación de las fuentes explotables para las generaciones futuras, se vive una actitud diferentemente orientada en esas naciones emergentes, como lo son las latinoamericanas, que anteponen el interés de rendimientos máximos sobre toda otra consideración.

Una política agropecuaria de pesca y de caza inspirada en la consecución de elevadas producciones inmediatas, pero indiferente a los fatales acontecimientos que arrastra necesariamente esta actitud, atenta con énfasis terrible contra los recursos sudamericanos descargando nuevos golpes fatales que se suman al inexorable proceso de destrucción iniciado con la llegada del conquistador a este continente.

A medida en que densas poblaciones humanas avanzan hacia los más recónditos parajes de la América latina se hace sentir también el efecto de estos procesos de devastación de una serie de elementos fundamentales, cuyo conjunto constituye las bases biológicas para la supervivencia de nuestra propia especie.

Economías inestables, hambre y miseria son testimonios aterradoros de las primeras consecuencias en esta cadena de efectos enlazados. Ya se cuentan por millones las hectáreas yermas y esquilgadas que han ido reemplazando paisajes antaño ilimitadamente fructíferos y feraces. Porcentajes significativos de territorio en todos los países latinoamericanos, sin excepción alguna, yacen hoy día derrotados y con su ciclo de transmutaciones energéticas cercenado a consecuencia de sistemas de explotación errados, que han interrumpido el flujo vital desde las fuentes solares hacia las plantas primero y luego hacia los animales para crear desiertos biológicos, donde la organización comunitaria natural ya no logra mantener la circulación eficiente de materia y energía para enlazar a cada individuo con los demás de su comunidad en un solo organismo ecológico, acrisolado en una máquina ajustadamente eficiente para desempeñarse con éxito bajo las condiciones locales imperantes.

2

Los efectos de esta explotación irrestricta y desmedida de los recursos naturales se ven aun agravados en este continente por la condición peculiar de su flora y fauna, cuya historia evolutiva específica reunió en su conjunto a un elevado porcentaje de especies incapaces de reaccionar con respuestas adaptativas acertadas ante desequilibrios provocados por la intervención humana, de tal manera que el organismo comunitario integrado por ellas adolece de una peligrosa labilidad potencial que conduce fácilmente a espectaculares derrumbes de todo el edificio ecológico, con consecuencias irreparables ante disturbios relativamente leves. Se revela en efecto en todo enfoque crítico de los resultados que ha logrado el manejo humano de la naturaleza latinoamericana una sorprendente secuencia de continuos fracasos con gravísimas proyecciones en su mayoría. Los lamentables déficits en la producción de alimentos se derivan por un lado de esa realidad para espejarla por otro en todos sus alcances.

Con frecuencia se asiste, a través del despliegue temporal de las actividades de explotación de estos recursos biológicos, a un desarrollo inicial de elevadísimos niveles de producción que decae posteriormente hacia valores insignificantes para desaparecer por último del todo. Es obvio que estos acontecimientos expresan en su primera fase una clara sobreexplotación del potencial biótico, cuyo capital originario es objeto de sobreiros masivos, insostenibles con relación a las energías disponibles, que conducen luego a su destrucción, sin permitir el usufructo indefinido de sus intereses que distingue y caracteriza a los recursos biológicos renovables correctamente manejados.

De estas consideraciones fluye como conclusión el hecho muy evidente de la extraordinaria facilidad con que la intervención

humana desacertada puede desarticular y destrozar las bases de convivencia que sostienen las comunidades bióticas en la América latina, a tal grado que sobre el continente americanopende, cual espada de Dámocles, el constante y aterrador peligro de una destrucción de la condición de "renovables" de sus recursos naturales. Con ello perderían su característica esencial y más preciosa, dejando de constituir una fuente imperecedera para degradarse al ejemplo de un yacimiento mineral, en un recurso cuya explotación, temporalmente limitada, conduce final e inescapablemente a una herida permanente, incapaz de cicatrizar.

El método y la magnitud en la explotación de los recursos biológicos latinoamericanos exigen, en consecuencia, un tratamiento muy particular, orientado específicamente hacia las peculiares condiciones de sus ambientes naturales. La idiosincracia ecológica de estos últimos rechaza rotundamente todo intento de ser forzados con principios de manejo, modos y márgenes cuantitativos de extracción propios de aquellos países a cuyas necesidades responden y en cuyo seno fueron elaborados como respuesta específica a problemas agropecuarios locales.

En el análisis breve y tentativo que se presenta en este estudio, se ha tratado de señalar las bases biológicas que pudieran llevar a un planeamiento ecológicamente acertado de sistemas de explotación de los recursos naturales latinoamericanos, con el fin de promover un rendimiento caracterizado por máximos niveles de producción compatibles con su renovación indefinida.

3

En procura de este cometido, se discute en primer término los conceptos fundamentales del enfoque ecológico moderno que debe constituir la base razonada para la aplicación ulterior de todo análisis y, en segundo lugar, se ofrece un resumen de los grandes organismos comunitarios desarrollados en la América latina --sus biomas-- a fin de evaluar en cada ocasión los problemas más sobresalientes que plantea su compleja organización frente a las actividades humanas de explotación.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ECOLOGIA

Naturaleza del Enlace Ecológico

El comportamiento particular del protoplasma, que se designa "vida", se manifiesta sobre el globo terráqueo en una extraordinaria variedad de moldes estructurales --las diversas especies de plantas y animales-- que se escalonan entre los extremos del virus y del vertebrado. Cada uno de estos organismos vivientes desarrolla sus funciones a base de energía que obtiene del ambiente que lo rodea.

Se establece de esta manera un flujo de transferencias energéticas que conduce desde la energía radiante solar y las fuentes calóricas, representadas por las combinaciones químicas de la tierra, de las aguas y de la atmósfera, hasta los vegetales y, por su intermedio, a los animales. A través de procesos fotosintéticos, las plantas verdes logran incorporar las energías ambientales en moléculas protoplasmáticas. Animales fitófagos, consumidores de primer orden, se intercalan luego en la cadena alimentaria, la cadena trófica, utilizando las plantas, como proveedoras de energía, para caer presos a su vez de otras especies zoófagas, consumidores de segundo, tercero, cuarto orden, etc. Este ciclo de transferencia de energías se cierra en definitiva con la acción de aquellos organismos desintegradores que reducen finalmente los cadáveres dejando en libertad los últimos restos de energía captada por los seres vivos al comienzo de la cadena de flujo energético.

4 Resulta obvio entonces que todos los seres vivos se encuentran indisolublemente enlazados entre sí y con todos los factores del medio que los rodea en la más íntima comunión energética, ya que ellos representan máquinas biológicas que reciben, en un cierto momento y en préstamo por breve plazo, una fracción de las energías disponibles en nuestro planeta para entregarlas luego a otros eslabones en el ciclo de la circulación energética, ocupando un lugar perfectamente definido en esta cadena de acontecimientos sucesivos, que se designa como su "nicho ecológico".

Es preciso admitir entonces que todos y cada uno de los sucesos en la esfera biótica, en la biosfera --que se desarrolla como una tenue capa de organismos vivientes sobre y en la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera del globo terráqueo-- tendrán repercusión por indirecta que sea, medida al nivel energético, en todos los demás ámbitos de la biosfera. Y resulta así que el canto de un petirrojo entre abedules del Rhin es capaz de modificar aun, en último término, la existencia de la lombriz solitaria en el recto de un sapo chileno.

El Habitat

El conjunto de factores, incommensurablemente complejo, que caracteriza el espacio físico ocupado por un organismo vivo corresponde a su habitat, designado por algunos autores como "nicho", término que debe reservarse a su función ecológica. Irradiación solar, precipitación, vientos, calidad física y química del substrato, composición del medio que rodea la planta o el animal, todos los organismos que conviven con él en algún tipo de correlación y muchos otros elementos se conjugan en una multifacética e interdependiente totalidad.

Los elementos climáticos cobran particular importancia práctica por su condición de parámetros a la vez decisivos como fácilmente mensurables, de tal manera que su reconocimiento cualitativo y cuantitativo permite comprender y aun prever las posibilidades de existencia de determinados organismos. Temperatura y disponibilidad de agua (precipitación en los ambientes terrestres) representan, a su vez, los factores de mayor importancia ecológica. Así, la temperatura determina, a través de sus extremos, las barreras de compatibilidad con la vida, como también la intensidad o velocidad de las reacciones químicas, expresadas a su vez en magnitudes paralelas de actividad biológica.

El agua como solvente fundamental en los procesos de intercambio de materia --tanto entre el organismo y el ambiente, como entre los propios elementos estructurales que configuran a los seres vivos-- alcanza un significado decisivo, constituyéndose en factor imprescindible para la vida.

Es obvio que el monto y la distribución estacional del agua disponible, ya sea por precipitación de lluvias, por neblinas mojadoras o por fuentes edáficas, representan primordialmente un factor limitante de la vegetación, determinando en buena medida las "formas de vida" --hierbas, arbustos o árboles-- que logran desarrollarse en sus dominios. Es preciso tener en cuenta, sin embargo, que los efectos biológicos de la magnitud del agua presente en el medio ambiente dependerán a su vez directamente de las temperaturas prevalentes, cuyo valor determina las pérdidas por evaporación inmediata y por transpiración de los organismos. Un enfoque realista y con ello la comprensión en el plano biológico de la economía de agua en una comunidad de organismos no puede basarse por lo tanto en datos crudos de magnitud de precipitación, a partir de cuyo monto deberá descontarse en primer lugar todo el valor que alcance en el medio analizado su evaporación-transpiración potencial (evapotranspiración) sujeta y determinable a base de factores térmicos.

Se han propuesto numerosas aproximaciones matemáticas para calcular, a través de fórmulas más o menos complejas, la magnitud de agua biológicamente disponible. La experiencia demuestra que se alcanzan los mejores resultados, es decir, valores que parecen coincidir más objetivamente con sus efectos biológicos, mediante la aplicación de una fórmula que combina la ecuación formulada por Holdridge (1959) con un índice que considera la ocurrencia de las temperaturas máximas y mínimas medias de acuerdo con los términos siguientes:

$$\text{Evapotransp. potenc. en mm} = 58,93 \frac{\text{N}^\circ \text{ días mes}}{\text{N}^\circ \text{ días año}} \times \text{temp. media mens.} \times \frac{\text{Temp. media máx. mens.} - \text{Temp. media mínima mens.}}{20}$$

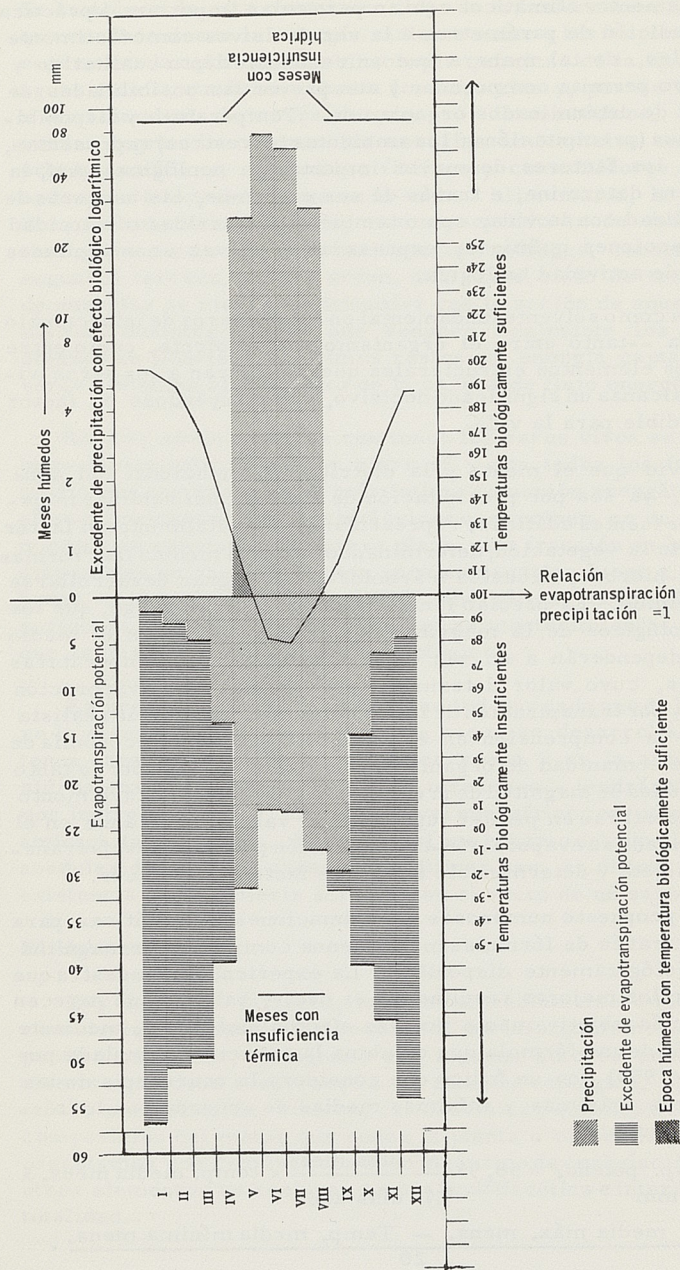


Fig. 1. Climatograma correspondiente a Santiago de Chile, basado en los datos de 50 años de la Oficina Meteorológica de Chile. Explicación en el texto.

Las magnitudes de evapotranspiración potencial así calculadas se descuentan luego de los valores de precipitación mensual, ordenando el conjunto de estos datos en un histograma, cuya línea 0 representa una relación de Evapotranspiración/Precipitación = 1. Cuando se hace presente un monto de precipitación que excede el valor de la evapotranspiración potencial aparecerá consignado sobre la línea 0, entanto que precipitaciones insuficientes ocuparán la altura correspondiente en la columna de evapotranspiración potencial, que así se verá disminuida en su rigor. Dada la influencia directamente negativa que ejerce un déficit de agua disponible en el medio ambiente, se expresa esta magnitud aritméticamente, a diferencia de los excedentes de precipitación, cuyo efecto seguirá más bien una relación logarítmica, ya que una vez superado su nivel limitativo deberá progresar geométricamente para alcanzar efectos biológicos aritméticamente escalonados (Mann, 1965).

Sobre el histograma de balance hídrico comunitario se representa gráficamente la curva de temperatura mensual, ordenando su expresión en grados Celsius de tal manera que la media mensual de 10°C coincida con la línea que expresa la relación Evapotranspiración/Precipitación = 1. Para ello se asume que todo mes de temperatura media inferior a 10°C en la América del Sur cuenta con una mayoría de horas térmicamente desfavorables para el desarrollo de vida activa y generalmente con noches y días de escarcha.

7

De esta expresión gráfica resulta un diagrama que permite reconocer a primera vista el desarrollo de meses con temperatura y disponibilidad de agua favorables, definidos por una coincidencia de la curva térmica y de los histogramas hídricos dispuestos por encima de la línea 0, en tanto que los meses con clima desfavorable presentan la condición inversa.

A base de los mismos cálculos aquí aplicados puede representarse también la constelación climática de un ambiente a través de la combinación de las curvas de temperatura con una simple curva de disponibilidad de agua, cuyos valores representan la diferencia positiva o negativa entre agua caída y evapotranspiración potencial. Este modo simplificado de expresión gráfica se ajusta con particulares ventajas para su combinación con curvas de desarrollo poblacional, cuyos dinamosismos aparecen así en relación fácilmente apreciable con respecto a los factores climáticos.

Las Categorías Comunitarias

A pesar de los íntimos lazos de unión energéticos que unen sin excepción a todos los seres vivos de la biosfera en una sola comunión, se reconoce un número infinito de situaciones ecológicas

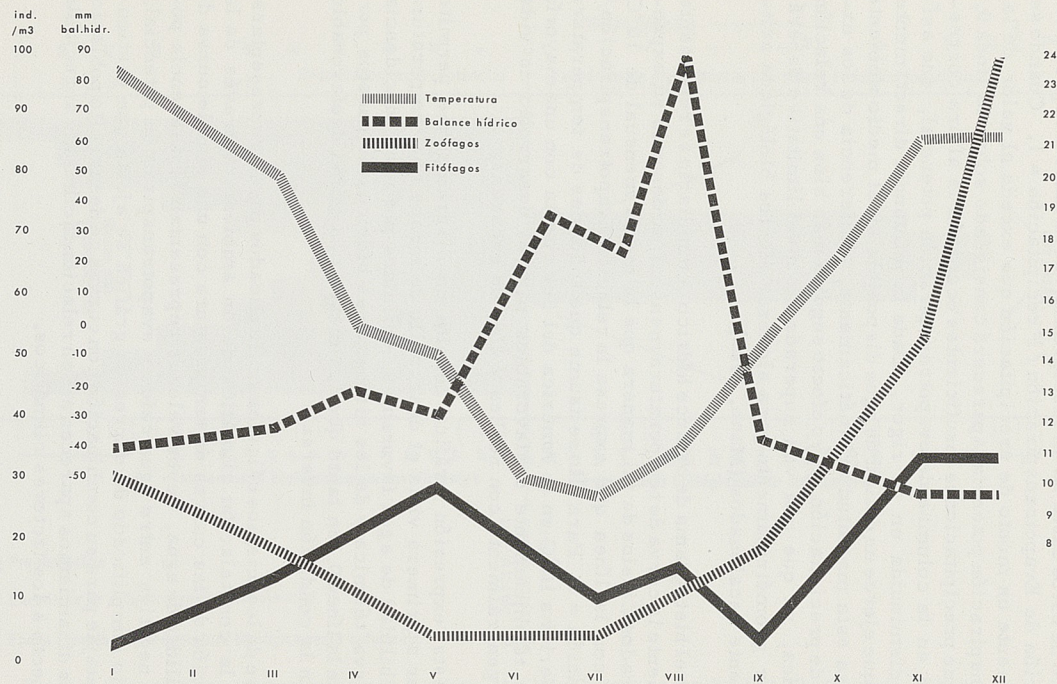


Fig. 2. Climatograma y diagrama poblacional correspondiente a la sabana chilena en 1964. Se observa la curva del balance hídrico expresado en mm, la curva de la temperatura, la curva de las poblaciones de zoófagos y la curva de fitófagos, éstas dos últimas expresadas en número de individuos por m³ de vegetación.

concretas que representan unidades de convivencia de plantas y animales, con características bien circunscritas, más o menos delimitadas frente a las comunidades vecinas, y de una extensión espacial relativamente limitada. Así, por ejemplo, aparece como una de estas asociaciones concretas un tronco de árbol cualquiera con todos los hongos, líquenes, musgos que lo envisten y la extraordinaria diversidad de animales que vuelan a su alrededor, recorren su corteza, horadan sus entrañas, liban la savia que encierra y trinan en su ramaje. Se percibe pues a primera vista que todos estos seres están directa y estrechamente ligados en una comunidad cuyos componentes entran ya en competencia por el espacio vital, ya se persiguen unos a otros como presas y captores o ya integran alguna otra de las tantas y tan variadas correlaciones que se realizan entre los seres vivos. El conjunto de los organismos refugiados bajo una roca o los que habitan una cueva, o los que dan vida a los excrementos de un vacuno, representan igualmente ejemplos de asociaciones definidas.

