

Posición de la Ecología en la Ciencia y en la Sociedad Actual

por

Francesco di Castri

INTRODUCCIÓN

Aunque los estudios ecológicos estén atravesando, en general, una fase de auge evidente, gran parte del público culto de Sudamérica se vería en serias dificultades para ofrecer una definición medianamente acertada de lo que representa en la actualidad esta disciplina biológica. Es probable que la mayoría aludiera en forma vaga a las influencias del clima sobre los organismos vivientes o al problema de la conservación de los recursos naturales, pero muy pocos, sin duda, sospecharían la amplitud de los enfoques ecológicos o el sentido generalizante de sus principios.

Este desconocimiento se debe en parte a que el término *Ecología* ha tenido una difusión relativamente reciente, aun cuando esté muy cerca de cumplir un siglo desde su introducción por Haeckel en 1869. Pero, a nuestro entender, él deriva sobre todo de la escasa sensibilidad que existe en América Latina frente a los aspectos naturalistas, con la consecuencia de que esta inmensa región es, en su conjunto, la menos estudiada del globo desde estos puntos de vista. Aún más, las prospecciones de mayor extensión e importancia básica han sido realizadas tradicionalmente por natu-

ralistas extranjeros, sobre todo europeos, sin que esto implique, en manera alguna, desconocer los aportes de destacadas personalidades locales.

Etimológicamente, este término deriva de οἶκος (hogar, residencia); en sentido literal, por lo tanto, la ecología representaría el estudio de los organismos "en su propia casa". Se han propuesto innumerables definiciones, aun cuando tal vez ninguna de ellas pueda reflejar completamente la esencia de la disciplina: ciencia de los ambientes biológicos, estudio de las interrelaciones entre los organismos vivos y su ambiente, biología ambiental, filosofía de la naturaleza, etc. Es sugestivo, además, que esta rama de la biología comparta la raíz etimológica con la economía, lo que ha llevado a Wells y Huxley a decir que "la ecología no es más que una mera extensión de la economía a la naturaleza animada", en otras palabras, una verdadera economía de la naturaleza.

Estimamos que en el momento actual la ecología podría definirse con mayor exactitud como *el estudio de la estructura, función y organización de las comunidades de vida*, pues de esta manera se consignaría, al mismo tiempo que la existencia de tres grandes eslabones en las investigaciones ecológicas, el carácter supraindividual de ellas.

Considerando la extremada complejidad que presupone el estudio del ambiente, compuesto por un sinnúmero de factores *físicos* inherentes al clima, substrato geológico, orografía, hidrografía, tipo de suelo, etc., o *biológicos*, en relación a la flora, a la fauna y también a la actividad del hombre, no puede extrañar que el conocimiento ecológico deba estar integrado por aportes multifacéticos y que su contenido abarque todas las disciplinas que se suelen englobar bajo la denominación de Ciencias Naturales, proyectándose, además, hacia aspectos económicos y sociológicos (Fig. 1).

Sin embargo, la ecología no es por esencia descriptiva, no tiende a analizar por separado los innumerables factores vivientes e in-

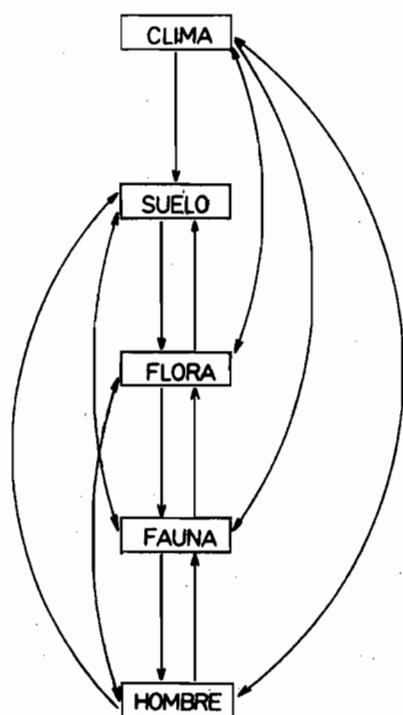


FIG. 1: Interactuaciones de los principales elementos del ambiente; las flechas indican el sentido de la acción. En los dos extremos, los dos factores antagónicos de mayor importancia en la configuración del paisaje actual: el clima, que impone la dirección del camino evolutivo para que el suelo y las comunidades naturales alcancen la etapa madura o *climax*, y el hombre, que con sus intervenciones impide o retarda el logro de la madurez, imprimiendo el sello antropógeno del *disclimax* (di Castri y Hajek, 1961, modificada).

fundamentos y, aún más, ha llevado a una serie de interpretaciones erradas o incompletas. Por ejemplo, la fisonomía y la estructura de

animados del medio, sino a destacar los nexos que los enlazan unos a otros, los antagonismos que los separan o las interacciones que los modifican en su estructura, o en su forma de reaccionar. Se trata, por ende, de un estudio eminentemente de síntesis, hecho que debe destacarse en una etapa del saber en que gran parte de la ciencia se está dirigiendo hacia campos progresivamente más analíticos.

El sentido sintético y el sentido histórico son los rasgos que deben primar en todo enfoque ecológico. Nos referimos, por cierto, a la historia en la acepción más lata de este término, como información de todos los procesos naturales o sociales ocurridos en épocas pretéritas. En efecto, la presunción de poder explicar todas las propiedades de los sistemas ecológicos sobre la única base de fenómenos contemporáneos se ha revelado como una hipótesis desprovista de

los suelos y de las formaciones vegetales dependen —sin duda— del clima presente, pero también —y quizás más— de las pulsaciones paleoclimáticas, es decir, del ritmo de expansiones y retracciones repetidas que han experimentado los climas en el curso de las eras geológicas. Asimismo, otro elemento decisivo para la configuración del paisaje actual ha sido el conjunto de las modificaciones antropógenas, algunas de ellas muy antiguas incluso en nuestro continente, donde han llegado a ser dominantes después de la introducción del elemento extraño representado por el hombre blanco. Del mismo modo, las causas de la actual distribución y composición específica de la fauna del suelo no podrían ser comprendidas en su totalidad, después de una serie de investigaciones sobre las condiciones químicas del terreno, los aspectos microclimáticos, el pH, etc., por muy acuciosas que ellas fueran, si no estuvieran integradas por el conocimiento de la influencia de fenómenos geológicos, tales como las glaciaciones o las transgresiones marinas, la existencia de puentes intercontinentales o de *islas* de refugio, todos conceptos indispensables para discernir la dirección y la cronología de las posibles migraciones faunísticas.