Todas estas situaciones ecológicas, por diferentes que parezcan, llevan en sí características comunes que permiten agruparlas en una misma categoría ecológica designada como la "microasociación". Al analizar cualesquiera de estas microasociaciones se distinguen las tres condiciones fundamentales siguientes:

1. Ocupan un espacio ambiental limitado.
2. Su existencia es breve, ya que sufren modificaciones en su composición y estructura que conducen, a través de una sucesión de etapas diferentes, a su ulterior desaparición. Esta cadena de secuencias puede prolongarse por algunas decenas de años, pero puede suceder también, en microasociaciones efímeras como la representada por un hongo con su fauna micetófila, en breves días y aun, en casos extremos, en algunas horas.
3. El funcionamiento de las microasociaciones requiere de variados, importantes y continuos aportes desde comunidades biológicas vecinas, las que les envían oleadas constantes de organismos vegetales y animales, ajustados a sus diferentes etapas sucesivas. Por lo tanto, no se completa en su seno un ciclo cerrado de transformaciones energéticas puesto que siempre faltan algunos eslabones en la cadena de productores, consumidores y desintegradores. De allí que las microasociaciones se caracterizan por una definida dependencia energética que los enlaza obligadamente a otras comunidades vecinas.

El análisis precedente de las microasociaciones pone de manifiesto, como su condición más significativa, tres factores de valor más bien negativo: su escaso desarrollo espacial, su breve existir y su dependencia energética. Pero también señala que estos tres elementos ecológicamente limitantes desaparecen y son superados cuando se enfoca a todo un conjunto de microasociaciones diferentes, enlazadas entre sí, tal como aparecen en la naturaleza, reconociendo

en su interrelacionada comunión a una entidad ecológica de categoría superior: el "ecosistema". Un bosque con sus árboles, su capa de tierra, sus hierbas y las piedras que cubren el suelo, los nidos de sus aves, las cuevas de zorros que cobija, la luz y la lluvia que recibe y el viento que rumorea en sus espesuras, en fin todos los elementos que se conjugan para integrarlo, aportarle energía y llenarlo de vida vienen a constituir un ejemplo de tal trama de microasociaciones, que organiza y representa a uno de estos ecosistemas.

La cualidad más relevante del ecosistema --consecuencia de su naturaleza sintética, integrativa de multitudinarias microasociaciones-- estriba en su autarquía, su independencia energética, ya que se conjugan en el marco de esta categoría ecológica todos los eslabones necesarios para constituir un ciclo energético completo. Al lado de esta condición preponderante se definen otras características importantes como elementos de juicio para elaborar una visión precisa del ecosistema: a. armónica totalidad del conjunto; b. integración interdependiente de todos los elementos constitutivos; c. espacio vital definido; d. combinación característica de especies, y e. equilibrio poblacional dinámico. Estas características dan la base para la definición siguiente: "El ecosistema es una trama vital energéticamente autárquica. En su constitución participa la totalidad de los elementos que ocupan su definido espacio vital y que se hallan integrados entre sí por indisoluble y armónica interdependencia. Los sistemas poblacionales de sus organismos vivientes mantienen sus características combinaciones de especies a través de mecanismos lábiles y dinámicos de equilibrio biótico".

El ecosistema viene a ocupar entre todas las categorías de organismos ecológicos un lugar principal porque representa la unidad de convivencia energéticamente autárquica más pequeña. Por debajo de este lugar en el escalafón no se encuentran, en consecuencia, combinaciones de organismos y ambientes capacitadas para desarrollar un ciclo completo de transferencias energéticas. Sin embargo es posible construir, en un plano abstracto, unidades ecológicas superiores de mayor cuantía. Es así como se agrupan todos los ecosistemas de estructura y organización semejante --"isocenosis"-- bajo el concepto de "bioma", representado, por ejemplo, por las comunidades de litorales, de los desiertos, de las sabanas, de las tundras, de las estepas, de los bosques esclerófilos, de las selvas tropicales húmedas, etc. El concierto de todos los biomas, encajados aún en los "biociclos" terrestres, acuáticos y endoparasitarios, viene a integrar por último la biosfera, punto de partida del análisis presente.

La Estructura de las Comunidades

Una valoración justa de los biomas obliga a tener presente que la organización de los conjuntos comunitarios en un momento dado obedece a dos elementos causales muy distintos en su naturaleza, pero íntimamente coordinados en el resultado final. Ellos corresponden, por un lado, al efecto con que opera el tamiz selectivo, representado por el conjunto de factores ecológicos localmente imperantes que acoge o rechaza las formas de vida que pone a prueba. Por otro lado intervienen los procesos evolutivos, filogenéticos, cuya oferta local de flora y fauna determina la naturaleza y con ello la calidad funcional de los organismos disponibles en cada lugar para servir de materia prima a los fenómenos selectivos.

El primero de estos dos acontecimientos básicos determina en último término la fisionomía comunitaria general, ya que favorece y acepta solamente a aquellos planes de estructura y función que resuelvan acertadamente los problemas de supervivencia localmente planteados, rechazando rigurosamente a todas las plantas y animales que no están provistos del uniforme necesario. La efectividad de esta acción depende a su vez de la oferta original de "formas de vida" disponibles a la acción del proceso selectivo, cuya función se limita a efectos pasivos sin posibilidades creadoras propias. De aquí resulta que una misma constelación de elementos selectivos logra resultados totalmente diferentes cuando opera sobre conjuntos de organismos diversos, pobres o ricos, primitivos o modernos. Es así, por ejemplo, como en los ecosistemas con fisionomía de sabanas al occidente de los Andes, en la América del Sur, en el valle longitudinal de Chile, se mantienen nichos completos desocupados en tanto que todas sus posibilidades se realizan al oriente de esta barrera montañosa, donde sus llamadas selectivas pueden recibir la respuesta acertada debido a la rica fauna y flora tropical existente.

En el conjunto más o menos diversificado de las diferentes especies que integran toda comunidad pueden reconocerse siempre ciertos elementos que participan en mayor proporción que otros. Tales formas aportan los "dominantes", cuya importancia comunitaria corre a la par con su representación numérica, siempre que éstos no correspondan, como es frecuente, a individuos de talla particularmente reducida y con ello de escasa magnitud en biomasa y energía. A base de esta consideración se justifica distinguir claramente entre las especies con "dominancia numérica" y aquéllas que "dominan energéticamente" en el conjunto de su comunidad. Para expresar este valor pueden aplicarse escalafones adecuados a cada situación particular aunque es aceptable, como regla general, que toda especie que concorra con más de un 5% al conjunto biológico de organismos comparables en talla y función ecológica constituye un dominante.

Para este tipo de apreciación no será ventajoso, ni biológicamente razonable, determinar y comparar dominancia entre organismos de biomasa extremadamente diferentes, ni tampoco entre especies de función comunitaria totalmente diversa. Así, por ejemplo, la afirmación de una dominancia numérica de zancudos Culicidae sobre elefantes en la sabana africana carece de utilidad para la comprensión de la estructura ecológica, en tanto que resultaría de gran interés determinar la dominancia relativa entre Pentatominae fitófagos y Asopinae zoófagos dentro de la categoría Pentatomidae --los chinches de campo-- en esa comunidad de vidas.

12 La comprensión de la estructura comunitaria se complica sin embargo todavía más por la distribución espacial, altamente irregular, a que se ciñe la mayor parte de los organismos vivientes, los que se agrupan con densidad en "centros de atracción" para poblar muy parcamente los espacios intermedios. Estas agrupaciones pueden obedecer tanto a la congregación activa de individuos atraídos por factores de interés (flores y frutos maduros, cadáveres, hembras, etc.) o se realiza pasivamente, a consecuencia de la actividad reproductiva de individuos cuyas crías se mantienen por un período largo, e inclusive por toda su existencia, en la vecindad de sus progenitores. El modo de distribución de cada especie en el espacio comunitario afecta y contribuye a determinar el impacto ecológico que ésta realizará en su comunidad. Así, por ejemplo, provocará consecuencias muy diferentes una misma planta forrajera que se encuentre regularmente dispersada por una amplia extensión o relegada, con el mismo número de individuos, a reducidos manchones de elevada densidad. La evaluación de esta condición distributiva se realiza por el recuento de muestras más o menos numerosas para determinar el porcentaje en las que se presenta la especie analizada. Suele admitirse por lo general que toda especie representada en más de la mitad de las muestras ($>$ del 50%) es "constante" y que aquéllas que existan en más del 80% merecen la denominación de "euconstantes".

Aplicando los conceptos de dominancia y constancia resulta posible seleccionar entre el número muchas veces elevadísimo de integrantes de un sistema ecológico estudiado aquéllos organismos prevalentes que desarrollan las funciones comunitarias sobresalientes y de mayor significado. Con ello se abren las puertas para una comprensión más fácil y más expedita de las situaciones, corrientemente tan complejas, en la organización de las comunidades bióticas.

A base de las especies dominantes y constantes de cada asociación resulta fácil determinar su "fórmula típica de especies características" (Leitformen de los autores alemanes). Sin embargo,

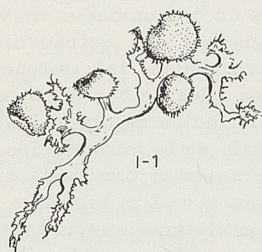
debe tenerse presente que esta combinación de especies características sufre cambios más o menos importantes con el transcurso del tiempo, ya que dependerá en buena parte de los acontecimientos de sucesión y de reemplazo de un organismo por otro, tanto en los diferentes aspectos estacionales como año tras año, que se realizan en todas las entidades comunitarias.

Otro importante elemento de juicio, que aporta valiosas observaciones para la comprensión de la estructura de una comunidad, descansa en su mayor o menor riqueza en especies que participan de su organización. Entre los extremos de comunidades muy sencillas y monótonas y sistemas integrados por una extraordinaria diversidad de organismos se escalonan todas las situaciones intermedias imaginables. En los últimos años se han enriquecido los sistemas de cálculo para apreciar el "índice de diversidad" con fórmulas extrapoladas a partir de la teoría de la información, base teórica de la cibernética, cuyo aporte de mayor utilidad está expresado por la sencilla ecuación de Shannon: $H = -\sum p_i \log p_i$, o en un lenguaje más simple: "la diversidad de un sistema comunitario depende por un lado de la riqueza en elementos diversos ($\sum p_i$) y, por otro, de la proporción en que cada uno de ellos entra a participar en el conjunto (p_i). De esta manera resulta claro que un mismo índice de diversidad puede expresar dos casos opuestos; en uno reflejará a comunidades con un número determinado de componentes que participan todos con el mismo número de individuos en el total. En otro, ese mismo índice de diversidad puede corresponder a una comunidad con un número de especies mucho mayor pero de participación proporcional irregular, de tal manera que la mayor parte del conjunto se halla estructurado a base de unos pocos elementos diferentes, con un remanente de numerosas especies muy escasamente representadas.

Resulta evidente que un índice de diversidad así calculado refleja al mismo tiempo y con gran fidelidad biológica dos fenómenos cuantitativos de particular importancia comunitaria, superando considerablemente en significado ecológico a los parámetros anteriormente utilizados, los que se basan exclusivamente en la cantidad de especies diversas presentes en una comunidad, con olvido de ese aspecto fundamental que aporta su participación relativa en el conjunto.

Extrapolando los postulados de la teoría de la información, ya con márgenes de seguridad insuficientes, se ha pretendido reconocer en todos los casos en las comunidades de elevado índice de diversidad a organismos ecológicos estables, maduros y autosuficientes, en contraste con aquellas de bajos índices, las que serían entonces de naturaleza inmadura, pioneras y energéticamente dependientes. Este tipo de enjuiciamiento, que no concuerda con la realidad, como lo demuestran múltiples excepciones, representa solamente una de aquellas generalizaciones frecuentes que surgen como respuesta al entusiasmo efervescente que despiertan nuevas formulaciones en la

PRODUCTORES



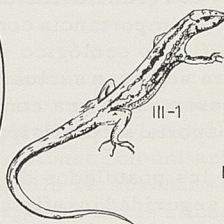
I-1

FITOFAGOS

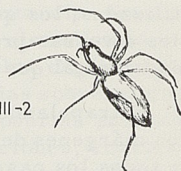


II-1

ZOOFAGOS



III-1



III-2

RECUPERADORES



IV-1



IV-2

Fig. 3a. Trama vital en estepa cálida de matorrales (O andino, 27° lat. S) durante un año normal. La energía solar es captada por líquenes (I-1). Los consumidores primarios, fitófagos, están representados por Psocoptera, que se alimentan de los líquenes (II-1). Los zoófagos de importancia ecológica corresponden a reptiles del género *Liolaemus* (III-1) y Araneae (III-2). Cadáveres y excrementos son consumidos por los recuperadores Formicoidea (IV-1) y Tenebrionidae (*Gyriosomus* IV-2).

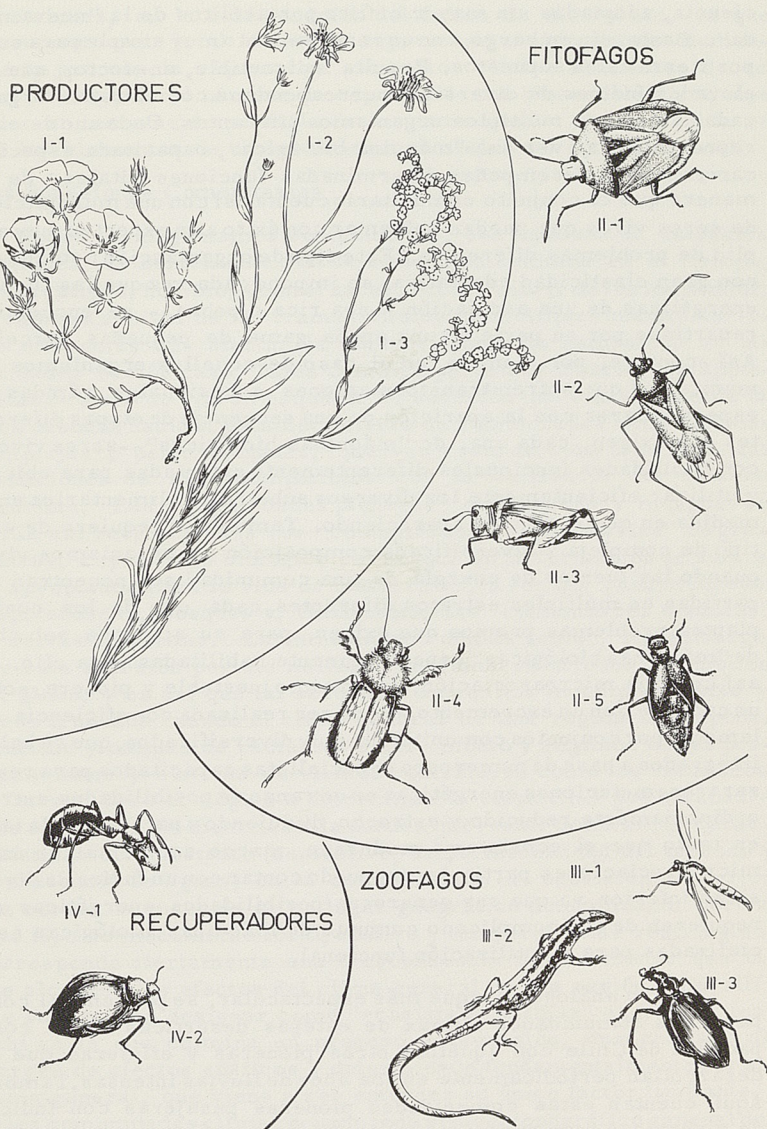


Fig. 3b. Trama vital en estepa cálida de matorrales (O andino, 27° lat. S) durante un año "anómalo" de lluvias agigantadas. La energía solar es captada por productores anuales efímeros, representados principalmente por los géneros: *Babisia* (I-1), *Encelia* (I-2) y *Heliotropium* (I-3). Los consumidores primarios, fitófagos, cuentan entre sus dominantes con: Heterópteros Pentatominae (*Acledra* II-1), Heterópteros Miridae (II-2), Acrididos Pamphaginae (II-3), Coleópteros Scarabeidae (II-4), *Melodontha* (II-5). Los fitófagos caen presa de zoófagos, cuyos elementos más importantes son: Dípteros Asilidae (III-1), Reptiles Iguanidae del género *Liolaemus* (III-2) y Coleópteros Carabidae (*Calosoma* III-3). Los cadáveres, tanto de plantas como de animales, así como los excrementos, son consumidos por recuperadores abundantísimos como: Formicoidea (*Dorymyrmex* IV-1) y Coleópteros Tenebrionidae (*Gyriosomus* IV-2).

ciencia, adoptadas sin mayor crítica por acólitos de la "nueva moda". Basta, sin embargo, con un razonamiento muy simple para echar por tierra tales supuestos. Resulta indiscutible, en efecto, que los elevados índices de diversidad corresponden a comunidades organizadas a base de múltiples organismos diferentes. Cada uno de ellos representa a su vez una "máquina biológica", capacitada específicamente para desempeñar determinadas funciones vitales, de tal manera que el conjunto comunitario cuenta así con una multiplicidad de seres vivos que pueden enfrentar con éxito a un espectro muy amplio de problemas diferentes. Este tipo de organización comunitaria, con gran elasticidad adaptativa, se impone cada vez que las fuentes energéticas de una asociación --sea rica o pobre-- se encuentran repartidas por su parte en una ancha gama de pequeñas parcelas. Así acontece, por ejemplo, en el caso de aquellos organismos comunitarios que sufren transformaciones sucesionales rápidas y espectaculares con la aparición de una secuencia de etapas diferentes que exigen, cada una, de "máquinas biológicas"--seres vivos-- con habilidades funcionales diferentemente orientadas para ubicar y utilizar eficientemente los diversos substratos alimentarios en la medida en que éstos van apareciendo. También se requiere de este tipo de compleja y diversificada composición en organismos vivos cuando las fuentes de energía de una comunidad se encuentran repartidas en múltiples estratos diferentes, cada uno de los cuales plantea problemas propios que exigen, para su acertada solución, de "máquinas biológicas" específicamente habilitadas para ello. Es así como la microasociación, en extremo inestable y pionera, sobre un cadáver o en un excremento, puede ser realizada con eficiencia solamente por conjuntos comunitarios muy diversificados, que se hallan integrados a base de numerosos especialistas capacitados para realizar transmutaciones energéticas en un rango de posibilidades extraordinariamente reducido y estrecho, dividiendo y parcelando la tarea, en tanto que el ecosistema madurado, marco accidental de estas microasociaciones particulares, puede contar con un índice de diversidad inferior, ya que sus generosas posibilidades energéticas no requieren de tan complicado conjunto de máquinas biológicas especializadas para su utilización funcional.

Un caso análogo, aunque más espectacular, se presenta al comparar las comunidades clímax de estepas desérticas en la costa pacífica de Chile con aquéllas otras pioneras y efímeras que se desarrollan periódicamente en los años de lluvias intensas. También aquí cuentan estas comunidades pioneras pasajeras con índices de diversidad muy superiores a aquéllos que distinguen a las situaciones clímax, maduras y estables.

Los así llamados "principios biocenóticos básicos" de Thienemann (1920), inspirados en los "principios faunísticos" de Monard, representan aspectos causales que pueden influir, bajo determinadas

condiciones, en la configuración del índice de diversidad, ya que presuponen que: 1. el número de especies de una biocenosis aumenta a la par con la riqueza en elementos vitales diferentes de su ecosistema y 2. el número de especies de una biocenosis disminuye --con un incremento paralelo de sus individuos-- en la medida en que los elementos de un ecosistema se alejan del óptimo normal.

Las Sucesiones Comunitarias

Todos los organismos comunitarios, sea cual sea su categoría ecológica, evidentemente son de existencia limitada en el tiempo. Esta realidad, homóloga con el nacer, vivir y morir de los individuos, se expresa al nivel de las tramas vitales en múltiples manifestaciones diferentes que afectan la composición y la naturaleza de las entidades ecológicas. Tales cambios pueden ordenarse ventajosamente de acuerdo con un esquema de sucesión que conduce desde la roca desnuda hacia el establecimiento de comunidades cada vez más complejas y perfeccionadas, que van creando, una tras otra, las condiciones de vida compatibles con la existencia del eslabón siguiente. Las "comunidades pioneras" de líquenes y musgos se verán así reemplazadas por "comunidades intermediarias" de gramíneas, cuyo efecto biológico se traduce en la formación de suelos ya apropiados para la vida de matorrales, a los que pueden suceder luego sabanas, bosques y, finalmente, las "comunidades maduras" de selvas hidrófilas. Es un hecho por demás sabido, sin embargo, que esta sucesión posible no llega a consumarse en todos los ámbitos del globo, y es así que tal secuencia se realiza incompletamente y queda truncada cuando el clima general de una región lo dispone. Cantidad y calidad de radiación solar, monto y régimen de las precipitaciones y sistema de vientos contribuyen como los elementos de mayor peso ecológico a determinar la etapa final que alcanzará toda sucesión. En menor escala pueden intervenir también las características del substrato (su declive, la permeabilidad del terreno y la presencia de aguas) en la configuración del ecosistema ulterior que corona la sucesión en un lugar geográfico determinado; pero a este tipo de mecanismo local, edáfico y temporalmente restringido, corresponde ciertamente una trascendencia mucho menor que la que alcanzan los efectos del clima general de una región. De allí que se justifica designar como "ecosistema clímax" aquella trama vital en la que culmina un proceso de sucesión, desarrollado al margen de efectos edáficos y determinado fundamentalmente por el clima general, que viene a ser entonces su único factor limitante. Tales comunidades clímax ocupan todo el nivel topográfico general de un bioma, y permanecen, bajo condiciones naturales, radicadas de manera estable en tanto que no se operen cambios en las condiciones del clima. Su existencia y supervivencia se desarrollan así en el marco de cambios seculares o milenarios que afectan con el transcurso de las épocas geológicas el clima de nuestro planeta.

De lo anterior se deduce que en el seno de todo bioma, caracterizado por su comunidad clímax, se han de encontrar también comunidades locales que difieren en su configuración más o menos apreciablemente del clímax. De acuerdo con sus mecanismos causales pueden diferenciarse etapas sucesionales edáficas --determinadas por el substrato-- y climáticas-- generadas como respuesta comunitaria y sinbiológica* frente a climas locales. Cuando estas situaciones ecológicas se deben a una menor disponibilidad de agua corresponden a preclímax, en contraposición a la posibilidad opuesta, cual es una mayor disponibilidad de agua, que crea a los postclímax. Desde las situaciones de postclímax hasta la organización de comunidades continentales acuáticas propiamente dichas rige una sucesión de etapas de transición infinitamente variadas. Todos estos sistemas comunitarios, en cuya configuración alcanza preponderancia marcada el agua, se agrupan bajo la designación de "hidroseres", término que hace resaltar la condición perecedera y dinámica de las tramas vitales acuáticas, cuyo ritmo de sucesiones es particularmente rápido y espectacular.

En aquellos paisajes que reúnen lado a lado constelaciones topográficas y microclimáticas muy diversas se ofrecen las condiciones óptimas para la coexistencia de diferentes etapas sucesionales que se establecen alrededor de la comunidad clímax. Un ejemplo claro aparece en todos los valles centrochilenos de naturaleza aún primitiva, donde arraiga el clímax de sabana en el piso del valle, un preclímax de cactáceas y bromeliáceas sobre la pared expuesta al norte y un bosque postclimático en la vertiente opuesta.

La labor de interpretación en el terreno de los diferentes ecosistemas y su clasificación de acuerdo con la etapa sucesional secular que éstos representan puede verse considerablemente aliviada por un proceso frecuentemente realizado en la naturaleza y que refleja, en un resumen abreviado, la cadena de milenaria extensión de las sucesiones seculares. Basta, en efecto, que un ecosistema actual sea eliminado localmente, ya sea por intervención humana o por cataclismos naturales, para que se inicie y se desarrolle una secuencia de reemplazos sucesivos de comunidades pioneras, intermediarias y climáticas, maduras, que trazan en una visión compendiada esa misma historia original que concluyó, a lo largo de siglos y bajo la presión de imperativos macroclimáticos, en el establecimiento de la trama vital propia de ese lugar. Del modo como se refleja el proceso filogenético en su recapitulación ontogénica se resume entonces también la sucesión secular en la abreviada versión de la sucesión biótica.

*Sinbiológico: fenómenos vitales de la comunidad. Otros autores usan en un sentido parecido el término "sinecológico".

Las sucesiones aperiódicas, tanto las seculares como las bióticas, no constituyen los únicos fenómenos de modificación temporal de los organismos comunitarios, ya que a ellas se suman todavía todos los ciclos periódicamente recurrentes. Entre éstos deben diferenciarse los ritmos estacionales y los ritmos diurno-nocturnales. Los primeros, que responden a los cambios climáticos ordenados a lo largo del año astronómico, obedecen en su intensidad y en su extensión al régimen estacional imperante, cuyos contrastes, más o menos pronunciados, motivan las respuestas correspondientes y paralelas de flora y fauna. En las latitudes bajas ecuatoriales de clima sensiblemente homogéneo se reducen de esta manera los ritmos bióticos --los aspectos estacionales-- a un mínimo, en tanto que afectan profundamente a los organismos de otras regiones del globo, cuyas fluctuaciones de composición se traducen en presencia o ausencia de los diversos estados ontogénicos, de tal manera que la existencia individual frecuentemente no rebasa determinadas estaciones. Así desaparecen de la sabana de Chile central en las postrimerías de la época primaveral los geoplanidae adultos, únicos representantes terrestres del tipo Platelminfos, y por más de siete meses subsisten en este ecosistema entonces solamente las puestas de huevos, espectacularmente resistentes a la sequía.

19

A diferencia de la periodicidad estacional, atenuada al máximo en las latitudes bajas, se reduce el ciclo diurno-nocturnal a un mínimo en las altas latitudes con la alternancia de días y de noches que se prolongan por semanas y meses. En todo caso, y aun en regiones donde ambas componentes se suceden en ritmos de doce horas, no se alcanzan efectos comparables a la alternancia de las comunidades estacionales, ya que la composición poblacional del día y de la noche se diferencia solamente en la presencia activa de algunos de sus individuos que volverán a actuar tras un período de reposo específicamente determinado por componentes endógenas y exógenas. Tampoco entran a actuar, a la vera de la periodicidad diurno-nocturnal, las diferencias fundamentales en la productividad, que alcanzan niveles tan importantes en las diversas estaciones del año con la aparición y desaparición de fuentes energéticas completas. En este sentido actúan, por ejemplo, la caída periódica de hojas, la floración, la fructificación, la eclosión de ciertos invertebrados, etc.

Desde el punto de vista de los mecanismos evolutivos debe destacarse que ambos tipos de ritmo poblacional periódico, tanto el estacional como el diurno-nocturnal, constituyen en último término una alternancia de individuos que brinda importantes oportunidades para lograr aislamientos genéticos y evasiones de competencia, motores de la especiación. El caso de *Octodon degus* y *Abrocoma bennetti*, diurno el primero y crepuscular-nocturno el segundo, brinda un claro ejemplo al representar dos roedores cercanamente

emparentados que habitan las mismas cuevas y se nutren de substratos vegetales muy similares, sin entrar en competencia alimenticia y sin enfrentar el posible peligro de cruzamientos por sus hábitos estrictamente ligados a horarios diferentes.

Merece señalarse que los procesos de sucesión en el seno de las microasociaciones terminan siempre por destruir, en su etapa final, al substrato mismo de la trama vital. Es así como desaparece finalmente un hongo, un tronco o un cadáver animal, en tanto que en las sucesiones al nivel de ecosistemas no se produce ordinariamente su desintegración final.

La Producción Comunitaria

Las bases mismas de la concepción ecológica descansan en la existencia de un íntimo e insoluble lazo bioenergético entre cada ser vivo y el medio que lo rodea. Todos los organismos vivientes representan de esta manera un conjunto de máquinas activadas por una corriente energética extraterrestre que los atraviesa uno a uno y escapa finalmente de nuevo, más allá del alcance de su ecosistema. Esta circulación energética se opera principalmente por intermedio de un continuo flujo de materias entre el ambiente y los organismos vivos que sigue un camino general ya esbozado anteriormente. Sus etapas, que corresponden a diferentes niveles de producción, conducen en primer lugar desde la energía solar radiante hacia las plantas autotróficas que desempeñan, a través de la fotosíntesis, una función de organismos constructores al concentrar las fuentes de bajo nivel energético en combinaciones orgánicas de elevado contenido energético potencial. De tal manera y a través de este primer paso en la cadena de transferencias de calorías se ha alcanzado la meta fundamental de incorporar por primera vez energía en los organismos vivientes del ecosistema. La cadena continúa en segundo término por consumo de las plantas fijadoras de energía por animales fitófagos, los consumidores de primer orden, que inician la secuencia de todos los seres acumuladores y recuperadores de energía. Su conjunto comprende, además de los fitófagos, a los zoófagos que se alimentan de presas vivas. Ambos grupos de consumidores acumulan la energía potencial de sus predecesores en el ciclo de transferencias de materiales energéticos. Operan así como depósitos temporales de la energía de su ecosistema, cuyo libre flujo frenan durante el lapso de su existencia individual. En el mismo sentido influye también la acción de los organismos saprófagos --integrados por necrófagos, coprófagos y detritófagos-- que recuperan materiales energéticos para su ecosistema evitando temporalmente, con su intervención metabólica, el análisis final realizado por las bacterias y otros desintegradores, los que liberan las energías potenciales últimas que restan en la trama vital.

Constructores, que ligan energía, Acumuladores más Recuperadores, que la conservan como depósitos temporales, y Liberadores, cuya acción abre finalmente las puertas a la energía captada en un principio para su escape final del ecosistema, integran las tres etapas básicas del ciclo de producción.

A lo largo de esta fundamental cadena de acontecimientos sinbiológicos, se encauza la energía potencial de la comunidad por las siguientes tres vías: 1. una fracción, la más importante, se incorpora en la materia orgánica de los seres vivos mismos a través de la fase constructiva de su metabolismo (su sigla es K); 2. una importante vía energética corresponde a las deyecciones, que constituyen a su vez una significativa fuente energética para los consumidores coprófagos y detritófagos (su sigla es A), y 3. parte de las calorías disponibles va siendo utilizada finalmente en cada organismo vivo por su metabolismo de producción como fuente de energía libre que actúa como el combustible de un motor y que escapa del ecosistema bajo la forma de calor (su sigla es W).

El destino de la energía, N, incorporada a los organismos vivientes puede representarse consecuentemente en la fórmula siguiente $N = W + K + A$. La relación imperante en un ecosistema entre estas tres fracciones K, A, y W determina, en último término, el balance energético que resulta de la actividad total en esta trama de la vida. Cuando la masa biológica total de una comunidad, la biomasa (substrato de la bioenergía), ha experimentado así un incremento en una unidad de tiempo determinado se ha operado un aumento de producción, una productividad positiva. Ello significa necesariamente al mismo tiempo que K sobrepasa $W + A$ ($K > W + A$) y consecuentemente significa también el predominio de la acumulación energética sobre la liberación de energías, la que resulta de situaciones sinbiológicas en que $W > K + A$ (o $W + A > K$).

De este razonamiento se desprende que el ritmo en que transcurre la vida en cada especie interviene poderosamente en las características últimas de la productividad comunitaria. Huevo, larva, pupa, inmaduro, adulto y decrepito anciano se desempeñan en este concierto orquestal comunitario de la productividad como entidades de significado ecológico enteramente particularizadas e independientes, e integran grupos propios designados como "semaforantes", los que suelen reemplazarse unos a otros en los diversos aspectos estacionales de un ecosistema, ocupando nichos de actividad enteramente específicos. Un estado larvario de artrópodo, en su etapa de acumulación de reservas, representa así un elemento de gran interés para lograr un resultado positivo en la productividad, ya que en este semaforante se cumple de manera ideal el predominio de energías potenciales incorporadas a la substancia corporal, en contraposición

a las inversiones muy pequeñas de calorías en su metabolismo de producción. El caso opuesto se perfila en un macho maduro que ha alcanzado ya su tamaño máximo y cuyo K permanece en consecuencia invariable, en tanto que toda la energía que incorpora durante su existencia adulta se destina a W y A. Resulta con ello que la longevidad de estos semaforantes, los machos adultos, es onerosa para el ecosistema por su continua exigencia de combustible, que no deriva en mayor elaboración de materia orgánica sino solamente en la operación de la máquina biológica.

El escape de energía calórica (W) que acompaña a todo proceso vital como fenómeno parásito ineludible pudiera compararse, para una más expedita comprensión, con un séquito de camiones tanques transportadores de combustibles que, tras de recorrer un trecho de camino, entregan su contenido a un nuevo camión. Resulta obvio que a lo largo de esta cadena de transferencias el combustible vehiculizado va sufriendo las mermas que le impone el consumo de los motores que lo arrastran. Igual fenómeno acontece durante la transferencia de materia-energía a lo largo de un ciclo ecológico. A medida en que el proceso se va alejando más y más de su punto de partida disminuye, por el escape de W (consecuencia del metabolismo de producción), la energía total incorporada originalmente en el ecosistema. En último término y cuando ya los organismos desintegradores finalizan su labor, todas las escasas calorías aún disponibles para la comunidad estarán incorporadas en el cuerpo de las bacterias y en sus deyecciones, en tanto que la mayor parte de la energía ha escapado bajo la forma de calor: $N = \Sigma W + K_d + A_d$ (N: energía originaria incorporada al ecosistema por la acción de las plantas verdes; ΣW : calor que escapa; K_d : energía potencial depositada en la substancia corporal de los organismos desintegradores; A_d : energía potencial representada por las deyecciones de los organismos desintegradores). De esta situación se desprende que los ecosistemas con cadenas muy largas de niveles de producción sucesivos sólo logran organizarse en ambientes con gran potencia energética. Allí donde las energías disponibles son escasas pueden prosperar en cambio únicamente ecosistemas con cadenas alimenticias abreviadas, cuyas etapas de transferencia energética son escasas y en las cuales las pérdidas por escape de calor se reducen con ello a un mínimo. Los ecosistemas de matorrales desérticos chilenos ofrecen un claro ejemplo al respecto ya que allí se reduce la concatenación ecológica a escasos cuatro o cinco pases sucesivos.

La sucesión de las cadenas alimenticias trae consigo una consecuencia muy notoria ya que afecta la talla corporal de sus organismos participantes. A lo largo de la cadena de presas y captores se asiste en efecto a un sucesivo aumento de tamaño, de tal manera

que este escalafón se ve coronado bajo condiciones óptimas por grandes carnívoros o gigantes cetáceos. Pero este tipo de organismos sólo puede aparecer como expresión final de largas cadenas metabólicas comunitarias, propias de ambientes energéticamente ricos. En todas las zonas del globo donde las condiciones no alcanzan un nivel tan favorable la extensión de las cadenas está limitada y con ello también la talla corporal de sus organismos. Chile ofrece un buen ejemplo en este sentido, siendo posible reconocer entre sus ecosistemas un escalafón de tallas que va ascendiendo en los organismos que coronan la cadena alimenticia a medida en que las comunidades respectivas se enriquecen: ecosistemas desérticos: araña *Sicarius terrosa*; matorrales desérticos: lagarto *Ltolaemus atacamensis*; sabana: chacal *Dusycion culpaeus*; selva austral: león *Puma concolor*.

El aumento en la talla corporal de los organismos integrantes de una cadena alimenticia está en proporción con su disminución numérica a medida en que se aproxima su posición a la cumbre del ciclo, tal como se expresa en la pirámide de Elton integrada por una base muy ancha y numerosa de organismos vegetales, a la que siguen, en cantidad siempre decreciente, las etapas sucesivas de consumidores fitófagos y zoófagos.

23

Llama la atención que este progresivo aumento de volumen, acompañado por una disminución numérica de los individuos que se expresa tan nítidamente a nivel comunitario en la pirámide de Elton, encuentra un interesante paralelismo en los acontecimientos que acompañan la evolución temporal de cada una de las generaciones concatenadas en la existencia de las especies. También en este caso se inicia la historia con un número elevado de individuos pequeños --las crías-- frutos de la reproducción; pero la inmensa mayoría de esta oleada juvenil corresponde a individuos marginales, que no cumplirán papel alguno en la supervivencia de su especie, sino que pasan a constituir encarnación temporal de energía, utilizada por las etapas superiores en el escalafón alimenticio que integran. Con la eliminación de todos estos individuos marginales por sus consumidores, disminuye el número de ejemplares, pero los sobrevivientes hanido y van aumentando K --su masa corporal-- de tal manera que al final del ciclo de generación sobreviven pocos ejemplares de gran masa, en los que se ha concentrado la energía representada por su especie y originariamente dispersa en el vasto ejército de las pequeñas crías.

* * * * *

BIOMA DE MONTAÑA

Por toda la América latina nos encontramos ante el soberbio espectáculo de altas montañas que elevan sus cumbres, ya en inmensos muros de incomparable extensión, ya en unidades menores aisladas en medio de amplias planicies, pregonando la extraordinaria importancia de los sollevamientos de la corteza terrestre en este continente. Corresponde sin duda alguna al macizo andino el lugar preponderante entre estas cordilleras por su extensión latitudinal e imponentes alturas. Las sierras en el reborde oriental del Nuevo Mundo, al este de las Guayanas y Brasil, ocupan un segundo lugar de importancia tras del macizo andino.

25



Fig. 4. Muro cordillerano de Andes centrochilenos.