Ciencia muy antigua, hacia donde confluyen incluso las percepciones del hombre primitivo frente a una naturaleza de la que era partícipe, las observaciones empíricas de los primeros filósofos y muchos documentos de la clásica Historia Natural, la ecología es al mismo tiempo una disciplina muy reciente, en su nombre, en la nomenclatura todavía farragosa y compleja en exceso, en las leyes básicas que no han sido sometidas aún a una adecuada sistematización. Este hecho, unido al inmenso contingente de trabajos ecológicos que se publican anualmente como consecuencia de su explosivo desarrollo en los últimos tiempos, dificulta sobremanera la posibilidad de seguir satisfactoriamente la literatura internacional, y excluye un aprendizaje de tipo autodidacta.



1. El aspecto canceriforme de la erosión



2-3. El apacible paisaje de la foto superior muestra los primeros signos de erosión, casi imperceptibles, después de la destrucción del bosque. En la foto inferior, la visión dantesca de una erosión a escala geológica.



EL ECOSISTEMA, UNIDAD DE LOS ESTUDIOS ECOLÓGICOS

Para la ecología, la unidad básica, comparable a lo que es la célula para la citología o el tejido para la histología, está representada, según la mayoría de los autores, por el sistema ecológico o *ecosistema* (Fig. 2). Bajo esta denominación se designa todo ambiente, limitado y definido con relación al tiempo y al espacio, en que se realiza una completa integración de elementos inanimados o abióticos (clima, suelo, aguas) con organismos vivos (animales,

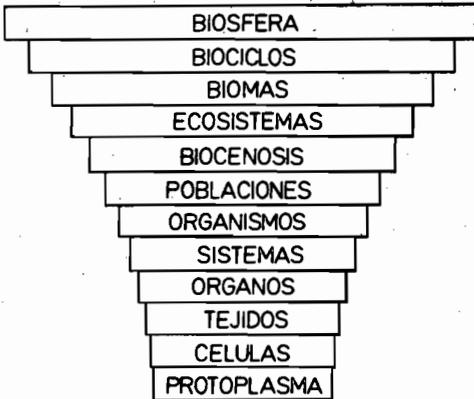


FIG. 2: Esquema de los niveles biológicos, para señalar la ubicación de la unidad ecológica primaria o *ecosistema*. Desde la *población*, empieza el dominio de la biología cuantitativa; desde la *biocenosis* de la simbiología, que estudia las manifestaciones biológicas de conjuntos de especies. Las unidades ecológicas superiores son: los *biomas*, grandes aspectos fisonómicos de la naturaleza, los *biociclos*, que engloban las principales formas de vida, acuática o terrestre, y la *biosfera*, que comprende todos los territorios del globo terráqueo en que hay vida (Original).

plantas superiores, bacterias, hongos); en este sistema, movido por un incesante flujo de energía, los nexos están dados sobre todo por los caminos circulares a través de los cuales se expande una verdadera corriente de sustancias, desde el componente abiótico hasta la trama viviente de los organismos, y viceversa.

Un ecosistema es, por ejemplo, un determinado bosque, un la-

go, una pradera o una zona de mar o desierto bien delimitada; a pesar de las enormes diferencias en el aspecto de los ambientes señalados, en todos ellos rigen las mismas leyes fundamentales; en todos ellos la energía solar, captada por los vegetales gracias al pigmento clorofílico, se transmite sucesivamente a los animales herbívoros, a los carnívoros, a los parásitos y, en general, a todos los individuos presentes en la intrincada contextura de cadenas alimenticias de la comunidad. Asimismo, las sustancias orgánicas, sintetizadas por las plantas a partir de elementos minerales simples y traspasadas progresivamente a distintos eslabones de animales consumidores, son sometidas a una serie de transformaciones sucesivas hasta ser degradadas por los bioreductores (bacterias y hongos) en alimentos inorgánicos, que las plantas nuevamente utilizan, reintegrándolos así en este ciclo sin fin (Fig. 3).

Dos fenómenos, el de *producción* o síntesis de nueva sustancia orgánica y el de *regeneración* o recuperación de los desechos, son las dos funciones básicas de todo ecosistema terrestre o acuático, al cual otorgan el característico sello de microcosmo autogobernado y autárquico (Fig. 4).

En cuanto a sus componentes, suelen diferenciarse el *biótopo* o lugar de vida, conjunto de todos los elementos inanimados, y la *biocenosis* o comunidad de vida, que comprende todas las poblaciones animales o vegetales que habitan un determinado biótopo. Ambos, biótopo y biocenosis, están indisoluble y mutuamente integrados, y su separación no es sino una artificiosa abstracción mental, hecha más bien por comodidad didáctica.

El estudio del ecosistema puede abordarse, de acuerdo a los tres enfoques implícitos en nuestra definición de ecología, por su estructura, función y organización. Estos aspectos marcan al mismo tiempo verdaderas etapas consecutivas del conocimiento científico, análogas en la evolución de la mayor parte de las ramas biológicas.

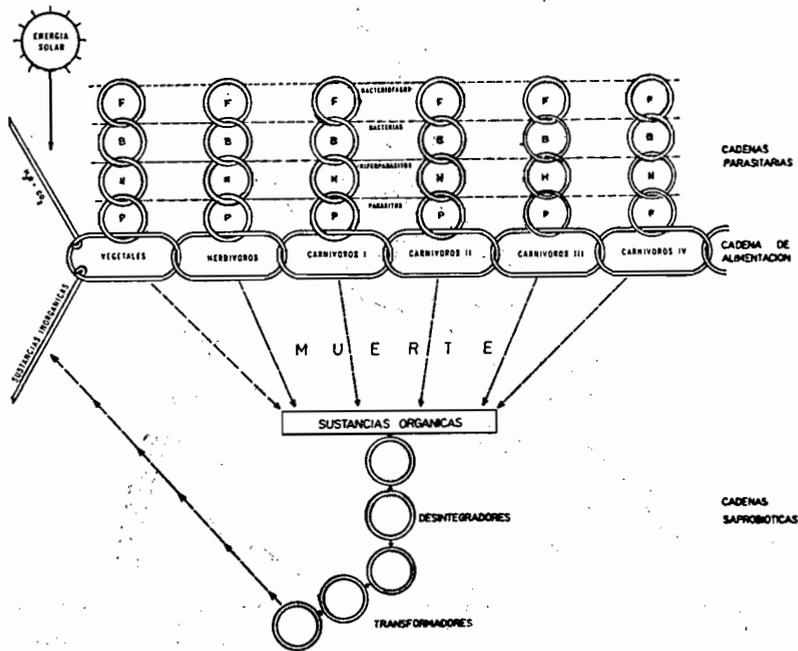


FIG. 3: Entrelazamiento de cadenas biológicas mostrando la dependencia, y por lo tanto la solidaridad, entre todos los elementos de un ecosistema. La energía se transmite por las cadenas a través de los choques entre diferentes especies (presas y depredadores, huésped y parásitos, etc.). La ruptura de un solo eslabón provoca una serie de reacciones en cadena, que repercuten sobre todos los integrantes de la comunidad. Incluso la enfermedad no es sino una ruptura del equilibrio entre un organismo superior y las especies convivientes, que se escalonan en las cadenas parasitarias; dicho desequilibrio se ve favorecido a menudo por un deficiente aporte de energía a lo largo de la cadena de alimentación (Original).