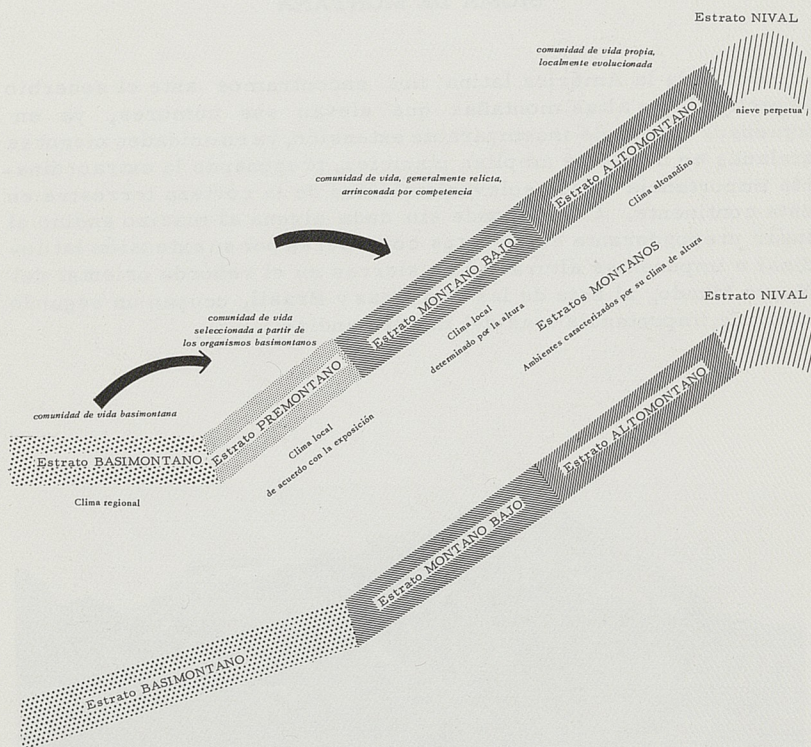


Fig. 5. Esquema de la superposición de ecosistemas de montaña.
 Arriba: Situación correspondiente a los cinturones altitudinales en una ladera empinada.
 Abajo: Escalonamiento a lo largo de un valle que permite el avance del estrato basimontano hasta el estrato montano bajo, sin interposición del estrato premontano que se desarrolla sólo como respuesta a laderas inclinadas.

Sea cual fuere la altura de una determinada montaña se plantea en todos los casos un primer problema de particular interés, que es el de la comprensión y calificación ecológica de las diferentes unidades comunitarias que se instalan en sus diversos cinturones altitudinales. De acuerdo con el análisis pertinente elaborado en otra parte (Mann 1965) debe reconocerse, en secuencia ascendente, el posible desarrollo de las siguientes comunidades bióticas:

1. Un estrato o cinturón basimontano rodea el pie de toda elevación topográfica. Las características de este habitat no se mantienen bajo la influencia directa de la montaña y obedecen en cambio a los rasgos macroclimáticos imperantes en ese sector.

2. Con la elevación inicial del terreno aparece el declive como elemento novedoso del habitat. La inclinación, pero sobre todo la exposición de sus laderas, condiciona perfiles opuestos y contrastados en su constelación bioclimática. La flora y fauna basimontanas sufren a este nivel entonces el impacto selectivo de las nuevas situaciones ecológicas localizadas que conduce a un tamizaje más o menos riguroso, cuyos efectos actúan como proceso organizador de los conjuntos vitales especializados que ocuparán cada ladera. Estas nuevas unidades comunitarias se designan como ecosistemas premontanos y representan, en consecuencia, comunidades basimontanas simplificadas y escarmenadas por un fenómeno de selección sobre laderas bajas. Es de tener en cuenta que la magnitud en las diferencias de las laderas opuestas, tanto entre sí como con respecto al habitat basimontano, se condiciona en buena parte por su posición latitudinal que, a su vez, configura en gran medida la intensidad de los factores limitantes imperantes. Resulta así que los declives con exposición orientada al norte o al sur conducen a diferencias fundamentales en climas donde la humedad constituye un factor limitativo, creando una ladera muy árida y otra de aprovisionamiento hídrico más favorable. En cambio, en una colina similar trasladada a ambientes de lluvia muy abundante y bien repartida durante todo el año no se logran manifestar las condiciones diferenciales entre ambas "caras" frente al dominio ecológico de las precipitaciones agigantadas, cuyos excedentes satisfacen aun con creces las demandas de la ladera de orientación menos favorable.

3. Aquellas montañas de mayor altura que solevantan sus perfiles más allá del nivel premontano --gobernado aún por el macroclima basimontano-- logran penetrar en la zona de influencias de cinturones climáticos caracterizados por una combinación de factores muy propios que les confiere una definida individualidad montana, cuya barrera selectiva se opone al avance ascendente de la flora y de la fauna de los niveles inferiores. La nueva constelación ambiental permite ahora una colonización por un ecosistema montano, muy



Fig. 6. Avance del estrato basimontano sobre laderas montañosas en regiones climáticas tan favorables que el declive y la exposición no actúan como factores limitantes.

diferente a los grupos bióticos basimontanos y premontanos. En su conjunto se reconocen a su vez dos sistemas comunitarios esenciales, bien delimitados, con una comunidad instalada a niveles inferiores: el ecosistema montano bajo y el altomontano que ocupa las estribaciones más elevadas.

Es preciso destacar aquí que ambas comunidades no deben asociarse con los niveles subalpinos y alpinos de otros autores definidos tanto por la duración de su cubierta de nieve, como por la presencia de árboles en su seno, ya que en el continente americano suele haber ausencia de árboles a niveles inferiores (laderas andinas en latitudes de biomas desérticos y esteparios) y la nieve no ejerce mayor importancia ecológica en amplios sectores a grandes alturas (páramo andino tropical).

La comunidad montana baja se desarrolla como respuesta a la influencia de un cinturón climático esencialmente diferente a los basimontanos y premontanos. De acuerdo con determinantes latitudinales en este habitat puede caracterizársele en muchas ocasiones por una mayor disponibilidad de agua, como sucede por ejemplo en el caso de las estepas arbustivas sobre el flanco andino desértico y las selvas de neblinas o "cejas de monte", escalonadas en sectores de intensa condensación de humedad atmosférica con lloviznas permanentes. También el enfriamiento por el emplazamiento en altura de las comunidades montanas bajas puede constituir el factor de mayor peso ecológico en su configuración; asfacontece, por ejemplo, en los bosques de podocarpáceas, araucariáceas y especies caducifolias de *Nothofagus* en los Andes australes. También se subordinan a esta misma categoría ecológica los bosques de altura en montañas tropicales latinoamericanas, caracterizados por el desarrollo predominante de Cunoniáceas, como *Weinmannia*; proteáceas, como *Embothrium*; podocarpáceas como *Podocarpus*, winteráceas como *Drimys*, y gunneráceas como *Gunnera*. En este caso nos enfrentamos probablemente con una comunidad de elementos arcaicos relegados a alturas de condiciones vitales menos favorables, por la presión competitiva de los ecosistemas más modernos, muy exigentes y mejor dotados para triunfar en la lucha por la existencia, configurados por las selvas tropicales pluviales premontanas. Este concepto se apoya también en un argumento convincente como lo es el descenso de estas especies arcaicas hacia el piso premontano y aun al basimontano en aquellos rincones del continente --como la región austrochilena-- donde nunca se ha operado la invasión ulterior por comunidades más perfeccionadas.

El ecosistema altomontano, emplazado finalmente por encima de las comunidades montanas bajas, se ajusta adaptativamente a los factores selectivos de su habitat muy peculiar, en cuyo conjunto alcanzan

especial peso biológico los siguientes elementos: la baja presión barométrica, la escasa densidad atmosférica, las bajas temperaturas del aire, los elevados extremos de insolación, la aridez de la atmósfera, la violencia de los vientos, la presencia más o menos frecuente y persistente de nieve y muchas veces de hielo.

30



Fig. 7 Zona de postclímax de "cactáceas articuladas" en muro cordillerano de Tarapacá (3.000 m s.n.m.).

Por sobre el ecosistema altomontano se empina por último la formación nival, recubierta de nieve y hielos permanentes y desprovista de vida propia, ocasionalmente aportada por los vientos, en cuyo abrazo arriban organismos desde pisos inferiores.

El análisis precedente pone en claro que solamente el ecosistema altomontano responde en la configuración selectiva de su flora y fauna a las características esenciales del habitat ofrecido por las altas cimas cordilleranas y, por lo tanto, las páginas

siguientes se dedicarán exclusivamente a su análisis. Comunidades montanas bajas y premontanas se discutirán, en cambio, en el contexto de los biomas basimontanos con cuyas formas de vida concuerdan, ya sea de estepa, de sabana o de selva.

La Cordillera de los Andes ocupa en la América del Sur un espacio geográfico no superado por montaña alguna en otros continentes,

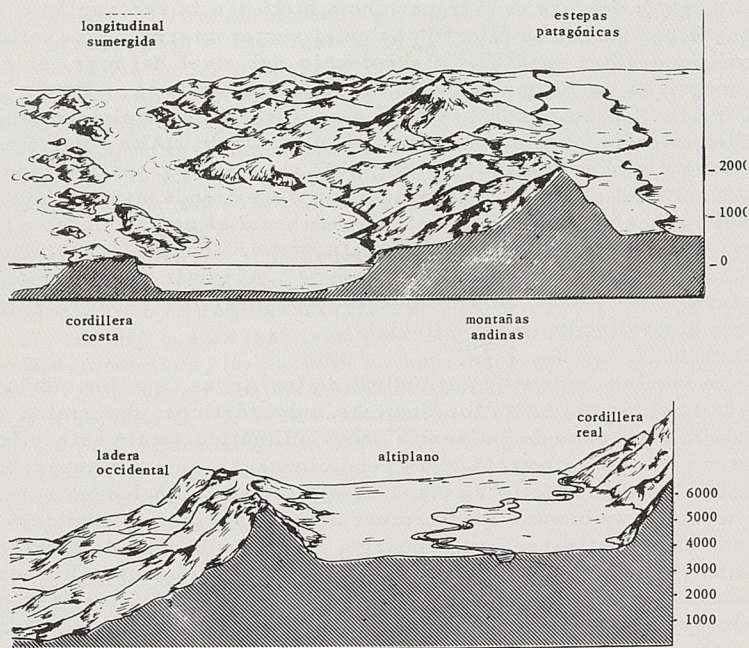


Fig. 8. Arriba: Topografía de la zona de fiordos patagónicos. Abajo: Topografía de los Andes a nivel del altiplano.

extendiéndose por más de 7.000 km, desde la latitud 11° N hasta 56° S. Su estructura consiste fundamentalmente en sistemas de cordones paralelos orientados latitudinalmente. En su extremo austral --los Andes patagónicos-- al sur de los 40° lat. S sufre un considerable modelado secundario por la violenta intervención de los fenómenos glaciales cuaternarios así como por la erosión fluvial contemporánea, que le imprimen un sello característico formando profundos valles transversales, cuya condición de puentes biogeográficos permite el paso de flora y fauna desde las áreas basimontanas al este y oeste del muro.

También reviste gran importancia biológica la excavación ocasionada por glaciares pliocénicos en el sector inferior de los valles, cuyos fondos han quedado así por debajo del nivel del mar, el que al ocuparlos da origen a los característicos fiordos. Desde los 27° 5' lat. S hacia el norte se conservan importantes peniplanicies de origen miocénico, que constituyen el substrato de la Alta Puna, flanqueadas a oriente y occidente por altísimos muros cordilleranos. La cuenca del altiplano así configurada se extiende entre 3.000 y 4.500 m de altura por más de 1.500 km hacia el norte, donde se interrumpe su condición eminentemente endorreica por los amplios valles de los ríos Urubamba y Apurímac. A partir de este sector se tornan los Andes en enormes muros paralelos separados por profundos valles de erosión fluvial.

32

La fabulosa extensión latitudinal de los Andes, que los conduce desde los trópicos hasta los confines subantárticos, determina su contacto con zonas de influencia macroclimática totalmente diferentes. A esta diversidad de condiciones se suma y superpone todavía la configuración de pisos climáticos altitudinales para crear un mosaico ambiental extraordinariamente variado y complejo. Puede esquematizarse, sin embargo, la disponibilidad de humedad andina en cuatro situaciones básicas: 1. La sección austral, entre Tierra del Fuego y la lat. 42° S, que recibe elevadísimas precipitaciones descargadas por los vientos huracanados del oeste. Hacia el sotavento, en el oriente de estos Andes patagónicos, se condiciona en cambio un sector de "sombra de lluvias", con masas de aire descendente, cálidas y secas comparables con el siroco y el föhn del Viejo Mundo. 2. Entre 42° y 27° 5' lat. S operan aún los vientos oeste, pero con una carga de vapor de agua muy disminuida por su condensación sobre el frío mar de la Corriente de Humboldt o del Perú. Las precipitaciones definidamente invernales de este sector no alcanzan por lo tanto para conferir al habitat montano la humedad que distingue sus regiones más australes. 3. Desde 27° 5' hasta 12° lat. S imperan vientos alisios, que aportan masas atmosféricas más o menos saturadas por la humedad que han absorbido sobre la Cuenca Amazónica. En este sector del altiplano se invierte

en consecuencia la gradiente de humedad característica de los Andes patagónicos, con extremos de precipitaciones a oriente y mínimos de lluvia hacia el occidente del muro cordillerano. 4. El habitat de los Andes septentrionales, que se extienden desde la lat. 12° S hasta América Central, está gobernado por el clima ecuatorial, que le prodiga un exceso de precipitaciones acompañado por temperaturas relativamente elevadas. En estas condiciones se tienden a opacar las constelaciones propias del medio altoandino, que logran manifestarse solamente en elevaciones superiores a 3.000 m.

Bajo la influencia de las condiciones macroclimáticas esbozadas se organiza el habitat altoandino en cuatro sectores diferentes, que corresponden a los siguientes: 1. Páramo: con más de 1.000 mm de lluvia anual y un excedente mínimo sobre la evapotranspiración de 750 mm. Por una parte se instala este ambiente en su versión cálida en latitudes tropicales, entre 10° N y 18° S y, por otra, al sur de la lat. 40° S, en su forma de páramo frío. 2. Puna húmeda: las lluvias entre 500 y 1.000 mm permiten un excedente de 250 a 750 mm de precipitación sobre las demandas de la evapotranspiración. Este habitat se inicia en la lat. 10° S, al oeste del páramo cálido, para desplazarse en dirección sureste donde finaliza sobre el reborde oriental del altiplano a los 18° lat. S. 3. Puna seca: de 7 a 9 meses húmedos, bajo un régimen de 250 a 500 mm de lluvia, caracterizan a este sector, que se instala al oeste de la puna húmeda, avanzando paralelamente con ella hacia el sureste para reemplazarla desde los 18° S en el muro oriental de las cordilleras. Su límite austral llega a 38° lat. S. 4. Puna desértica: es el sector menos favorecido por las precipitaciones, con 250 a 300 mm de lluvia, que aseguran apenas de 2 a 6 meses húmedos. Ocupa el amplio espacio geográfico de las altas cimas extendidas entre 17° y 30° lat. S, que limita al este con la puna seca.

33

La temperatura en el habitat altoandino se distingue por sus bajos valores medios, entre 6 y 9° C, que son consecuencia mediata de la altura (una elevación de 100 m en los Andes sudamericanos disminuye la temperatura en $0,5^{\circ}$ C: Penck, 1910). Tan importante en sus efectos biológicos como esta reducida temperatura media puede estimarse igualmente la formación de heladas o escarchas nocturnas, frecuentes a lo largo de todos los meses del año.

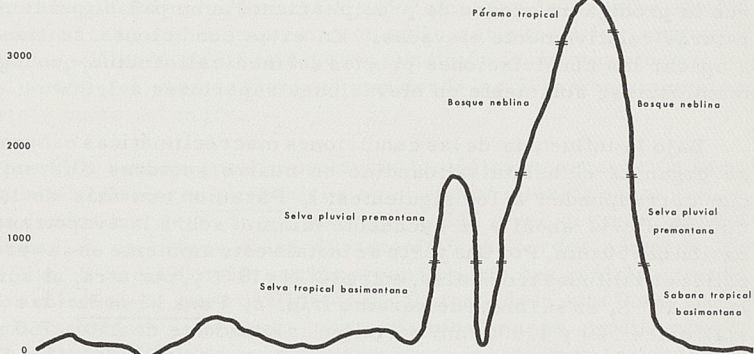
La amplitud de variación estacional es pequeña y no suele sobrepasar más allá de 7 a 8° C. Con esta isoterminia a largo plazo contrastan los violentos desniveles térmicos diurno-nocturnales, que pueden exceder 30° C en 24 horas. Bajo tales condiciones de "invierno nocturno" y "verano diurno" se determinan rigurosos horarios de actividad para la flora y, sobre todo, para la fauna poiquiloterma, que concentra sus despliegues de energía en ciertos

5000

DISPOSICION DE LOS BIOMAS SOBRE LOS ANDES

4000

Corte transversal en la latitud 8°N



34

Corte transversal en la latitud 14°S

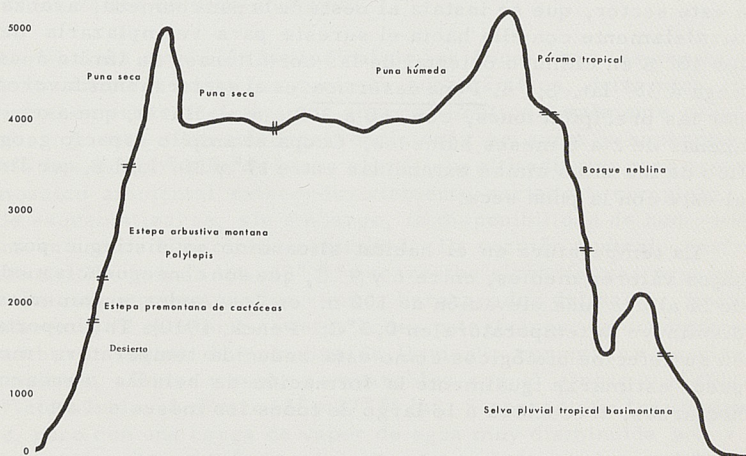
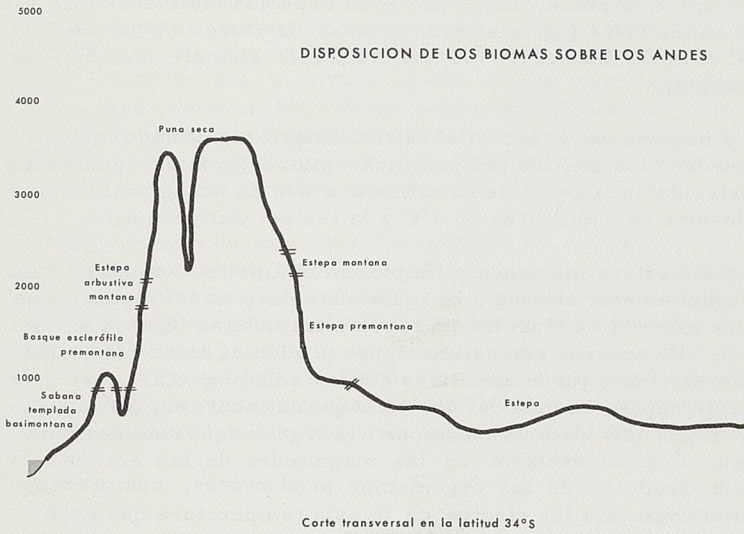


Fig. 9 a

DISPOSICION DE LOS BIOMAS SOBRE LOS ANDES



35

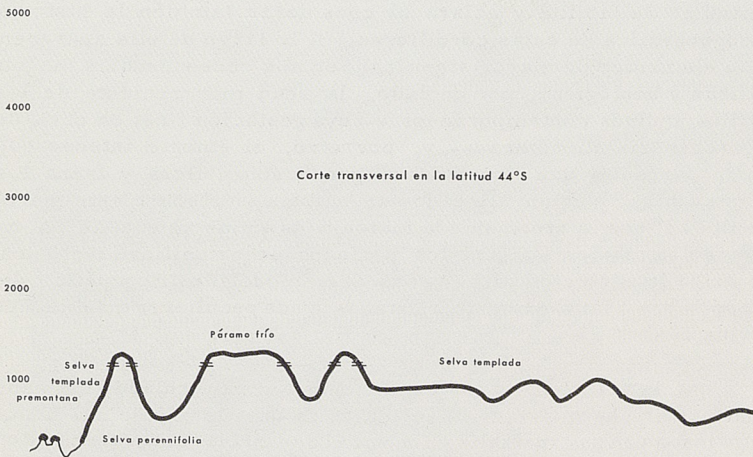


Fig. 9 b

momentos favorables, diferentes para especies activadas por el calor atmosférico (por ejemplo, moscas de flores *Syrphidae*) y por el calor de insolación del substrato (por ejemplo, coleópteros *Carabidae*).