El aspecto estructural del ecosistema presupone investigaciones algunas veces analíticas, aun cuando deban desecharse las simples descripciones estáticas de situaciones actuales, como no consonantes con el método ecológico. Consiste, por ejemplo, este enfoque, en señalar las principales acciones del medio físico sobre los organismos animales y vegetales o, por otra parte, en eviden-

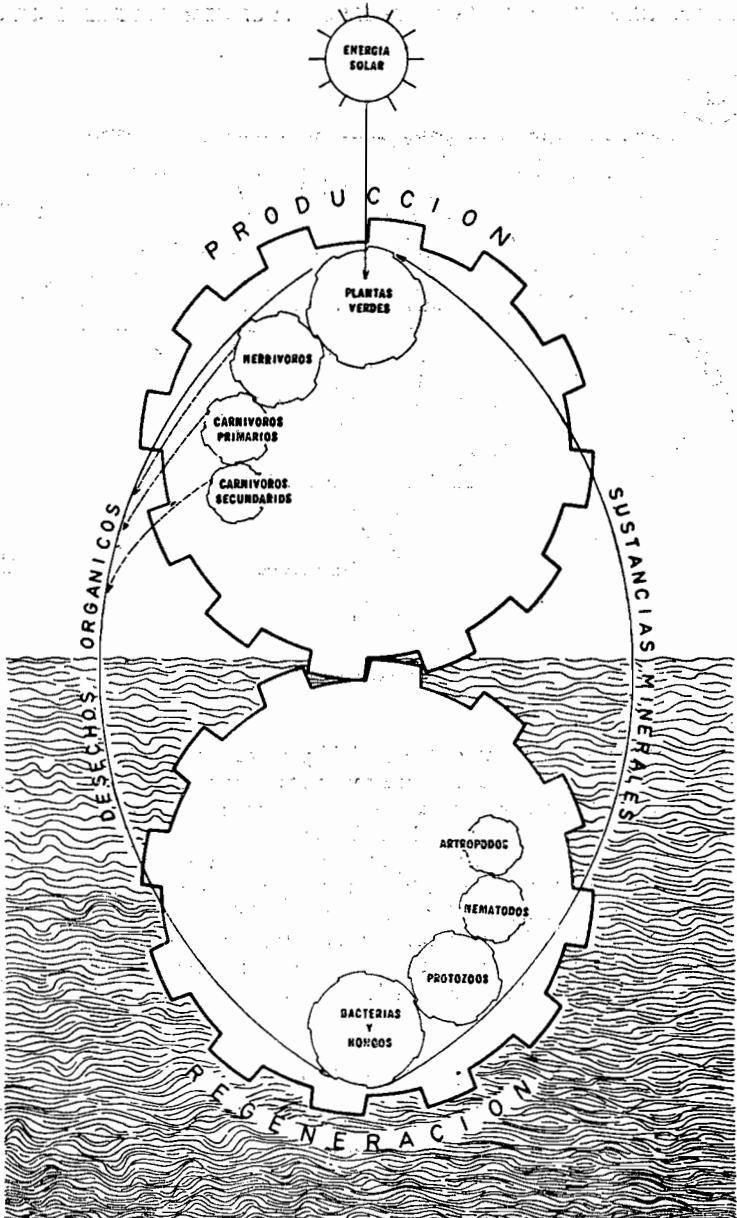


FIG. 4: Engranaje y correspondencia recíproca entre la *producción* de los ambientes superiores y la *regeneración*, que se realiza en el interior del suelo. Las ruedas dentadas simbolizan las productividades (Original).

ciar como la presencia y actividad de los seres vivos *reacciona*, modificando a su vez las condiciones abióticas del ambiente. Su principal objeto reside, sin embargo, en el estudio de la composición en especies e individuos de las comunidades de vida, destacando las *coacciones* y la perenne lucha por la existencia de todos sus integrantes, su evolución desde formas primitivas a sistemas cada vez más complejos, los efectos de las *tradiciones* históricas y geológicas, su resistencia frente a las influencias extrañas y una serie de otras facetas que revelan en todo momento el dinamismo y el constante devenir de las asociaciones biológicas, concepto muy alejado de la visión estática de muchos naturalistas del siglo pasado e incluso de algunos humanistas contemporáneos.

El elemento básico de todo trabajo estructural sobre el ecosistema es todavía la *especie*. Queremos insistir sobre esto, con cierto sentido polémico, ya que en la actualidad numerosos biólogos latinoamericanos, en parte desarraigados del fecundo substrato naturalista, tal vez por el influjo de las ciencias médicas en sus primeras etapas formativas, tienden a menospreciar los estudios de clasificación de las especies animales o vegetales, la taxonomía, como actividades más propias de coleccionistas aficionados. En realidad, la especie no es una entidad morfológica estática, destinada simplemente a ser conservada en alcohol o perforada por un alfiler, sino un complejo dinámico que refleja un momento de una etapa evolutiva; un complejo dotado de formas de reaccionar muy peculiares que le hacen asumir, dentro de los engranajes de un sistema ecológico, una función bien definida y absolutamente *específica*. Dado que el funcionamiento global dependerá también de la actividad de cada una de las partes, vale decir, en este caso, de cada una de las especies presentes, se deduce claramente que el exacto conocimiento de ellas es imprescindible para una evaluación estructural y aun funcional del ecosistema. Al respecto, es menester llamar la atención sobre la frecuencia con que trabajos

ecológicos de real envergadura en sus propósitos iniciales, se malogran por una deficiente identificación del material faunístico y florístico de base. En suma, para analizar la estructura de una biocenosis, será extremadamente útil que el ecólogo sea también un buen taxónomo o, por lo menos, posea precisas concepciones del sentido moderno de la especie.

En lo que se refiere al *aspecto funcional* del ecosistema, la finalidad básica corresponde al estudio de la intensidad y dirección del flujo de energía en sus fases repetidas de transformación y de transmisión a través de los organismos que integran las cadenas de alimentación, los nexos tróficos de la comunidad. Así, cada asociación vegetal podrá caracterizarse por determinados valores de eficiencia fotosintética en la captación de la energía solar, cada población animal por su efectividad en la utilización de los alimentos recibidos, cada ecosistema —finalmente— por una eficiencia ecológica que le es peculiar en el aprovechamiento global de la canti-

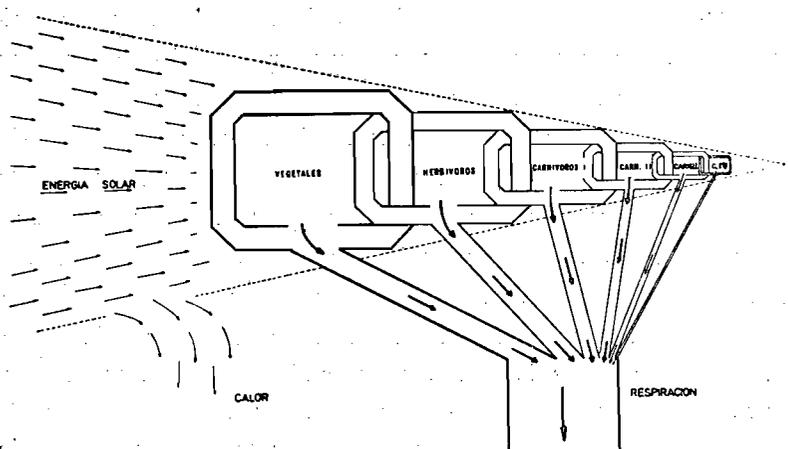


FIG. 5: Dispersión de energía en cada eslabón; desde el punto de vista funcional, la cadena se transfigura, por lo tanto, en una pirámide de energía. Mientras más cerca de la base se ubique la población humana, por ejemplo, por un hábito alimentario prevalentemente herbívoro, mayor será el flujo de energía y, por consecuencia, el rendimiento global en calorías que recibirá (Original).

dad de luz que ha actuado directa o indirectamente sobre los componentes de la biocenosis o, dicho de otra manera, por la entidad de la dispersión total de energía que cada transferencia de un nivel a otro ha ocasionado (Fig. 5).

Las investigaciones sobre eficiencia de captación y de transformación constituyen, por lo tanto, el substrato necesario para apreciar la productividad de los ecosistemas naturales o intervenidos por el hombre. Sobre este punto cabe señalar que, mientras el enfoque estructural discutido anteriormente es por esencia diversificador, el estudio funcional tiende a reconocer analogías entre los distintos ecosistemas; así por ejemplo, la eficiencia y la productividad primaria del desierto es comparable a aquella de las zonas oceánicas, del mismo modo como pueden homologarse estepas o sabanas con aguas litorales, praderas o bosques con lagos, terrenos de agricultura intensiva con ecosistemas situados en la desembocadura de ríos, etc. (Fig. 6).

Si el ecólogo, al abordar un problema *estructural*, debe ser principalmente taxónomo para la clasificación específica de los organismos, y estadístico para dar un tratamiento cuantitativo y probabilístico a la dinámica inherente a las comunidades de vida, el trabajo *funcional* requerirá sobre todo fundamentos físicos y químicos y, muy en particular, un sedimentado conocimiento de las leyes de la termodinámica, los mismos principios que rigen el funcionamiento de las máquinas. Por lo demás, las analogías funcionales se extienden a todos los niveles biológicos, desde el intercambio energético a nivel celular o tisular hasta el complejo juego de transformaciones y transmisiones de la energía que se realizan en el mayor de los niveles de organización, la biosfera.

Las tendencias hacia un progresivo sentido generalizante se acentúan ulteriormente en el aspecto que corresponde a la etapa más reciente de la ciencia: el estudio de la *organización*, del *orden* de un sistema. Puede fundamentarse conceptualmente este enfoque

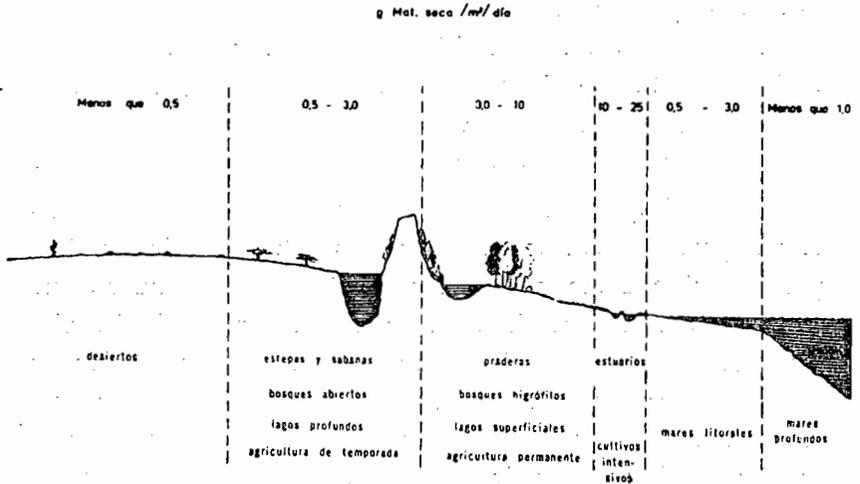


FIG. 6: Productividad primaria en diferentes ambientes, desde los desiertos terrestres hasta los *desiertos* acuáticos de las profundidades marinas (Odum, 1959, modificada).

en la consideración de que en un sistema ecológico, como asimismo en todo sistema biológico, físico, técnico y aun sociológico, el todo no corresponde en absoluto a la simple adición de las partes, puesto que cada *parte* será modificada de acuerdo a la naturaleza de los estímulos positivos o negativos que reciba de los otros integrantes del sistema; cada parte, por tanto, tendrá una distinta forma de reaccionar según el tipo de organización en que esté incluida. Este punto de vista es probablemente el que más se ajusta a la estructura del ecosistema, que casi por definición se caracteriza por la multiplicidad y la variedad de las acciones recíprocas.

Más que por el estudio analítico minucioso de cada componente, el ecosistema podrá entonces definirse por la riqueza y complejidad de las *interrelaciones* existentes, en otras palabras, por la abundancia de *comunicaciones* entre los elementos que lo integran o, para utilizar el término específico, por la cantidad de *información*. Muchas de las propiedades de un ecosistema dependerán de

su complejidad, señaladamente la estabilidad, que es una función directa del grado de organización; también en este caso, en forma análoga a lo que acontece en problemas sociales y políticos, el orden y la estabilidad derivan de la diversificación de las funciones y de la intensidad de las comunicaciones, que disminuyen la incertidumbre, aumentando las probabilidades de distintas formas de intercambio entre todos los seres que componen una sociedad de vida.

La cantidad global de información es directamente proporcional al número y a la variedad de las interrelaciones biológicas, y éstas, a la diversidad de especies y de funciones dentro del ecosistema, no ya al número total de individuos presentes. La especie, por lo tanto, ocupa un lugar de privilegio también en los estudios sobre la organización del sistema ecológico, que aportan un punto de vista original al viejo problema de esclarecer la estructura de la naturaleza. Estos conceptos marcan, en efecto, el resurgimiento de las investigaciones estructurales, no entendiéndose ya la estructura en forma analítica como desmembramiento o disección de todos los elementos, sino como una entidad esencialmente unitaria para poner en evidencia las leyes generales determinadas por los lazos de unión sociológica. En este sentido, la organización no es sino una consecuencia de la estructura.