Es importante reconocer el extraordinario significado ecológico que pueden alcanzar las temperaturas microclimáticas generadas al abrigo de una cueva, de un arbusto o aun de una gramínea, con sus desniveles superiores en 4°C a la temperatura del aire.

La atmósfera muy seca y límpida en el ámbito altoandino franquea ampliamente el paso a la radiación solar, de tal manera que aun una importante fracción de rayos ultravioletas inciden en este habitat. De acuerdo con estimaciones prudentes de Adams y colaboradores (1920) puede admitirse que la radiación total sobre este ambiente supera en más del doble a la que cae sobre el piso montano bajo. Constituye ésta un rico aporte energético que debe desempeñar una función decisiva en las magnitudes de las actividades fotosintetizadoras de los organismos productores, compensando significativamente los efectos de la baja temperatura que recorta drásticamente las horas de metabolismo activo de estos vegetales.

36

Una comprensión integral de las peculiares características que presentan las actuales comunidades de vida del ecosistema altoandino se facilita y aclara al considerar también la historia paleogeográfica de estas cordilleras. A lo largo de ella aparecen como elementos de mayor significado en sus consecuencias biogeográficas y ecológicas, por un lado, la edad muy reciente de los perfiles andinos contemporáneos --cuya gestación final es obra de las orogénesis pliocénicas-- y, por otro, el embate intenso que han descargado y que siguen descargando sobre flora y fauna los innumerables volcanes alineados de norte a sur sobre este muro. Resulta así que la atormentada historia de estas montañas no ha ofrecido en momento alguno los períodos de estabilidad tectónica que exige la evolución para recabar el modelado filogenético de comunidades avanzadamente ajustadas a sus peculiares condiciones de vida.

El tamiz selectivo de las condiciones tan particulares del habitat altoandino ha motivado la selección de una flora y de una fauna uniformadas en su especialización por el desarrollo de ajustamientos adaptativos. En la floradominan especies pequeñas, rastreras, de hojas reducidas, ericoideas, lanceoladas o divididas, ricas en aceites esenciales y resinas, revestidas de abundante pubescencia, con ramaje apretado en cojines de textura más o menos densa, de crecimiento en roseta agazapada sobre el substrato o de hábito en mechones y finalmente de crecimiento subterráneo.

En la fauna abundan especies mesogeas, las que eligen como alojamiento el sistema de brechas del suelo, ocultas bajo piedras (*hipolitton*) o protegidas en fisuras o cavernas rocosas (viscachas y chinchillas), y formas cavícolas que excavan activamente, tanto para crear un habitat de microclima favorable, como para encontrar alimento vegetal (cobayos) o animal (armadillos). Entre los animales epigeos dominan especies corredoras (aves: *Geositta*, ñandú, perdices; mamíferos: gatos silvestres, vicuñas).

El conjunto de animales corredores se distingue por siluetas esbeltas, miembros largos, superficies pedales reducidas y, en las aves, colas muy recortadas. Los cavadores realizan su tarea ya sea con amplias palas manuales (*Otenomys*, armadillos) o con incisivos poderosos, y las aves con largos picos (*Upucerthia* spp.). Las formas trepadoras de rocas se valen de gruesos cojinetes palmares y plantares (vizcacha, chinchilla) y aun de falsas ventosas (ratón-chinchilla: *Abrocoma*). En animales voladores se desarrollan,

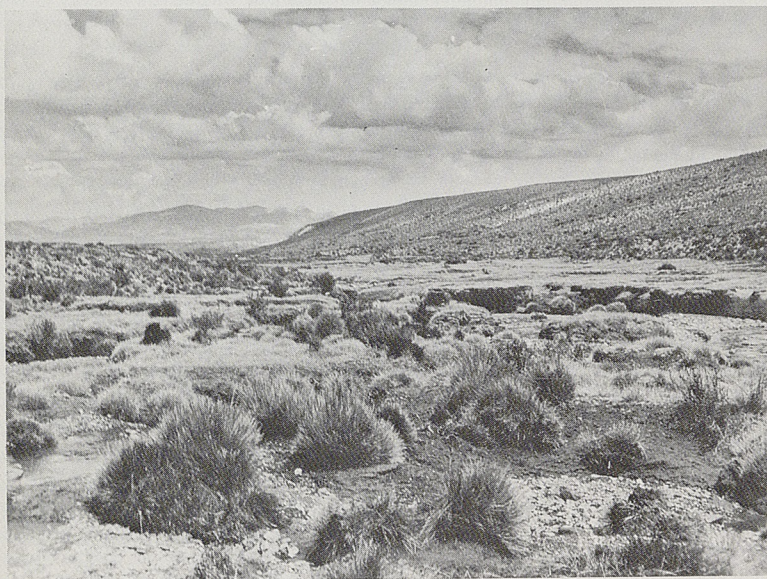


Fig. 10. Clímax de gramíneas en mechones sobre puna de Tarapacá.

como respuesta a los fuertes vientos, capacidades de vuelo muy veloz (aves: *Thinocoridae* y dípteros: *Volucella*) o una reducción operada total de las alas (perdices y dípteros: *Tipulidae*). En los fitófagos llama la atención el perfeccionamiento de las piezas masticadoras adaptadas a la molienda de vegetales muy duros y silíceos (por ejemplo, incisivos de crecimiento indefinido en la vicuña) y los amplios compartimentos estomacales y cecales para la digestión de celulosa por intermedio de simbiosis unicelulares. Formas recolectoras de detritus, sobre todo de origen vegetal, abundan entre los insectos.

Especial significado ecológico alcanzan diferentes mecanismos de protección contra las bajas temperaturas, entre los que resaltan: los mantos aisladores de pelos, plumas y escamas; construcción activa de microhabitat de condiciones térmicas más favorables; migración a niveles más bajos durante la estación fría (huemul); pigmentación oscura en poiquiloterms que asegura una eficiente absorción de las ondas largas del espectro; hibernación propiamente tal o letargo por frío (numerosos roedores, picaflors); capacidad para desempeñar funciones vitales a bajas temperaturas (saurios); evolución ontogenética prolongada, con desarrollo de una sola generación anual en especies bi- o trivoltinas a niveles menos elevados; adopción de regímenes de actividad diurna por especies nocturnales en alturas menores (zorrinos).

38

Los organismos productores más importantes como forraje están representados principalmente por los siguientes: 1. arbustos bajos, 2. gramíneas perennes de crecimiento en mechones y vida muy larga y 3. plantas en roseta.

Entre los consumidores primarios, fitófagos, se reconocen los siguientes grupos ecológicos: 1. grandes herbívoros, como vicuña y ñandú; 2. roedores cavícolas que se alimentan de raíces, como diferentes especies de *Otenomys*; 3. grandes roedores petrícolos, que se alimentan de diversos vegetales pero sobre todo de gramíneas, como las vizcachas y chinchillas; 4. pequeños roedores histricomorfos, como los ratones-chinchillas y los cobayos; 5. aves estrictamente fitófagas, como las palomas silvestres y los pajarillos *Fringilidae*; 6. pequeños roedores esencialmente fitófagos con hábitos omnívoros más o menos pronunciados, como especies de los géneros *Phyllotis* y *Akodon*; 7. aves omnívoras, como las perdices *Tinamidae*, y 8. insectos estrictamente fitófagos, en cuyo conjunto cobran especial importancia larvas de lepidópteros.

Los consumidores de segundo orden, zoófagos, más importantes son: el oso *Tremarctos ornatus*, que asciende ocasionalmente hacia el páramo tropical y la alta puna desde niveles montanos bajos;

aves, como los pájaros carpinteros (Piciformes) y numerosos pajarillos (*Muscisaxicola*, *Agriornis*, *Lessonia*, etc.); reptiles, representados sobre todo por especies del género *Ltolaemus*; anfibios, como *Telmatobius*, *Bufo*, etc., y artrópodos, especialmente arañas, carábidos y hormigas.

Los consumidores de tercer orden de mayor significado ecológico comprenden mamíferos carnívoros, como el puma y varios gatos silvestres, y aves de rapiña diurnos, como *Phalcoboenus* y *Falco*.

Los desintegradores más importantes son las aves necrófagas, cóndor, gallinazo y jote y los insectos necrófagos de las familias Tenebrionidae y Dermestidae.

Producción, Productividad y Uso del Bioma Altomontano

A pesar de la decisiva importancia que tienen los ecosistemas altoandinos para varios países latinoamericanos, como Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, cuyas poblaciones más densas se asientan en su seno, no se han realizado hasta ahora evaluaciones objetivas de los valores que alcanza en este medio la productividad biológica ni tampoco de las modalidades características involucradas en la transmutación energética a su nivel.

Tomando como base estudios previos emprendidos por Pearson (1959) en el Perú y datos elaborados por Mann y sus colaboradores en el altiplano chileno, se puede aceptar provisoriamente que una hectárea, en el ambiente de puna seca, rinde una "producción actual" (standing crop) de vegetales equivalente a 2.000 kg de substancia seca. Fitófagos autóctonos con una biomasa seca de alrededor de 150 g viven a base de esta vegetación actual. En una hectárea de puna húmeda, en cambio, se instalan 7.000 kg de biomasa seca de vegetales que alimentan a 4 kg de biomasa seca de fitófagos. Se destaca de inmediato el extraordinario desnivel que separa la producción actual de vegetales de su productividad anual, reflejada en la biomasa de los fitófagos que la utilizan, ya que es razonable admitir por lo menos una relación de 1/20 entre ambos eslabones tróficos. Resulta así que en la puna seca la productividad anual vegetal no supera 3 kg, con base a 2.000 kg invertidos por la naturaleza por hectárea en la estepa altomontana. En la puna húmeda la productividad alcanza alrededor de 80 kg, que corresponden a los intereses de productividad anual de un capital energético de 7.000 kg de biomasa de vegetación.

Aunque estas cifras hipotéticas --que deben ser empleadas con extrema cautela a falta de datos más precisos-- adolecen

indudablemente de un amplio margen de error, es evidente que las difíciles condiciones de vida en el ecosistema altomontano refrenan brutalmente la productividad primaria y a consecuencia de ello a todos los demás tramos de la cadena trófica.

Las expectativas de un aprovechamiento racional de tal comunidad en beneficio del hombre deben ceñirse incuestionablemente a este estrecho marco de realidades. Una explotación tendiente a márgenes de utilidad más elevados destruiría en breve plazo el capital biológico y, con ello, la condición fundamental de "renovable" de este recurso natural.

La experiencia histórica indica que el uso de tierra en el ámbito andino por las civilizaciones precolombinas siempre asignó prioridad a este concepto de lógica conservación, el que cayó en el olvido al reemplazarse aquella época de cultivos extensivos, perfectamente ajustados al verdadero potencial agrario, por una actividad agropecuaria intensiva de pretensiones irreales a manos de los conquistadores ibéricos primero y de las civilizaciones contemporáneas hoy en día. La condición actual se traduce sobre todo en un deterioro progresivo y en el exterminio de la cubierta vegetal autóctona, ajustadamente altoandina, por el pisotear y el forrajeo de notorios excedentes de ganado. Las zonas de ruptura en el tapiz de la flora autóctona dan paso luego a dos fenómenos subsecuentes, diversos en su calidad y en sus efectos, como son, por un lado, la invasión por malezas extrañas al ecosistema y, por otro, la erosión, tanto eólica como hídrica. En las primeras etapas de estos procesos --tal como se suele observar actualmente en sectores de ganadería de Auchenidae (llamas y alpacas) en manos de indios aimaraes y quichuas-- se opera un empobrecimiento selectivo de la flora altomontana, con la eliminación de las especies más sabrosas, cuya natural regeneración se frena e imposibilita por la sobrecarga con herbívoros domésticos. Sobreviven entonces las gramíneas más coriáceas y silíceas, cuyos órganos epiterráneos adultos constituyen pésimo forraje. Para promover el rebrote vigoroso de hojas tiernas se acostumbra quemar el "pajonal", profundizando así las heridas del ecosistema hasta inducir daños irreparables.

Se asiste de esta manera a un rápido derrumbe de los pilares en los que se asienta el equilibrio biótico altoandino, cuya destrucción total no se ha consumado todavía solamente por el hecho muy afortunado del asentamiento de las más densas poblaciones humanas sobre los perfiles suavemente ondulados de las peniplanicies relictas, cuya topografía endorreica no favorece una rápida erosión, la que resultaría en cambio irrefrenable a nivel de laderas en brusco declive. No obstante tal condición atenuante frente al abuso irracional de estos recursos, se observan ya gravísimas consecuencias

que se manifiestan principalmente en el deterioro de las condiciones hidrológicas. La ruptura de la cubierta herbosa y el talaje de arbolillos en sectores de puna húmeda y páramo cálido han dado lugar a un rápido escurrimiento de agua y a un acelerado proceso de fusión de nieves "inmaduras". La sequedad progresiva y constante que caracteriza el clima contemporáneo sobre el altiplano bien pudiera obedecer a esta sola combinación de factores, los que disminuyen notablemente las disponibilidades reales de agua al acortar su período de retención local. El descenso de nivel en los grandes lagos del altiplano, como el Titicaca y el Poopoo, que se advierte entre el advenimiento del conquistador europeo y nuestros días, constituye un índice fiel y mensurable de esta cadena de acontecimientos cuyo futuro es de pronóstico extraordinariamente sombrío.

Las proyecciones antropocéntricas de esta situación resultan aún más serias si se considera la importancia vital, en aumento día a día, de los recursos hidrológicos cordilleranos para las poblaciones basimontanas. Es indudable que la destrucción del ecosistema altoandino afecta también muy directamente a las posibilidades de obtención de agua abundante y libre de sedimentos requerida tanto para el aprovisionamiento de bebida como para riego, muy en especial, para las plantas hidroeléctricas.

41

Además, sería tal vez conveniente asignar prioridad, en un escalafón de importancia antropocéntrica relativa, a estos recursos hidrológicos derivados de las montañas en la América latina, relegando a segundo o tercer plano las actividades agropecuarias. Pero, sea cual fuere el juicio de las autoridades competentes al respecto, es indudable que la supervivencia de los países que se desarrollan bajo la influencia mediata o inmediata de cordones montañosos requiere como principio esencial un estricto control de esos ecosistemas de altura, cuyas condiciones ecológicas difíciles determinan un equilibrio biológico muy lábil, fácilmente destruible por la intervención humana desacertada.

* * * * *

BIOMAS DE DESIERTO Y ESTEPA

Dado que los desiertos propiamente tales, caracterizados por condiciones de aridez durante los 12 meses del año, carecen de potencialidades agropecuarias, se presentará en forma conjunta un análisis de sus comunidades postclimáticas, desarrolladas en sectores con mayor disponibilidad local de agua, con el tratamiento de las estepas, tan importantes en la América latina. La diferencia ecológica esencial entre los desiertos verdaderos y las estepas estriba en la incapacidad de los primeros para constituir ecosistemas autosuficientes debido a la falta de productores vegetales permanentes, su eslabón trófico primario. Los desiertos ocupan una franja de 20 a 150 km de ancho y 3.000 km de largo al occidente de los Andes, entre las lat. 3° 5' y 27° S. La naturaleza inclemente del desierto, motivada por la ausencia de precipitaciones, es atemperada en su reborde oriental en la medida en que éste asciende más allá del ámbito premontano hasta penetrar en alturas superiores a los 2.000 m, donde es reemplazado por una comunidad montana baja de estepas de cactáceas y matorrales.

43

Especial interés merecen los sectores postclimáticos de "lomas" en el norte de Chile y en el Perú, cuya cubierta vegetal de hierbas, arbustos y aun de árboles bajos puede desarrollarse gracias a neblinas mojadoras o camanchacas, responsables de estos verdaderos oasis. A diferencia de este tipo de postclímax climático, se instalan ricas comunidades con sinecología esteparia oboscosa en todo sector favorecido por la presencia de aguas edáficas. Los "tamarugales"*, por un lado, y los valles fluviales y oasis regados, por el otro, constituyen casos concretos de este tipo comunitario. La milenaria ocupación humana de estos ambientes, favorecidos por elevadas temperaturas y favorables disponibilidades de agua, ha desplazado los originarios ecosistemas naturales por la tala de vegetación autóctona, la caza de aves y mamíferos y la introducción de roedores exóticos (*Rattus rattus* y *Rattus norvegicus*), que rivalizan hoy día con perros y gatos en la destrucción definitiva de las especies silvestres.

* En Chile: Terreno poblado de árboles de la familia papilionáceas, especie de algarrobo que crece en la pampa.

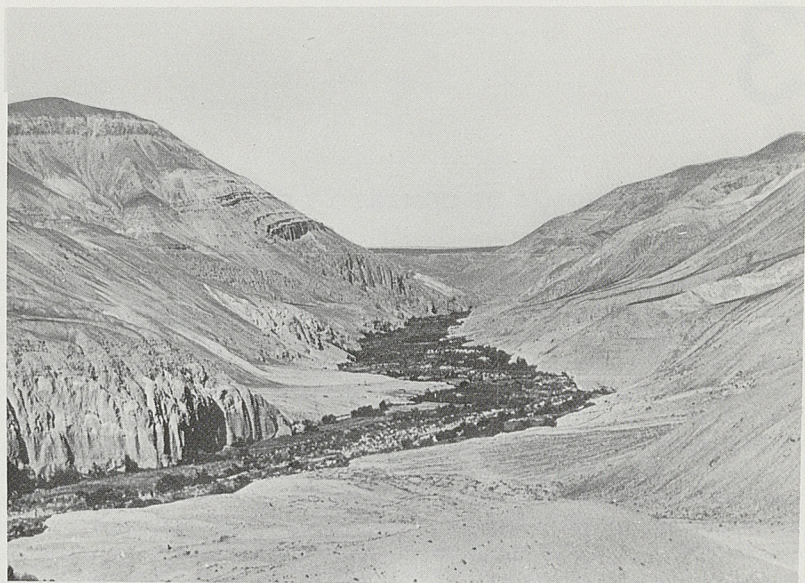


Fig. 11. Valle fértil (Camarones) enmarcado por laderas desérticas.

La disposición latitudinal de los valles y de los oasis en el desierto determina la composición de su flora y fauna, que adquiere visos siempre más tropicales a medida en que se emplazan hacia el norte.

En contraste con la situación ecológica en los desiertos, las comunidades de estepas se caracterizan por contar con un régimen climático que les asegura lluvias de entre 25 a 300 mm anuales, equivalentes hasta a 5 meses húmedos en las situaciones más favorcidas. El aspecto general de este bioma está determinado por una vegetación de arbustos bajos, generalmente caducifolios, y gramíneas de crecimiento en mechones, dispuestas a distancia una de la otra.

Una quinta parte de la América latina se encuentra cubierta por ecosistemas esteparios que alcanzan su mayor desarrollo al este de los Andes, al sur de la lat. 30° . Una lengua de estepas avanza más allá de este sector hacia el norte, flanqueando las cordilleras en el piso montano bajo. Al occidente de los Andes aparecen estepas desde los 30° lat. S hacia el norte, donde ocupan regiones bajas hasta los 25° lat. S y desde allí niveles premontanos y montanos bajos.

Entre los parámetros climáticos domina ecológicamente la escasa disponibilidad de agua, ocasionada por bajos niveles de precipitación o, en su defecto, --como acontece en las estepas australes-- por las bajas temperaturas imperantes, que polimerizan el agua en nieve y hielo biológicamente inutilizables.

Profundos efectos biológicos alcanza la extraordinaria irregularidad de las precipitaciones en las regiones esteparias más secas. Así se emplazan, por ejemplo, en el noroeste del Perú, entre la frontera ecuatorial y la lat. 6° S, sectores de estepas con un promedio teórico de 187 mm de lluvia anual, que corresponden sin embargo a valores reales dispersos entre 5 mm y 1.500 mm. Se plantea así una situación frecuente en los climas de estepas y de sabanas xerófilas latinoamericanas, cuyo promedio calculado se cumple raramente o nunca en tanto que dominan magnitudes de precipitaciones muy elevadas o muy bajas. Flora y fauna encaran de tal manera un elemento limitante determinado fundamentalmente por los valores mínimos más frecuentes, totalmente desligado de las máximas, cuyas masas de agua lejos de favorecer a plantas y animales crean sólo nuevos problemas ecológicos. Una situación muy particular se presenta en estepas arbustivas, adaptadas a niveles muy bajos de precipitación, que se ven expuestas a la acción de lluvias de mediana intensidad a intervalos de 4 a 12 años, tal como ocurre, por ejemplo, al occidente de los Andes entre las lat. 25° y 30° S. Bajo esas condiciones aparece en los "años anómalos" lluviosos una riquísima vegetación de hierbas anuales que permite, a su vez, el desarrollo espectacular de una cadena de consumidores fitófagos y zoófagos.

45

Las amplias diferencias de temperatura en las estepas, que alcanzan una media de 24°C en el sector cálido-tropical para descender a 7°C a los 50° lat. S, imprimen su sello muy particular a las comunidades correspondientes, conduciendo al desarrollo diferencial de estepas frías, por un lado, y estepas cálidas, por el otro.

Como antecedente de gran importancia para evaluar las posibilidades de uso humano de estos ecosistemas debe tenerse presente la variación de sus suelos, escalonados siempre alrededor de tipos inmaduros pedregoso-arenosos, de escasa capacidad de retención de agua y muy pobres en sustancias orgánicas. Cuando se suma la aridez del clima a la permeabilidad del suelo y concurren aun declives pronunciados con escurrimiento agigantado, se crean condiciones de vida particularmente difíciles que exigen adaptaciones especiales y que conducen, en su desarrollo extremo, a estepas de suculentas-- cactáceas o euforbiáceas. Es importante recordar, asimismo, que tanto las pampas patagónicas, como los declives andinos actualmente cubiertos por estepas, estuvieron sujetos a



Fig. 12. Arriba: Estepa cálida de matorrales al oeste andino.
Abajo: Estepa fría de la Patagonia.

la influencia mediata o inmediata de glaciaciones hace escasamente 30.000 a 40.000 años (Auer, 1958, 1960), de tal manera que en su desarrollo temporal representan comunidades relativamente jóvenes.

Los organismos vegetales productores más importantes comprenden arbustos bajos, con hojas reducidas o áfilos y frecuente revestimiento de espinas. Su espaciamiento en el terreno está de acuerdo con las disponibilidades locales de agua. Entre ellos se desarrollan gramíneas de crecimiento en mechones, sobre todo de los géneros *Festuca*, *Poa* y *Stipa*.

La lista de los consumidores de primer orden está encabezada por el guanaco, hoy día muy reducido en número y aun exterminado en amplios sectores. Numerosos roedores, un conjunto diversificado de aves y varias decenas de géneros de insectos (ortópteros, coleópteros Meloidae, etc.) descuellan igualmente entre los fitófagos habilitados para consumir los escasos recursos vegetales disponibles.

A los consumidores de segundo orden, zoófagos, corresponden pequeños marsupiales, armadillos, aves passeriformes, algunos saurios, coleópteros Carabidae y escasas especies de arañas.

Entre los consumidores de tercer orden se cuentan zorros, mustélidos, algunos félidos y aves rapaces diurnas.

47

Una abundantísima población de invertebrados y vertebrados detritófagos, necrófagos y coprófagos, entre los que se destacan Dermestidae, Tenebrionidae y hormigas, reincorporan a la economía comunitaria, en su calidad de recuperadores, los restos representados por cadáveres y excrementos. Su importantísima participación cuantitativa en estos ecosistemas aporta una de las características más sobresalientes de su organización sin ecológica.

Producción, Productividad y Uso de las Estepas

Entre las isocenosis del bioma estepario se agrupan unidades comunitarias extraordinariamente parcas en producción y productividad, como lo son las estepas cálidas al oeste andino, con otras de riqueza energética considerable, representadas por las pampas patagónicas en sus sectores con praderas de gramíneas más favorecidas. La extraordinaria abundancia de grandes fitófagos silvestres como guanacos, ñandú, avutarda* y caiqueños* en estos ambientes, con anterioridad a su ocupación por el colono europeo, aporta un testimonio optimista de su notable resistencia frente a una fuerte presión de herbívoros en densas poblaciones. Las enormes

* Patos patagónicos.

majadas de ovejas que hoy pueblan sus extensiones suelen mantener un equilibrio favorable con la cubierta vegetal, a pesar de haber destruido y eliminado por forrajeo selectivo a numerosas especies de gramíneas particularmente sabrosas, que sólo pueden observarse actualmente en el interior de recintos cercados, especialmente cementserios rurales. De aquí resulta que el pastaje de los ovejunos va empobreciendo las estepas frías, cuya flora adquiere caracteres cada vez más monótonos. A esta situación se suma todavía el efecto del pisoteo de sus pezuñas, que destruye las galerías de la fauna cavícola erradicando totalmente los roedores, como *Otenomys*, y varias especies de lombrices de tierra, cuya favorable función de mezcla y aireación del suelo se pierde al hacerse compacta la tierra.

Durante el último decenio se ha intentado reemplazar en la estepa patagónica de gramíneas la vegetación natural por leguminosas con nódulos radicícolas de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, por ejemplo, especies de los géneros *Medicago* y *Trifolium*. El resultado general de esta experiencia coincide con intentos similares ensayados en Australia (Moore, 1959) y se caracteriza por el desencadenamiento de una sucesión de etapas que en sus primeros momentos contempla el arraigo de la leguminosa, luego el enriquecimiento inicial del suelo con nitrógeno y después la desaparición de las gramíneas autóctonas por exceso de este elemento. Desafortunadamente prosigue esta secuencia con la invasión masiva por malezas nitrófilas, que desplazan en último término también a las leguminosas exóticas, menos agresivas y resistentes. La consecuencia final de estos intentos de modificar el equilibrio biótico natural resulta así en la creación de estepas cubiertas por una vegetación de escasísimo valor nutritivo y por un elevado porcentaje de especies poco apetecibles, que son rechazadas por los mamíferos domésticos.

Llama la atención --y coincide con las experiencias realizadas en los ambientes esteparios aún no afectados por las actividades humanas-- que la única forma racional de explotar este recurso consiste en aprovechar la vegetación forrajera autóctona con la prudencia necesaria para evitar la eliminación de las especies más valiosas por la sobrepoblación con un excedente de herbívoros. El paso previo para la conservación de este sistema ecológico, el único aceptable a largo plazo, debe consistir en una exacta determinación cuantitativa de la carga de ovejas o de vacunos que puede soportar el ecosistema correspondiente sin sufrir lesiones progresivas. El costo de este proyecto de investigación previa resulta insignificante si se compara a las fabulosas sumas de dinero actualmente comprometidas en actividades ganaderas sobre estepas patagónicas. La ausencia de estos conocimientos fundamentales pone de relieve el profundo y fatal divorcio que existe en la América latina entre la industria y la ciencia.

La atolondrada introducción de especies exóticas en el ambiente de las estepas frías latinoamericanas ha conducido asimismo a problemas igualmente serios. Aconteció así con la plaga de conejos en Tierra del Fuego, cuyos estragos causaron en el sector chileno notables disminuciones en la productividad ganadera primero y amplias áreas definitivamente erosionadas después. El éxito de la infestación de los conejos con el virus de la Myxomatosis logró controlar desde 1958 el desarrollo de esta plaga, la que actualmente se ha reducido a mínimas expresiones. Es de especial interés ecológico analizar la rapidísima propagación directa de esta virosis entre los conejos de Tierra del Fuego, donde faltan los dípteros vectores indispensables para su transmisión, presentes en otros ambientes como el australiano (Ratcliffe, 1958, 1959). En estas estepas tan frías resultó instrumental la baja temperatura, que incitó a los conejos a congregarse en grandes grupos familiares en amplias cuevas comunitarias. A esta condición se sumó también, de acuerdo con las investigaciones realizadas por Mann y colaboradores en 1955, la invasión de las colonias de conejos por machos jóvenes portadores del virus, expulsados de su propia familia por adultos dominantes. Esta combinación de factores, que enlaza la activa repartición del virus por conejos de una a otra colonia con el tamaño poblacional tan extenso de cada una de ellas, puede ser la causa de la asombrosa decadencia que caracteriza el momento actual de su desarrollo. Sin embargo, ya se están observando, al igual que en Australia, numerosos individuos resistentes al virus cuya supervivencia augura para un futuro próximo una nueva repoblación de Tierra del Fuego, pero esta vez por conejos inmunes y posiblemente vencedores en su próxima lucha contra el hombre. La destrucción sistemática de los cánidos silvestres (*Dusicyon culpaeus magellanicus*) y aves de rapiña por los ganaderos, ha eliminado por su parte la única herramienta natural eficaz capaz de colaborar en la decisiva tarea de eliminar estos ejemplares con inmunidad natural adquirida a través de mutaciones casuales y conservada por la selección.

49

Ultimamente biólogos argentinos han introducido ratas almizcleras (*Fiber zibeticus*) y aun castores (*Castor canadensis*) en la estepa patagónica. A pesar de los escasos años transcurridos desde entonces ya se pueden notar serios perjuicios para las actividades humanas causados por las galerías hechas por las ratas almizcleras; éstas están invadiendo en la actualidad con notable éxito los sectores chilenos de Tierra del Fuego.

Las posibilidades de uso de las estepas cálidas, pobres en recursos energéticos, son necesariamente muy inferiores a aquéllas que ofrecen las estepas frías. La falta de agua alcanza aquí límites extremos, que se agravan aún más por la extraordinaria irregularidad

de las escasas precipitaciones. En esta comunidad, una de las más lábiles y delicadas de la América latina, se acostumbra utilizar la cabra como máquina biológica capacitada para sobrevivir en su duro marco. Las consecuencias deplorables de esta práctica han conducido a profundas modificaciones, localmente ya irrecuperables, del ecosistema original. La proverbial rusticidad de los caprinos asiáticos, unida a su habilidad para utilizar desde las hojas hasta la corteza y aun las raíces de la vegetación herbácea, arbustiva y de arbolillos que depredan, ocasiona la destrucción definitiva del capital biológico invertido en la rala cubierta de plantas. Esta situación es agravada todavía más por la estimación siempre injustificadamente optimista de los ganaderos, que ajustan el número de sus majadas a las condiciones excepcionalmente favorables de los años "anómalos", con lluvias temporalmente copiosas, de tal manera que la carga poblacional resulta muy excesiva con relación a la productividad primaria de los organismos vegetales durante la mayor parte del tiempo. A consecuencia de estos acontecimientos, disminuye año tras año la densidad de los organismos productores con la denudación del terreno, a cuyos efectos erosionantes se suma todavía la topografía accidentada de este sector, caracterizado por una sucesión ininterrumpida de cordones montañosos dispuestos de este a oeste y alternados con profundos valles interpuestos.

Una apreciación ponderada de las posibilidades de producción primaria anual en terrenos medianamente afectados por la ganadería de caprinos en la estepa cálida chilena arroja una cantidad de forraje seco de 5.000 g por hectárea, a base de la productividad de hojas de la mimosácea *Acacia caven* y de las ramnáceas *Trevoa trinervis* y *Talguenea costata*, que dominan como especies permanentes. Esta biomasa corresponde a su vez a aproximadamente 12.000 cal/hectárea. En los escasos años de precipitaciones favorables se suma a estas posibilidades el aporte energético de una abundante cubierta herbácea de plantas anuales, que pueden aumentar en más de 10 veces los valores señalados. Admitiendo que un caprino necesita alrededor de 120.000 cal anuales, es posible concluir que se requiere 10 hectáreas de estepa cálida para satisfacer sus necesidades de alimentación, magnitud que es superada 5 a 10 veces por la carga ganadera que gravita actualmente sobre este ambiente.

Todavía debe sumarse a los efectos destructivos de los caprinos la continua tala de arbolillos por la población local en procura de leña y, lo que puede conducir a consecuencias aún más serias, la descortización de la rosácea *Quillaja saponaria* para obtener su valioso "jabón vegetal". Esto conduce finalmente a la denudación definitiva de las laderas postclimáticas, orientadas hacia el sur, cuya importantísima función de retención de agua por su cubierta vegetal se ve de esta manera interrumpida.

Dada la situación actual de avanzado desequilibrio ecológico, con el emplazamiento de vastas áreas erosionadas hasta la roca fundamental, se perfila como única medida procedente para una recuperación biológica de toda la zona de estepas cálidas chilenas la completa remoción de la ganadería de comunidades naturales y su declaración como "zona de reserva" a fin de asegurar en un plazo de 15 a 20 años una reposición cicatrizante de la vegetación original, que pueda controlarse luego indefinida y racionalmente mediante márgenes de explotación acordes con las verdaderas posibilidades de productividad. Por otro lado, ha quedado en plena evidencia que los caprinos no aportan máquinas biológicas útiles para el equilibrado aprovechamiento de estas comunidades. Experiencias realizadas por el Departamento de Ganadería del Ministerio de Agricultura de Chile demuestran, en cambio, las magníficas posibilidades ofrecidas por llamas, alpacas, vicuñas y guanacos en esta tarea. Una ganadería basada en estos mamíferos de extrema rusticidad, parco metabolismo hídrico y avanzadas posibilidades de aprovechamiento de forrajes muy pobres y celulósicos, crearía las bases para una utilización efectiva, indefinidamente sostenida y ecológicamente satisfactoria. En este contexto es de tenerse muy presente que el auquénido silvestre, el guanaco, representaba hasta su actual eliminación al herbívoro autóctono más importante de las estepas cálidas. Su acción forrajera, regulada por milenaria selección, no afecta a la estabilidad del equilibrio ecológico natural, restringido al consumo de la productividad anual.

Finalmente merece mencionarse que la devastación progresiva de la cubierta vegetal en la estepa cálida chilena parece acarrear año tras año incrementos en el desarrollo temporal de poblaciones locales de langostas desertícolas, Acrididae Pamphaginae, cuyas invasiones de sectores cultivados, a partir desde su hábitat natural, se hacen más y más frecuentes.

* * * * *

BIOMA DE SABANA

La estructura comunitaria de las sabanas contiene, por un lado, un estrato herbáceo que se marchita en la época más seca del año y, por el otro, árboles o arbustos altos, dispuestos a distancia uno del otro de tal manera que sus copas no se tocan. La falta continua de un dosel arbóreo franquea el paso a la radiación solar, que permite a su vez el característico desarrollo herbáceo.

En la América latina se desarrollan amplias sabanas que ocupan alrededor de su tercera parte. Entre las diferentes isocenosis de este bioma se reconocen principalmente tres modalidades ecológicas, a saber, las sabanas espinosas y las sabanas secas, tanto extratropicales como tropicales, de manifiesta pobreza energética, y las ricas y diversificadas sabanas tropicales húmedas. La inclusión entre las isocenosis de sabanas de las pampas húmedas extratropicales, sin árboles entre 30° y 39° lat. S, al este de 65° longitud W, es discutible, pero Mann y colaboradores la estiman procedente de acuerdo con argumentos analizados en otra parte (Mann, 1965).

53

El desarrollo de sabanas típicas exige un macroclima con 4 meses húmedos como mínimo, que aseguran la supervivencia de su variedad xérica, la sabana espinosa. Siete meses húmedos permiten la instalación de sabanas secas y por lo menos 9 meses húmedos posibilitan, en la América latina, el crecimiento de sabanas húmedas. La discutida definición de los parámetros hídricos limitantes, que deciden entre la existencia respectiva de sabanas o de biomas boscosos, parece estar ligada a la isohigromena de 10 meses húmedos (Lauer, 1952), con la aparición de sabanas cuando hay menos de 10 y de bosques cuando hay más de 10 meses húmedos.