Es interesante destacar que también las ciencias físicas están viviendo el auge de esta etapa, que con un neologismo podríamos designar de *neoestructural*, después del largo período de investigaciones funcionales sobre la transformación de energía por las máquinas. Es sugestivo observar cómo los términos de transmisión y procesamiento de la información, de retroalimentación, de comando y otros con que la moderna ingeniería nos ha familiarizado, se estén expandiendo a muchos campos de las ciencias biológicas, además de la neurobiología y de la ecología.

Para investigar la organización en la estructura del ecosistema,

el ecólogo deberá contar como disciplina fundamental con la *teoría de la información*, tal vez el principal pilar matemático y conceptual de la cibernética; mediante esta teoría, y en particular a través de los índices de diversidad, podrán enfocarse problemas ecológicos inherentes a la estabilidad de una biocenosis, a su grado de evolución y de madurez, a la diversificación alimenticia de sus componentes, etc. Conocidas las bases de la organización en un sistema natural, el ecólogo tendrá en su poder algunos elementos para tratar de realizar un modelo físico simplificado de él, en que las reales analogías primen sobre las simples semejanzas, en que lo imprevisible de la vida también esté presente y actuando en la máquina. La importancia de estos modelos, que están apareciendo con progresiva frecuencia especialmente para ecosistemas acuáticos, no será sólo de carácter teorizante, sino que con ellos podrá llegarse a dilucidar y predecir en forma experimental el comportamiento de un ecosistema natural.

El énfasis preferente, otorgado a la estructura o a la función, respectivamente, influye también en la interpretación de las comunidades y sistemas de vida. Algunos autores tienden a reconocer en la *biocenosis* la verdadera unidad de los estudios ecológicos, concediendo la máxima importancia a la vida y a sus manifestaciones estrictamente biológicas, a las interrelaciones y dependencias entre las especies y a las leyes que las rigen; no sería difícil evidenciar en ellos ciertas influencias de la gran tradición estructural de la ciencia alemana, y tal vez de conceptos filosóficos idealistas. Otros, para los cuales el *ecosistema* representa una realidad funcional insustituible, realzan más bien el flujo de los caminos energéticos en la naturaleza, que atraviesan series de organismos como también fases inanimadas, en una única unidad de materia hecha energía.

A nuestro entender, esta discusión resulta estéril y este dualis-

mo sólo aparente, dado que de la estructura dependerá la función del ecosistema, su eficiencia ecológica en la transformación de la energía y su productividad, así como, recíprocamente, una pequeña porción del flujo energético permitirá la transmisión y el procesamiento de la información que regula la organización estructural del ecosistema y que consiguientemente ordena también el ritmo de la corriente de energía. Autosuficiencia y autogobierno, debido a la constante interregulación de estructura y función, o mejor dicho, a la identificación de ambas, definen la organización del ecosistema, que, por lo tanto, obedece plenamente a los principios de la cibernética, "la ciencia del control y de las comunicaciones".

En cuanto a las posibilidades para el estudio de los ecosistemas en Chile y en América Latina, diremos sin ambages nuestra opinión sobre la oportunidad de limitarse por el momento a trabajos elementales, pero básicos, referentes a la estructura de las biocenosis y a los caracteres de sus componentes, las especies. En este sentido, investigaciones ecológicas y estudios taxonómicos sobre identificación de especies animales y vegetales deben estar imprescindiblemente aparejados. Estos antecedentes podrán constituir el substrato para las primeras generalizaciones sobre la organización, la estabilidad y las afinidades de los distintos sistemas ecológicos. Los enfoques funcionales, relativos a nuestros ambientes, son todavía prematuros en la mayoría de los casos, aun cuando constituyan actualmente la línea más seguida en los países de mayor adelanto científico. En efecto, si la diferenciación de los estudios ecológicos en tres facetas (estructura, función y organización) resulta en su esencia un poco artificiosa, sin duda refleja etapas cronológicas e integradas del saber, cuya trayectoria puede acelerarse, pero cuyos primeros eslabones no pueden omitirse, pues constituyen un conjunto de conocimientos básicos y de tradiciones nacionales imposibles de importar.

DINAMISMO Y EVOLUCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE VIDA

Hemos señalado anteriormente que los sistemas ecológicos no son entidades estáticas y, bien por el contrario, están sujetos a procesos de constantes transfiguraciones, que los hacen evolucionar desde formas simples y primitivas a estructuras cada vez más complejas y perfeccionadas. En una sucesión ecológica, desde la etapa pionera hasta la comunidad madura (o *clímax*), en armónica relación con la situación ambiental dominante, se suceden en el tiempo numerosas asociaciones distintas, cada una de las cuales lleva intrínseco en su desarrollo el germen que le impide perpetuarse; sin embargo, cada asociación ha creado, al momento de desaparecer o de transformarse, las condiciones de existencia adecuadas para que la etapa siguiente pueda desarrollarse. Este fenómeno de auto-destrucción, que permite el desenvolvimiento de formas cada vez más evolucionadas y especializadas, muestra similitudes con algunos procesos biológicos a escala individual, especialmente embriogénéticos.

Al respecto, impresionan hondamente, desde un punto de vista conceptual, las semejanzas y a veces las analogías que se observan en el desarrollo, enfocado a nivel del individuo, del sistema ecológico y de las sociedades humanas, como si las mismas leyes de organización pudiesen proyectarse a diferentes escalas de complejidad, en forma semejante al discutido paralelismo entre ontogenia o desarrollo de un individuo y filogenia o evolución del grupo zoológico a que éste pertenece.

En el camino hacia una etapa de madurez y de equilibrio a que aspira toda sociedad viviente, sea en forma consciente o mediante mecanismos de autorregulación, el ecosistema va manifestando una progresiva intensidad de algunos fenómenos: aumenta el número de especies y con ello la variedad de nichos ecológicos o funciones (léase también profesiones); por el consecutivo incre-

mento de las interrelaciones, se enriquecen las comunicaciones y el patrimonio global de información (o entropía negativa) que circula en el ecosistema; dado que la cantidad de comunicaciones y la diversificación de las funciones son el presupuesto biológico de la estabilidad, tenderá a desarrollarse también un mayor número de mecanismos homeostáticos, cada vez más variados y perfeccionados, que constituyen el automatismo de la biocenosis destinado a mantener o restablecer el equilibrio. En un ecosistema que evoluciona hacia la estabilización, disminuyen progresivamente, hasta desaparecer casi por completo, los fenómenos de migración y sobre todo de emigración, muchos de los cuales representan un signo de desequilibrio entre las especies componentes.