Al igual con lo que acontece con los factores hídricos, se aprecia una amplia gama de posibilidades térmicas que se extiende entre 14°C temperatura media anual (límite austral de sabanas espinosas al occidente andino) hasta 21°C (sabana húmeda tropical a 15° lat. S). Los niveles térmicos más bajos revisten especial interés ecológico porque revelan la ocurrencia de heladas nocturnas invernales que conducen a la caducifolia obligada de muchos dominantes vegetales.



Fig. 13. Sabana espinosa de *Acacia caven*.

La conjunción de los factores climáticos determinantes se traduce en presiones selectivas responsables de "formas de vida" muy características en la flora, cuyos rasgos pueden resumirse como sigue:

1. **Sabanas espinosas.** Caracterizadas por árboles caducifolios espinosos, generalmente con hojas verdes en la época lluviosa, y por la presencia de una rala cubierta herbácea.

2. **Sabanas secas.** Caracterizadas por árboles sin espinas, de hojas pequeñas, con una típica corteza delgada y verde, y por un estrato herbáceo con menos de 1 m de altura.

3. **Sabanas húmedas.** Caracterizadas por árboles de hojas grandes, en su mayoría caducifolios, de corteza muy gruesa y rugosa, y por un estrato herbáceo con una altura entre 1 y 2 m.

En la fauna se revelan también los efectos modeladores de la constelación ambiental específica para las sabanas, cuya presión selectiva particular ha conducido a las "formas de vida" siguientes:

Adaptación al sustrato. Dominan especies ajustadas a la vida en cuevas, a la existencia entre los vegetales herbáceos y en el espesor de los troncos arbóreos.

Adaptaciones dinámicas. Se desarrollan especies con habilidades para cavar (arácnidos, anfibios, aves, mamíferos), de carrera (reptiles Tejidae, aves Tinamiformes) y de salto (ortópteros, liebres autóctonas del género *Sylvilagus*).

Adaptaciones de colorido. En armonía con los tonos que predominan en el medio se desarrollan en la fauna preferentemente pigmentos ocre y amarillos.

Adaptaciones alimentarias. Una mesa bien provista por la diversa y abundante cubierta vegetal invita a una compleja fauna de recolectores fitófagos y chupadores de savia. Las especies zoófagas comprenden una mayoría de cazadores activos, ya que el hábito del acecho cauteloso, frecuente en la selva, no puede aplicarse en el abierto paisaje de la sabana.

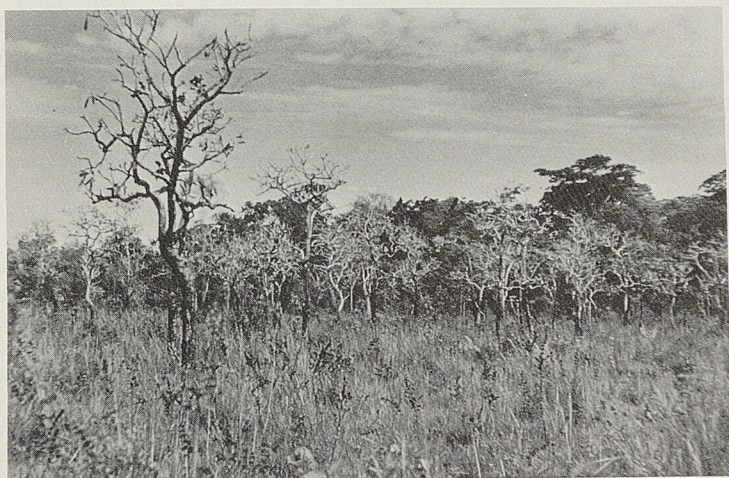


Fig. 14. Sabana húmeda tropical. Aspecto de época seca. En primer plano el estrato herbáceo y en segundo arbolillos caducifolios del género *Tecoma*.

Se ha señalado más arriba las características generales asumidas por los organismos productores en los diversos tipos de sabanas latinoamericanas. Su riqueza y variedad ofrecen forraje de gran diversidad a los consumidores fitófagos. La celulosa es utilizada principalmente por termitas, hormigas, larvas de coleópteros y por loros. Las hojas, yemas y brotes, tanto del estrato herbáceo como del arbóreo, son forraje apetecido de mamíferos grandes (ciervos), aves de gran talla (mandú) y un ejército de herbívoros medianos. Roedores cavícolas, como los tuco tuco (*Otenomys*), utilizan las raíces, tubérculos y bulbos, que atraen también a gran

variedad de insectos adultos y larvarios. Lepidópteros y algunas familias de dípteros (Sirfidae, Bombilidae y Trypetidae) se alimentan a base de flores y frutos carnosos. El mismo régimen adoptan numerosas aves, como los tucanes, y varios passeriformes y diversos géneros de quirópteros tropicales. Los frutos secos, especialmente semillas de gramíneas y composáceas, atraen finalmente a insectos y aves, entre las que descuellan las palomas autóctonas.

Entre los consumidores de segundo orden, que inician el escalafón de los zoófagos, tienen importancia los arácnidos, hormigas, numerosas aves pequeñas y, en las sabanas tropicales, mamíferos comedores de hormigas y termites. También murciélagos, anfibios y reptiles se integran a este nivel de la cadena trófica.

Consumidores de tercer orden comprenden aves de rapiña, grandes reptiles y diversas familias de mamíferos carnívoros.

Los elementos recuperadores, detritófagos, necrófagos y coprófagos, no cobran importancia en la economía de las sabanas húmedas tropicales energéticamente muy ricas, pero alcanzan en cambio un significado ecológico trascendente en las variedades comunitarias parcas de las sabanas espinosas.

56

Producción, Productividad y Uso de la Sabana

Los desniveles energéticos, extraordinariamente pronunciados entre los diversos tipos de sabanas, influyen poderosamente en los valores de producción y productividad y definen las posibilidades reales de uso de estas comunidades. Las consecuencias biológicas de la diversidad de magnitudes en la disponibilidad energética se reflejan nítidamente en la talla corporal de sus organismos dominantes, que aparecen como un conjunto de enanos en las sabanas espinosas frente a sus grandes representantes en las sabanas húmedas tropicales. Así se reconoce en el ratoncito *Octodon degus* al fitófago más importante de las pobres sabanas chilenas, tanto que el nicho ecológico equivalente al este de los Andes se halla ocupado por imponentes ciervos. En la misma medida aparece en Chile una araña *Mygalomorphae* como predator más importante, que equivale a los numerosos félidos, cánidos, mustélidos y grandes aves de rapiña de la sabana tropical húmeda.

Estos contrastes, que afectan los valores de energía disponible, traen consigo asimismo diferencias fundamentales en la productividad estacional, la que se mantiene en altos índices durante todo el año en las comunidades más favorecidas, en tanto que disminuye a niveles insignificantes en las épocas desfavorables para las sabanas espinosas. Posiblemente se desarrolla una situación extrema en

este sentido en el ámbito de las sabanas chilenas cuya productividad primaria cesa casi del todo durante los meses invernales más fríos para descender también, por segunda vez en el año, a límites aún más ínfimos con la aparición de la estación más seca y calurosa a fines del verano. Primavera y otoño corresponden entonces a las únicas estaciones con elevado ritmo de actividad de los organismos productores, actividad que se traduce a su vez en máximos espectaculares de organismos fitófagos, cuyas poblaciones luego se derrumban con la misma rapidez en que se incrementaron, creando serios problemas a los tramos ulteriores, zoófagos de la cadena trófica. De allí que en ciertos meses del año se organiza una comunidad con predominio absoluto de zoófagos sobre fitófagos. Esta situación se invierte en los meses favorables para el desarrollo vegetal y consecuentemente para los consumidores primarios, cuya proporción alcanza entonces valores muy superiores a los zoófagos. De esta manera los animalívoros cuentan durante breve tiempo con una rica provisión de alimentos y, durante ese lapso, acumulan amplias reservas, representadas por sus propios huevos y crías, para los meses desprovistos de fitófagos. La riqueza en lípidos de alta capacidad energética en los primeros estados ontogénicos favorece este proceso de concentración. El enorme excedente de crías así estructuradas supera ampliamente las demandas de la conservación numérica poblacional y corresponde en su inmensa mayoría a la categoría ecológica de individuos marginales, los que más adelante serán presa de los adultos, ya sea de su propia especie o de otros zoófagos, en el período de pobreza o ausencia de escalones tróficos inferiores, corrientemente aportados por las formas fitófagas.

57

Los acontecimientos estacionales relatados para el caso de la sabana espinosa chilena ponen de manifiesto la gravedad y el alcance de los varios aspectos que rigen la productividad de estas comunidades. Es obvio entonces que su aprovechamiento razonado por el hombre constituye igualmente un serio problema, cuya esencia atañe básicamente el hallazgo de un camino acertado para salvaguardar el equilibrio sinecológico, evitando la destrucción de alguno de los eslabones significativos en el circuito de transmisiones energéticas. Esta meta fundamental implica necesariamente limitaciones realistas en las demandas de productividad, cuyo monto total no debe sobrepasar en ningún momento los márgenes modestos que imponen las disponibilidades energéticas del organismo comunitario natural. Frente a este imperativo inescapable se ha intentado repetidamente en todos los tipos de sabanas desarrolladas en la América latina modificar la constelación natural, eliminando a los organismos productores, los vegetales autóctonos, para reemplazarlos por otros de crecimiento más vigoroso y mayores rendimientos en la unidad de tiempo. La así llamada "reforestación", a base de especies de *Eucalyptus* (especialmente *E. globulus* en sabanas xéricas y

E. citriodora, *E. alba* y *E. saligna* en sabanas tropicales) y la plantación de bosques de *Pinus radiata* en sectores extratropicales y *Pinus elliottii* y *P. taeda* frecuentemente preferidos en comunidades tropicales, ha ofrecido soluciones engañosas, aparentemente satisfactorias a este problema, proporcionando respectivamente maderas duras, blandas y pulpas de celulosa en cantidad muy superiores a aquéllas que brinda la vegetación silvestre. Sin embargo, la experiencia en los últimos decenios va indicando, con énfasis cada vez más concluyente, que estas plantas exóticas no encuentran en este continente el conjunto de organismos recuperadores y desintegradores que pueda realizar la fundamental tarea de descomposición de sus hojas, cortezas y ramas caídas, indispensable para el ciclaje sostenido de energías a través de la cadena comunitaria. Consecuentemente tales caricaturas de bosques, carentes de autosuficiencia ecológica, conducen a una progresiva pauperización del substrato que fatalmente resulta en la destrucción definitiva de ese organismo biológico básico representado por el suelo.

Al tener presente que los ecosistemas de constelación difícil requieren específicamente un conjunto muy variado de máquinas biológicas para enfrentar con éxito, a través de una especializada división del trabajo, la dura tarea de abocar las diferentes fuentes energéticas repartidas en numerosísimas parcelas difícilmente asequibles, salta a la vista que los monocultivos, como lo son aquellos bosques artificiales, no responden a las exigencias básicas generales de la organización comunitaria del ecosistema que pasan a integrar.

Estos razonamientos conservan su validez también en lo relacionado a las actividades ganaderas en las isocenosis de sabanas. Sin embargo, es posible eximir de su influencia práctica a las sabanas tropicales húmedas, cuya riqueza en estrato herbáceo permite la cría satisfactoria de vacunos --razas aclimatadas a los problemas específicos del trópico-- siempre que se proceda con cautela respecto a la irrestricta regeneración de este horizonte vegetal evitando una sobrecarga de ganado. Las sabanas secas, y sobre todo las sabanas espinosas, son las que reciben en cambio todo el impacto perjudicial de ganaderías con especies exóticas, cuyo efecto destructor conduce rápidamente a la eliminación selectiva de las especies forrajeras más valiosas. Monotoniza luego el conjunto comunitario, cuya simplificación se refleja en considerables rebajas del índice de diversidad. Este ecosistema empobrecido no logra ya cumplir sus tareas de transmutación energética con la reducida gama de herramientas disponible, decayendo primero en su productividad para sufrir el derrumbe ulterior de toda su estructura sin ecológica. Estas consecuencias son de fácil comprensión si se considera que los herbívoros domésticos introducidos al ámbito sudamericano



Fig. 15. Arriba: Estrato herbáceo originario bajo *Acacia caven*. Gramíneas en mechones (*Stipa* y *Festuceae*) ofrecen islas de vegetación permanente entre las que puede acumularse una capa de hojarasca. Abajo: Estrato herbáceo en sabana de *Acacia caven*, que muestra huellas de una explotación pecuaria excesiva. Las gramíneas autóctonas perennes, de crecimiento en mechones, han sido reemplazadas por malezas anuales introducidas, cuyos órganos epiterráneos se marchitan y son destruidos por el ganado y el viento durante el verano.

utilizan como forraje sólo especies vegetales bien determinadas, de un grado de madurez más o menos definida. No es posible esperar en tales condiciones extremadamente simplificadas un aprovechamiento medianamente satisfactorio de la amplia variedad de posibilidades ofrecida por el medio. Cabe extrapolar entonces las enseñanzas de Talbot (1963), quien ha demostrado, para el caso de sabanas secas africanas, la necesidad en aquellas comunidades pobres de un encadenamiento de organismos muy diversificados en su etología y en sus capacidades funcionales --que reúne cebras, antílopes, gacelas y vacunos autóctonos en elevado número de especies-- para lograr un aprovechamiento integral de las energías en sus múltiples fuentes, que van haciendo su aparición de acuerdo con el ritmo de los cambios climáticos estacionales. Igualmente puede indicarse para la América latina, como el ejemplo ideal de un posible conjunto de máquinas biológicas directamente utilizables por el hombre, una adecuada combinación de roedores cavícolas comestibles (cobayos) que utilizan órganos vegetales subterráneos, con roedores Octodontidae de valioso pelaje (ratón-chinchilla: *Abrocoma*) alimentados a base de cortezas, un pequeño número de ovejunos pastores de hierbas anuales, y una prudente carga de llamas que ramonean las hojas de arbustos altos y de árboles en la sabana espinosa. Estas especies están capacitadas para abocar una gama mucho más amplia y económicamente satisfactoria de posibilidades forrajeras que la oveja actualmente utilizada en estos ambientes.

Debe tomarse muy en cuenta asimismo en la planificación ganadera sobre sabanas energéticamente pobres el serio problema que plantean las variaciones aperiódicas imprevisibles, de extraordinaria amplitud, frente a la precipitación que constituye su factor climático dominante. Todas las determinaciones de valores de precipitación media anual carecen, de tal modo, de aplicación práctica como índices de pronóstico. La verdadera magnitud de este factor limitativo debe determinarse, por consiguiente, sobre la base de las precipitaciones mínimas más frecuentes a cuyo nivel habrán de ajustarse necesariamente las empresas agropecuarias, siguiendo el ejemplo de la flora y de la fauna silvestres. Los máximos de lluvia, cuya ocurrencia irregular es responsable de los términos medios elevados, generalmente no favorecen al ecosistema creando al contrario serios problemas por la violencia de sus descargas y el escurrimiento torrencial de los excedentes, los que no pueden ser acumulados biológicamente por la cubierta vegetal y el suelo.

La destrucción de la vegetación herbácea autóctona en la mayor parte de las sabanas espinosas y secas por sobrepastaje de herbívoros domésticos trae consigo generalmente el reemplazo de las especies perennes, de típico crecimiento en robustos mechones, por una

flora advenediza de malezas anuales. La organización natural de este substrato asegura, como factor de extraordinario significado ecológico, la presencia permanente, a lo largo de todas las estaciones del año, de elementos que retienen la hojarasca y el detritus con gran eficiencia. De esta manera se acumula sobre el suelo, aun en sabanas en extremo xéricas, un horizonte biótico de considerable importancia y espesor que asegura la recirculación posterior de sus elementos en el ecosistema. En cambio, una vez eliminadas las delicadas formas perennes por pastaje selectivo y pisoteo del ganado desaparece totalmente esta barrera mecánica y, con ello, se abren las puertas para una activísima dispersión por el viento de todos los elementos bióticos en las capas de enriquecimiento superficial del suelo, que así suele carecer totalmente de horizontes orgánicos en sabanas espinosas y secas sometidas a actividades ganaderas.

A estos problemas, derivados de la génesis del suelo de la sabana, que influyen seriamente sus posibilidades de explotación, se suma todavía en los sectores tropicales su frecuente condición de elevada acidez, que resulta excesiva para muchas plantas cultivadas, determinando también una agresiva toxicidad de ciertos elementos como el manganeso y el aluminio. Los importantes experimentos de Freitas y colaboradores (1963), Oliveira (1963) y Amaral (1963) han contribuido con valiosos antecedentes prácticos para corregir estas condiciones, sobre todo utilizando abonos vegetales y calcáreos.

BIOMA DE SELVA

Las asociaciones estructuradas a base de un conjunto de árboles, cuyas copas se aproximan hasta formar un verdadero dosel más o menos ininterrumpido, constituyen los bosques. A diferencia de estepas y sabanas, éstos requieren elevados niveles de disponibilidad de agua, que puede provenir indistintamente de fuentes edáficas o de precipitaciones.

Un tercio de la superficie latinoamericana está constituida por un variado conjunto de bosques, los que se pueden agrupar en cinco categorías ecológicas fundamentales: 1. selvas tropicales pluviales perennifoliadas; 2. selvas templadas pluviales, en las dos variedades de perennifoliadas y caducifolias; 3. bosques esclerófilos perennifoliados; 4. bosques tropicales caducifolios, y 5. manglares litorales.



Fig. 16. Interior de bosque clímax.

Las selvas basimontanas escalan, de acuerdo con su naturaleza y la latitud geográfica que ocupan, mayores o menores alturas montañosas, perdiendo en los niveles bajos sólo algunos de sus componentes, que son rechazados por las condiciones selectivas premontanas. En elevaciones más importantes, por lo general más allá de los 2.000 m de altura y en pleno dominio de los cinturones montanos bajos, la configuración de los bosques que aún logran mantenerse allí cambia radicalmente, instalándose especies generalmente muy propias, probablemente relictuales de la vegetación tropical panamericana terciaria. Los géneros *Embothrium*, *Desfontainia*, *Drimys*, *Weinmannia* y *Podocarpus* ofrecen un buen ejemplo al respecto.

64 La existencia de los bosques depende fundamentalmente de un solo factor limitante, representado por un monto mínimo de humedad distribuido favorablemente a lo largo del año. A partir de las investigaciones de Köppen (1919), se puso en evidencia la decisiva importancia que tiene la repartición de las lluvias en contraste con su magnitud total, menos significativa. Ambos elementos climáticos se conjugan e interrelacionan necesariamente según cálculos de Lauer (1952), que asignan similares efectos biológicos en la América latina a las alternativas entre precipitaciones de 1.000 mm, repartidas en 12 meses "húmedos", y 2.200 mm distribuidos en sólo 9 meses húmedos. Ambas constelaciones resultan suficientes para determinar, en latitudes tropicales, el desarrollo de selvas pluviales siempre verdes.

Climas locales favorecidos por condensaciones regulares de intensas neblinas mojadoras permiten la instalación de bosques postclimáticos circunscritos en medio de biomas de sabana y aun de estepa (Bosque de Fray Jorge en la estepa costera pacífica, lat. 31°S).

Los extremos térmicos en las isocenosis de selvas sudamericanas corresponden a temperaturas medias anuales de 6° y 24°C en bosques patagónicos y tropicales respectivamente. Si bien no se organizan en este continente, por influencia del frío, bosques de coníferas comparables con las "taigas" nórdicas, se observa aquí una incidencia selectiva favorable a su desarrollo por el aumento relativo de Podocarpoideae y Araucarieae en ambientes de altura frecuentemente atormentados por heladas y nevazones.

Los suelos bajo los bosques latinoamericanos presentan una amplia gama de condiciones diversas, desde litosólicos hasta podsólicos, pero todos con el atributo común que les imprime la presencia de un horizonte superficial rico en materiales orgánicos originados por la lluvia de cadáveres desde el dosel. Efectos trascendentales en su productividad potencial derivan del modo en que se



Fig. 17. *Araucaria araucana* en cordilleras afectadas por heladas.

desintegra esta capa de cadáveres, rápidamente mineralizada y soluble a elevadas temperaturas o conservada indefinidamente a bajas temperaturas como grueso horizonte de humos.

Los fenómenos de periodicidad estacional disminuyen a niveles insignificantes en las selvas de hojas persistentes para alcanzar, en cambio, mayor impacto biológico en las caducifolias, cuyo dosel fotosintetizador desaparece por lo menos parcialmente durante algunos meses del año. Con relación a los aspectos estacionales del clima y la correspondiente respuesta de la flora y fauna pueden reconocerse tres tipos de periodicidad en los bosques latinoamericanos: 1. selvas sin ritmo estacional (selva tropical pluvial, selva templada pluvial basimontana); 2. selvas con letargo estival, sin pérdida de hojas (bosques postclimáticos esclerófilos al oeste andino, entre 30° y 38° lat. S), y 3. selvas con letargo invernal y pérdida de hojas por sequías (selvas tropicales de la costa pacífica entre 0° y 4° lat. S y selvas premontanas y montanas bajas al este de los Andes, entre 20° y 27° lat. S) y por frío (bosques pluviales australes preclimáticos).

De acuerdo con las bondades relativas del ambiente que enmarca los diferentes tipos de selvas en la América latina se simplifica o se acrecienta su complicación estructural, que puede desarrollarse así entre los extremos representados respectivamente por bosques con un solo estrato de copas de árboles similares en talla y a través

de las "selvas sobre selvas", de von Humboldt, configuradas en numerosos pisos altitudinales, condenseles escalonados uno sobre otro en complicadísima estructura espacial.

La densidad y la persistencia estacional de las copas determina la cantidad y la calidad de la radiación solar que penetra hasta el piso. En casos de cierre impenetrable, como sucede en las selvas tropicales pluviales, el suelo se encuentra sumido en perenne penumbra que trunca las posibilidades de desarrollo de la vegetación herbácea y arbustiva, hasta el extremo de imposibilitarla totalmente. Cuando la densidad de las copas no es tan espesa, o si ésta se interrumpe durante determinados períodos estacionales, como sucede en los bosques caducifolios, aparece sobre el suelo del bosque un manto vegetal de mayor o menor importancia.

66

La enorme abundancia de forraje ofrecido por los organismos productores en todas las isocenosis de selvas invita a la más amplia gama de animales fitófagos. La celulosa, que constituye la oferta más abundante y constante, atrae a ejércitos de consumidores especializados entre los que se cuentan larvas de coleóptera, muy abundantes en todos los tipos de bosques, termitas relegadas a los ambientes de temperaturas más elevadas y, sobre todo, hongos y bacterias. Hojas, yemas y brotes atraen herbívoros de todos los grupos de animales, sin excluir siquiera representantes de taxones eminentemente zoófagos como lo son los lagartos Iguanidae, que aportan especies consumidoras de hojas tanto en el trópico como en bosques patagónicos. Las flores y los frutos constituyen igualmente importantísimos centros de actividad comunitaria, pero su duración estrictamente estacional suele circunscribir su influencia ecológica a breves meses del año. Solamente en el ambiente ininterrumpidamente benigno de las selvas pluviales tropicales se les encuentra durante todas las estaciones y en tal cantidad que numerosísimos fitófagos especialistas --aun tan activos como los quirópteros-- pueden sobrevivir exclusivamente a base del alimento que ofrecen.

Entre los consumidores de segundo orden dominan las arañas en las variedades templadas de la selva y las hormigas en las variedades calurosas. Anfibios arbóreos, reptiles de pequeña talla y, especialmente, aves insectívoras aportan también un conjunto de gran importancia a este nivel de la cadena trófica. La función ecológica de los pájaros carpinteros (Picidae), conjuntamente con la de ciertas avispas (Ichneumonidae), merece especial mención por afectar las larvas celulófagas de insectos que viven profundamente enterrados en el espesor de las maderas. Las energías de la celulosa difícilmente abocables y de complicada incorporación en el circuito comunitario encuentran, por su intermedio, un camino expedito para su transmutación.

Los consumidores de tercer orden están representados en orden de importancia por: marsupiales, quirópteros, primados como los monos nocturnos (*Aotus*) en ambientes templados y numerosos reptiles.

Reptiles grandes, aves de rapiña y mamíferos carnívoros constituyen los consumidores de cuarto orden.

Los organismos recuperadores --necrófagos, detritófagos y coprófagos-- ocupan lugares de significado comunitario opuestos en ambientes cálidos y fríos. En los primeros, la acción desintegradora de las bacterias y hongos sobre el substrato orgánico riquísimo del horizonte superficial en el suelo es muy rápida. Esta mineralización a ritmo tan veloz no da tiempo para la intervención de los recuperadores, los que alcanzan en cambio importancia significativa en bosques fríos con gruesa capa de hojarasca y cadáveres animales, a la que subyace a su vez un espeso horizonte de humus.

Las "formas de vida" conformadas a las condiciones particulares en las que se desenvuelven las selvas latinoamericanas no encuentran una expresión uniforme al nivel vegetal por la manifiesta diversidad ecológica de sus diferentes bosques, que se dan desde aquéllos adaptados al trópico lluvioso, hasta los de regiones frías. En los primeros llaman la atención especies con raíces aéreas, tableros estabilizadores en la base de sus troncos, caulifloría, hojas anchas, brillosas, de reborde entero y acuminadas, corteza de color claro, generalmente delgada y frecuentemente espinosa.

67

Los bosques de caducifolia estival, resistentes a períodos de sequía, se caracterizan en cambio por su corteza dehiscente, verde y facultada para realizar importantes funciones fotosintéticas en ausencia del dosel de hojas.

En el conjunto poco homogéneo de selvas postclimáticas esclerófilas, al oeste andino entre 30° y 38° lat. S, se hacen presente árboles de hojas anchas, brillosas y reborde entero conjuntamente con otros de hojas delgadas y provistas de un vértice escurridor propio de especies típicas para el trópico lluvioso. Esta disparidad de formas de vida bien puede deber su origen múltiple a remanentes de diferentes oleadas evolutivas en épocas geológicas diversas.

Los bosques caducifolios, que pierden su follaje con el frío, reúnen árboles de morfología muy similar a aquella propia de selvas europeas y norteamericanas en habitat similares.

Las adaptaciones animales a la existencia en bosques latinoamericanos se aprecian en el siguiente conjunto de efectos selectivos más importantes: 1. La abundancia de especies herbícolas y lignícolas

que viven en los vegetales mismos. 2. Las modalidades dinámicas más frecuentes corresponden a la reptación por planchas musculosas y al trepar por ventosas, por tenazas manuales y colas prehensiles. 3. El dominio de tonos verdes y rojos en colores estructurales y pigmentos. 4. La amplísima adopción de hábitos fitófagos que aparece inclusive en grupos típicamente animalívoros. 5. La frecuente viviparí y complejo cuidado de las crías.

Producción, Productividad y Uso Humano de las Selvas

La fuerte inversión energética de los bosques, representada por sus importantes magnitudes de biomasa inmovilizada por unidad de superficie, constituye su condición de mayor relieve. Esta producción, siempre elevada, puede ser resultado de una productividad agigantada, como acontece por ejemplo en muchas selvas tropicales capaces de regenerar en 15 a 20 años la dotación completa de sus árboles dominantes. Sin embargo, es de tener muy presente que en muchos casos una producción impresionante ha sido el fruto final de una productividad muy parca, que exige largos lapsos de centenares de años para elaborar el ecosistema boscoso actual. Estas situaciones, de contraste peligroso, conducen a frecuentes errores en la apreciación de las magnitudes de extracción compatibles con la conservación indefinida de los bosques. Esta falta de previsión ocasiona innumerables devastaciones de selvas, muchas veces irrecuperables, sobre la faz de este continente.

68

Las posibilidades de incurrir en este grave tipo de errores son todavía mayores en el caso de selvas tropicales sobre suelos con aportes orgánicos de rápida mineralización, expuestos así a dilución y transporte hacia horizontes profundos por acción de lluvias frecuentes y abundantes. Con la tala de la cubierta boscosa se aceleran estos procesos de expoliación pedológica, agravados al máximo por la falta de nuevos aportes de hojarasca, hasta conducir a cuadros de erosión definitiva e irrecuperable. Las experiencias que se acumulan día a día en los intentos de colonización intensiva en sectores de cabecera de ríos tropicales sobre la ladera oriental de los Andes ofrecen trágicos ejemplos al efecto, con su típica secuencia de fases escalonadas que se inician con la construcción de costosísimas carreteras a través de selvas vírgenes. Sigue luego el traslado de colonos, generalmente aimaraes y quichuas, desde altas cumbres cordilleranas a sectores ahora accesibles de terrenos en abrupto declive y densa cubierta boscosa. La tala indiscriminada de los árboles y el roce a fuego despejan el suelo, el que es ricamente abonado por las sales minerales de las cenizas. Una abundante cosecha de arroz, maíz, mandioca o posiblemente café, coronan esta cadena de acontecimientos aparentemente muy favorables. Muy pronto, sin embargo, se inicia un rápido proceso de deterioro



Fig. 18. Laderas andinas tropicales orientales (2.000 m s.n.m.) sobreexplotadas por el hombre. Las selvas primitivas han desaparecido. Extensas áreas de erosión reemplazan los cultivos de coca y ananá.

irreversible de la tierra, con una brusca disminución de productividad. En relación directa con la gradiente del declive se define la intensidad de los fenómenos erosivos, que marcan la tercera etapa del proceso analizado. Tras un tiempo más o menos largo desaparece todo vestigio ulterior de suelo cultivable, catástrofe que arrastra a los pobladores hacia la miseria, para obligarlos finalmente a emigrar a nuevos sectores todavía provistos de selvas, donde incurrir nuevamente en las mismas prácticas erradas. De vastanasi, en una secuencia incontenible y a ritmo cada vez más acelerado, hasta los rincones más recónditos de los ecosistemas tropicales --montanos bajos y premontanos-- cuyo aprovechamiento racional debe evitar, como medida más importante, el denudamiento excesivo del suelo.

70

A la ingrata sorpresa de gravísimas consecuencias que ha deparado en tantos casos el cultivo de los suelos en áreas taladas de selva tropical pluvial se suma todavía el caso similar de aquellos bosques contemporáneos relictuales, que se estructuraron en épocas pasadas bajo regímenes de clima diferentes a los actuales. Numerosos ecosistemas montanos bajos en latitudes tropicales y los renombrados Bosques de Fray Jorge y Talinay en Chile (costa pacífica en lat. 31° S) ofrecen un buen ejemplo al respecto. Sutura es sinónimo de erradicación definitiva si se considera que la supervivencia de estas comunidades depende de su clima local, generado por la presencia del bosque mismo. Con la desaparición de los árboles, condensadores de humedad que arriba bajo la forma de neblinas, desaparecen también las condiciones actuales que posibilitan su existencia bajo el macroclima contemporáneo.

Cuando se suma a la consideración de los peligros inherentes a la explotación de los tipos de selva arriba mencionados la función importantísima, generalmente subestimada u olvidada, de toda comunidad arbórea como reguladora de las condiciones hidrológicas decisivas para el futuro del hombre en la América latina, se justifica el más severo llamado hacia la prudencia en la explotación de los recursos boscosos, la que no debiera intentarse siquiera sin antes realizar un análisis ecológico exhaustivo de sus consecuencias a largo plazo. Para este efecto no basta de manera alguna, como desgraciadamente se ha hecho ya costumbre, con definir los plazos de regeneración de los árboles correspondientes, ya que su tala puede motivar efectos imprevisibles y continuos debido a eliminación de elementos faunísticos asociados, desequilibrios pedológicos concatenados o modificaciones del clima local.

Debe encararse pues con realismo el deseo muy comprensible de los industriales y de las autoridades agropecuarias de transformar las selvas en praderas y campos cultivados. Esto sólo se logra

llevar a cabo raramente sin lesionar al potencial biótico comprometido en esta reacomodación, contraria a los grandes principios ecológicos que rigen en la naturaleza latinoamericana, de tal manera que la forzada persecución de esta meta destruye con ciega irresponsabilidad las bases mismas para la sobrevivencia de las futuras generaciones humanas.

* * * * *

BIBLIOGRAFIA

Textos Generales:

- ALLEE, W. y colaboradores. Principles of Animal Ecology, Saunders, Filadelfia, Estados Unidos (1949).
- BALOGH, J. Lebensgemeinschaften der Landtiere, Akademie-Verlag, Berlín, Alemania (1958).
- BENTON, A.H. y WERNER, W.E. Principles of Field Biology and Ecology, McGraw, Nueva York, Estados Unidos (1958).
- CLARKE, G.L. Elements of Ecology, Wiley, Nueva York, Estados Unidos (1954).
- CLEMENS, F. y SHELFORD, V. Bio-Ecology, Wiley, Nueva York, Estados Unidos (1949).
- DANSEREAU, P. Biogeography, Ronald Press, Nueva York, Estados Unidos (1957).
- DARLINGTON, P. Zoogeography, Wiley, Nueva York, Estados Unidos (1957).
- ELTON, CH. Animal Ecology, Sidgwick y Jackson, Londres, Inglaterra (1960).
- KOEPCKE, H.W. Ecología y Biogeografía, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú (1958).
- MACFAYDEN, A. Animal Ecology, Sir Isaac Pitman e hijos, Londres, Inglaterra (1957).
- MANN, G. Ecología y Biogeografía, Centro de Investigaciones Zoológicas, Santiago de Chile (1964).
- ODUM, E. Fundamentals of Ecology, Saunders, Filadelfia, Estados Unidos (1953).

PHILLIPS, E. Methods of Vegetation Study, Holt-Dryden, Nueva York, Estados Unidos (1959).

WOODBURY, A. Principles of General Ecology, The Blakiston Co., Nueva York, Estados Unidos (1954).

Otras Obras Especializadas referentes a la América del Sur o Citadas en el Texto:

ADAMS, CH. y colaboradores. Plants and Animals of Mt. Marcy, N.Y., Ecology 1 (1920).

AMARAL, O. Silvicultura o Cerrado, Simposio sobre o Cerrado, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (1963).

AUER, V. The Quaternary History of Fuego-Patagonia, Proc. Roy. Soc. (London), Ser. B. 152 (1960).

FREITAS, L.M.M. y colaboradores. Agricultura o Cerrado, Simposio sobre o Cerrado, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (1963).

74

LAUER, W. Humide und Aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln, Bonner Geogr. Abhandl. 9, Bonn, Alemania (1952).

MANN, G. Recursos Animales en Sudamérica Andina, Unesco, París, Francia (1965).

MANN, G. Grossräumige Verteilung der Südamerikanischen Lebensgemeinschaften, Monographiae Biologicae, Uitgeverij Dr. W. Junk, La Haya, Holanda. En prensa.

MOORE, R.M. Ecological Observations on Plant Communities Grazed by Sheep in Australia. En: Biogeography and Ecology in Australia, Uitgeverij Dr. W. Junk, La Haya, Holanda (1959).

OLIVEIRA, R. Agricultura no Cerrado, Simposio sobre o Cerrado, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (1963).

PEARSON, O.P. Biology of the Subterranean Rodents, Ctenomys, in Peru, Mem. Museo Hist. Nat. "Javier Prado" 9, Lima, Perú (1959).

RATCLIFFE, F.N. y CALABY, J.H. Rabbit, The Australian Encyclopedia, 7, Angus y Robertson, Sydney, Australia (1958).

RATCLIFFE, F.N. y CALABY, J.H. The Rabbit in Australia.
En: Biogeography and Ecology in Australia, Uitgeverij Dr. W.
Junk, La Haya, Holanda (1959).

TALBOT, L.M. y TALBOT, M.H. The High Biomass of Wild
Ungulates on East African Savanna, Trans. N. Am. Wildlife Nat.
Resources Conf. **28**, Wildlife Management Institute, Washington
D.C. (1963).

THIENEMANN, A. Die Grundlagen der Biocoenotik und Monards
Faunistische Prinzipien. En: Festschr. Zschokke, Basel, Suiza
(1920).

TISCHLER, W. Synökologie der Landtiere, Fischer, Stuttgart,
Alemania (1955).

COLECCION DE MONOGRAFIAS CIENTIFICAS

Publicadas

Serie de matemática

- N° 1. La Revolución en las Matemáticas Escolares, por el Consejo Nacional de Maestros de los Estados Unidos de América.
- N° 2. Espacios Vectoriales y Geometría Analítica, por Luis A. Santaló.

Serie de física

- N° 1. Concepto Moderno del Núcleo, por D. Allan Bromley.
- N° 2. Panorama de la Astronomía Moderna, por Félix Cernuschi y Sayd Codina.

Serie de química

- N° 1. Cinética Química Elemental, por Harold Behrens.

Serie de biología

- N° 1. La Genética y la Revolución en las Ciencias Biológicas, por José Luis Reissig.
- N° 2. Bases Ecológicas de la Explotación Agropecuaria en la América Latina, por Guillermo Mann F.

En preparación

Serie de matemática

- Estructuras Algebraicas, por Enzo Gentile.
- Algebra Lineal, por Orlando Villamayor.
- Geometría Euclidiana, por Alexandre Martins Rodrigues.

Serie de física

- Experiencias en Física, por Juan Roederer.
- Física de Partículas, por Igor Saavedra.
- Física Estado Sólido, por Leopoldo Falicov.
- Física Espacial, por Horacio Ghielmetti y Juan Roederer.
- Física Cuántica, por Jorge Pedro Starico.

Serie de química

Mecanismos de Reacciones, por Jorge Brieux.
Elementos Encadenados, por Jacobo Gómez Lara.
Macromoléculas, por Alejandro Paladini y M. Burachik.
Energía y Vida, por Isaías Raw.

Serie de biología

Principios Básicos para la Enseñanza de la Biología, por
Oswaldo Frota-Pessoa.
La Célula, por Renato Basile.
Microorganismos, por J. M Gutiérrez-Vázquez.



575.3-S-7267

\$ 0.50