Desde el punto de vista energético, el *progreso* del ecosistema se acompaña por una mayor eficiencia ecológica de todos sus integrantes, es decir, por una creciente especialización en el aprovechamiento de la energía y de la materia, lo que permite contrarrestar, por lo menos parcialmente, las pérdidas por la dispersión de energía en las transferencias, que al aumentar la complejidad son cada vez más numerosas. Además, dada la cantidad creciente de consumidores, materia y energía deben ser utilizadas casi íntegramente por los miembros de la comunidad, con escasas posibilidades de exportación hacia otros ecosistemas o hacia el hombre. Es así como, junto con la autorregulación o autogobierno, se adquiere también la autosuficiencia.

Pero el ecosistema en evolución puede asimismo desembocar a una etapa de decadencia y de senectud, consecuencia última de los mismos procesos que lo han encaminado a la madurez y al desarrollo armónico de todos sus componentes. En efecto, el exceso de especialización y la extremada complejidad traen aparejada la pérdida de la plasticidad, lo que impedirá adecuarse, por ejemplo, a los cambios climáticos o bien resistir el embate y la penetración paulatina de las especies más recientes, por esencia plástica, y por

lo tanto potencialmente invasoras y dominadoras de muy distintos ambientes. Al admirar el plácido aspecto de un paisaje natural, pocos sospecharían que esto también es el resultado y la simple fisonomía actual de una secuencia de *luchas* entre distintas comunidades: algunas pugnando para alcanzar su pleno desenvolvimiento, otras tratando de mantener el *clímax* obtenido después de tantas etapas; unas pocas, finalmente, persistiendo como lábiles relictos de otras épocas.

En esta visión de conjunto de la evolución de las comunidades biológicas, destacan fácilmente las similitudes con las sociedades humanas, tanto es así que nuestro lenguaje, al abordar estos problemas naturalistas, podría aun ser tachado de antropocéntrico. Recíprocamente, estimamos que una terminología de tipo netamente ecológico podría aplicarse sin grandes dificultades a fenómenos sociales e históricos humanos, sin que con esto queramos realmente preconizar su introducción, interesándonos sólo realzar aún más las semejanzas existentes. Así, una sociedad en la etapa de completo desarrollo de todas sus actividades, alcanzada por igual a partir de diferentes fases iniciales, constituiría un *clímax*; así existirían también algunos sectores, en que por factores circunstanciales o locales este desenvolvimiento no haya podido todavía conseguirse plenamente (*preclímax*), o viceversa, otros en que por causas opuestas el ritmo de avance haya sido anormalmente superior (*post-clímax*). De la misma manera, el *disclímax*, comunidad intervenida por el hombre, mostraría análogas facetas de simplicidad y de inmadurez, ya que la explotación por el hombre, en los ecosistemas o en las sociedades humanas, obstruye o por lo menos retarda el camino hacia el equilibrio, la autarquía y la armónica organización estructural. Finalmente, también el perenne devenir de la historia humana y el ritmo de sus civilizaciones, los "cursos y recursos históricos" de la filosofía de Vico, tienen su correspondencia en fenómenos de la ecología histórica, la paleoecología, sobre

todo en los ritmos de expansión y retracción de las grandes comunidades vivientes, los biomas, de acuerdo con las pulsaciones cíclicas del clima en las eras pasadas.

EL CONCEPTO DE EQUILIBRIO EN ECOLOGÍA

El concepto de equilibrio del ecosistema, similar a la homeostasis del organismo para los fisiólogos, es el motivo que se repite con mayor frecuencia en los estudios ecológicos.

Ya hemos debatido bastante ampliamente el enfoque fundamentado en la teoría de la información, según el cual el equilibrio, la estabilidad de un ecosistema, es consecuente y de hecho sinónimo a su madurez, a su grado de diversidad dado por la variedad de especies y de funciones, a su complejidad, a la riqueza de interrelaciones o comunicaciones y a la cantidad de información, que limita la incertidumbre de posibles cambios biocenóticos.

Sólo una comunidad en que se realicen estos presupuestos podrá resistir con éxito las influencias perturbadoras del ambiente, sólo en un sistema equilibrado el consumo de energía de parte de todos sus componentes será económico. Algunos procesos biológicos, primero entre ellos la formación de humus (*humificación*), de importancia primordial para la conservación de los suelos, se desarrollan casi exclusivamente bajo condiciones de homeostasis en la biocenosis.

Pero el concepto de equilibrio, un estado por cierto eminentemente dinámico, se proyecta en ecología con múltiples otros sentidos: equilibrio de la comunidad de vida con los elementos climáticos, que dirigen y amoldan su evolución hacia la madurez o *climax*, permitiendo incluso su reconstitución después de una fase de destrucción; equilibrio entre el *potencial biótico* o posibilidad máxima de desarrollo de una especie y la *resistencia ambiental*, que comprime esta expansión hasta límites compatibles con la existencia de los otros seres de la asociación; equilibrio en el

número total de individuos de una población determinada, fluctuante alrededor de la asíntota de la curva de crecimiento, que representa la capacidad máxima del ambiente y su nivel de saturación frente a esta especie; equilibrio en la distribución por edades y por sexos dentro de una población; equilibrio —finalmente— entre los parásitos y su huésped, como también entre los depredadores y sus presas, debido a la interdependencia de las respectivas densidades y muchas veces a la especificidad de estas interrelaciones. Aun el enfoque ecológico que puede darse al problema de la *enfermedad* se fundamenta en un equilibrio, en una verdadera balanza entre el organismo y los agentes patógenos, que puede inclinarse hacia uno u otro platillo por influencias ambientales.

Frente a la estabilidad del ecosistema y a los juegos de equilibrio en la composición de las especies, de las edades y de los números de individuos, el hombre resulta ser el principal factor perturbador, en forma consciente y aun involuntaria, pues, dada la solidaridad biológica que liga todos los integrantes del ecosistema por el engranaje de las distintas funciones, es suficiente intervenir a nivel de un solo eslabón de una cadena de alimentación, por muy secundario que parezca, para que el funcionamiento global de toda la comunidad se vea resentido.

La inmensa mayoría de las acciones del hombre sobre la naturaleza presenta este típico rasgo de perturbación; algunas acciones directas, como el fuego que destruye formaciones forestales y favorece el avance de la erosión, la caza y la pesca excesivas que han producido la extinción casi absoluta de numerosas especies, la agricultura irracional que ha lesionado en forma irreversible el patrimonio biológico de muchos suelos; otras indirectas, a través de los animales domésticos que degradan praderas y estepas naturales, o de las especies silvestres introducidas por el hombre, por lo general muy agresivas, que desplazan con facilidad fauna y flora autóctonas, favorecidas en esto por la ausencia de sus contralores na-



1. Una dilapidación de Chile: el incendio de bosques en la ribera de ríos, lo que afecta al mismo tiempo la conservación del suelo (erosión) y de las aguas (inundaciones, embancamientos, etc.).



5. Una fútil barrera puesta por el hombre frente al avance de las dunas hacia fértiles terrenos del interior.



6. La cabra, el mejor aliado del hombre en la destrucción de la vegetación natural y el *progreso* de la erosión:



7. Una conjunción de *dilapidaciones* en el Norte Chico: del patrimonio social, por condiciones subhumanas de existencia; de la vegetación, por sobrepastoreo de cabras; del suelo, por erosión irreversible.

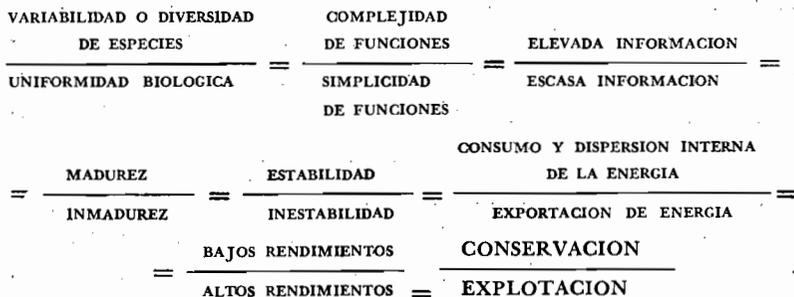
turales. Las consecuencias de la introducción de algunas parejas de conejos en Australia y en Tierra del Fuego permiten ilustrar claramente los gravísimos perjuicios económicos, derivados de un hecho que en sí mismo aparecía del todo inofensivo.

Una intervención que en los últimos años está ampliando explosivamente su esfera de acción, paralela al desarrollo de la industrialización, es la polución de los ambientes naturales con productos químicos extraños: aguas servidas de las ciudades o residuos de fábricas, que no hayan sido sometidos previamente a procesos de decantación y oxidación. En el mismo sentido, consideramos también el uso indiscriminado de herbicidas y de insecticidas, cuyo empleo masivo se debe en parte a la necesidad de incrementar la productividad agrícola, pero además a la intensa y a veces irresponsable propaganda de algunas industrias químicas. Es muy reciente la alarma causada en la opinión pública de Estados Unidos y de Europa por la utilización inespecífica de estos productos, mediante fumigaciones a escala regional, ya que ellos no solamente destruyen insectos dañinos, sino también organismos útiles tales como los polinizadores, las abejas, una parte de la fauna del suelo, los hiperparásitos que controlan biológicamente muchas plagas y, más adelante, las aves insectívoras o los peces que ingieran individuos intoxicados. A través de la contaminación de las praderas y de su absorción por los animales domésticos, estas sustancias químicas llegan hasta los tejidos humanos, con consecuencias difíciles de evaluar en el momento actual, pero sin duda temibles dadas las condiciones cancerígenas de algunas de ellas.

Sobre la naturaleza el hombre interviene como elemento superdominante, haciéndole adquirir un aspecto cada vez más antropógeno, puesto que, gracias a su superior poder intelectual e imaginativo, actúa con una mayor continuidad y multiplicidad de formas respecto a cualquier otra especie animal; lamentablemente, estas cualidades están acopladas también con un ciego sentido de la

destrucción, evidente sobre todo en los individuos más jóvenes o en los pueblos de escasas raigambres naturalistas, con un orgullo desmedrado en la superioridad de la condición humana y con la inconciencia, el verdadero hipnotismo, de creer indefinidamente inagotables los recursos naturales.

Sin duda, muchas de las acciones del hombre sobre el medio natural son innecesarias y evitables; sin embargo, nosotros estimamos que en la evolución de la civilización humana, desde los primeros momentos en que el hombre no era sino un integrante más de un ecosistema, sin particular agresividad hacia los otros componentes vegetales o animales, la progresiva intervención y degradación de las comunidades naturales constituye una etapa absolutamente ineludible. En efecto, si de un lado los ecosistemas tienden naturalmente al equilibrio y a la complejidad, por otra parte sólo un ecosistema simplificado tendrá la posibilidad, a pesar o incluso gracias a su inestabilidad, de exportar energía y, por lo tanto, de ser útilmente explotado por el hombre. La secuencia de equivalencias, que damos a continuación sobre la base de ideas expresadas en párrafos anteriores, aportará tal vez una mayor clarificación y esquematización a estos conceptos, aplicados a una biocenosis o comunidad de vida.



Se desprende de las relaciones anteriores que, implícita al concepto de explotación de los recursos naturales por el hombre, está

también la necesidad de tender a la uniformidad de las especies y a la simplificación de las funciones, en otras palabras, de volver el ecosistema a un estado de inmadurez.

A este propósito, si un *conservacionismo* integral no pasa de ser una posición utópica, pues a ella se opone la ola creciente de los requerimientos humanos, debemos también entender con suma claridad que el exceso de explotación, o la productividad conducida a sus extremas posibilidades, lleva siempre consigo la disminución de los mecanismos naturales de defensa del equilibrio y el establecimiento de asociaciones muy frágiles frente a cualquier cambio climático o biológico (fitófagos, parásitos, etc.); a la postre, el hombre puede incluso enfrentarse con la imposibilidad de controlar las fuerzas naturales y de orientar el flujo de energía y, por ende, la productividad biológica, hacia sus finalidades.

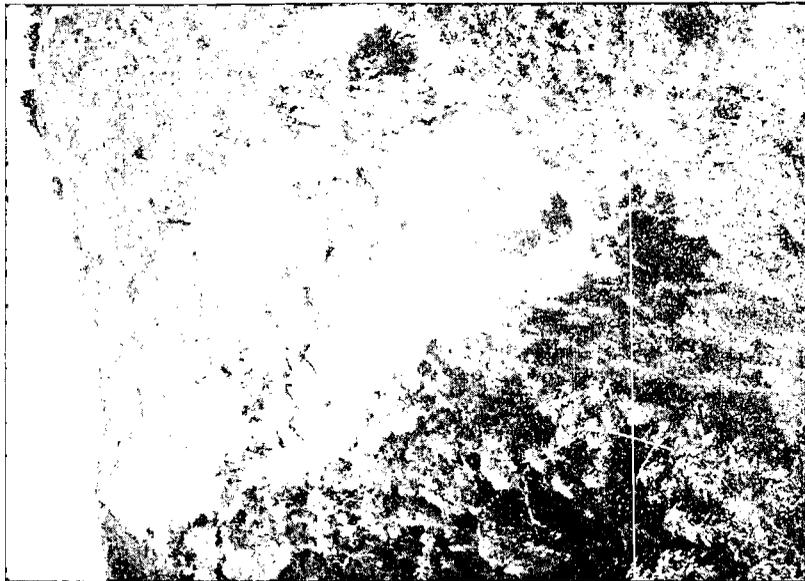
También frente a este dilema será menester sustentar un justo sentido de las proporciones y del equilibrio, aspirando a una *explotación conservadora* y previsoras que sepa renunciar voluntariamente a los vértices extremos de producción, con tal de respetar los mecanismos mínimos para la estabilidad y así proyectar a más largo término las posibilidades de aprovechamiento de los recursos; utilizando un sencillo lenguaje económico, una explotación que mire al uso y al incremento de los intereses, más que a la dilapidación y a la destrucción irreversible del capital, representado en este caso por el suelo y las aguas con su patrimonio de plantas y animales.

El problema de la mantención del equilibrio biológico es particularmente importante en Chile, ya que, por la extremada labilidad de las asociaciones chilenas —derivada de la especialización y del carácter relictos de fauna y flora autóctonas— y al mismo tiempo por el irresponsable afán destructivo del hombre *introducido*, en pocos países es dable observar una semejante extensión e intensidad de los fenómenos de degradación irreversible de los recursos;

los bosques se están implacablemente acabando con escaso aprovechamiento, y con un ritmo que permite pronosticar un desierto a plazo relativamente breve, la mayoría de las especies autóctonas está en vías de extinción, praderas y estepas naturales se están agotando por sobrepastoreo, y finalmente, consecuencia última de estos desequilibrios, la erosión está amenazando la mayor parte del territorio nacional. La misma sobrevivencia de Chile requiere en forma impelente la adopción de medidas de conservación, con énfasis principal en el aspecto cultural para inculcar una *conciencia naturalista* en las masas y en las autoridades, sensibilizándolas así a estos problemas. Además, el avance de la agricultura no debe oponerse en ningún caso al respeto y a la multiplicación de las áreas protegidas o parques nacionales, en que las especies autóctonas puedan mantenerse o refugiarse, constituyendo verdaderos contingentes de variabilidad biológica, capaces de expandirse en forma centrífuga para recolonizar y restablecer el equilibrio en los territorios devastados por el hombre.

NIVELES DE INTEGRACIÓN EN ECOLOGÍA

El conocimiento integrado de un problema ecológico presupone una serie de etapas complementadas e interdependientes; así por ejemplo, será necesario un *nivel histórico*, en que se destaquen las influencias de eventos geológicos o del sentido de la evolución sobre las actuales comunidades de vida; un *nivel bioclimatológico*, para estudiar los efectos del clima sobre los organismos vivos; un *nivel sinecológico*, que tenga presente la estructura y la dinámica de las comunidades así como sus relaciones con el ambiente inanimado; un *nivel autoecológico*, para evidenciar la forma de reaccionar de cada especie en particular; y un *nivel industrial*, que concierne a las modificaciones provocadas por la intervención humana sobre la naturaleza en la época actual o en períodos anteriores.



8-9. Arcaicas especies chilenas, en etapa de decadencia: a la izquierda, la palma (*Jubaea chilensis*); a la derecha, el pehuén (*Araucaria araucana*).



10-11. Una esperanza de Chile: la agricultura de desierto. Efectos del agua en el desierto interior (foto superior); el permanente depósito hídrico, representado por la neblina costera (foto inferior), que el hombre puede captar para sus fines.



Partiendo de estas premisas basadas en los trabajos de Dansereau, nos ha parecido conveniente adoptar para las investigaciones ecológicas una metodología inspirada en niveles de integración, cronológicamente sucesivos, de manera que los conocimientos adquiridos en las primeras etapas constituyan el substrato indispensable para la planificación y el desarrollo de las siguientes. Esto es válido sobre todo para países de escasas tradiciones científicas, donde una investigación a largo plazo obliga a abordar todos los eslabones progresivos del conocimiento, desde los más elementales.

Para otorgar un orden de dependencia y de prioridad a nuestros trabajos, reconocemos los siguientes cuatro niveles de integración:

1. *Nivel histórico o de recopilación.* Consiste en la búsqueda previa de los datos existentes sobre la zona o el problema que se quiere analizar. Esta etapa, aparentemente fácil y expedita, se complica en Chile por la falta de una adecuada organización de las bibliotecas científicas y por la desconexión con el ambiente local que ha caracterizado muchas de las investigaciones naturalistas realizadas desde el siglo pasado, de tal manera que gran parte de los resultados no ha aparecido en Chile ni aun en idioma castellano, sino en muy variadas publicaciones extranjeras, en especial alemanas. Un enfoque crítico debe uniformar esta revisión, sobre todo con relación a los trabajos más antiguos, imbuidos de diferentes principios científicos.

2. *Nivel de prospección.* Esta etapa, principalmente de estudios en el terreno, es a nuestro entender la más importante, pues solamente ella permitirá adquirir la *visión de conjunto* necesaria para proyectarse con fundamentos a la experimentación particularizada y a la aplicación. En el curso de este nivel, el ecólogo se familiarizará con los distintos aspectos fisonómicos de las asociaciones biológicas, evaluará los factores limitantes que definen cada situación

y procederá a una serie de mediciones y de muestreos (plantas, animales, rocas, suelo, etc.), cuya elaboración requerirá posteriormente un largo período de trabajos de laboratorio, sobre todo para la identificación de las especies presentes. Aún cuando un enfoque cualitativo sea posible, sin duda deberá primar el punto de vista cuantitativo, que aportará datos suficientes para determinar la estructura de una biocenosis y la densidad de sus componentes, evidenciar las especies dominantes y, por lo menos, obtener una visión aproximada de la productividad potencial de los diferentes ecosistemas.

3. *Nivel experimental o de comprobación.* Durante el desarrollo de la etapa precedente, suelen surgir numerosas dudas que se traducen en hipótesis de trabajo; algunas de ellas podrán dilucidarse mediante prospecciones más acuciosas y mejor definidas, pero sólo la experimentación entrega por lo general una comprobación concluyente, cimentada en los principios del análisis estadístico. Estos trabajos experimentales pueden realizarse en el campo, por ejemplo, investigando las influencias de distintas prácticas culturales (irrigación, fertilizantes, fumigaciones, pastoreo, etc.) sobre las comunidades naturales del suelo, o bien en el laboratorio, reproduciendo las condiciones ambientales en complejas cámaras climáticas.

4. *Nivel de aplicación o industrialización.* Del conjunto de antecedentes extraídos de todos los peldaños anteriores, derivará el substrato indispensable, sobre el cual podrán racionalmente apoyarse los proyectos para la explotación de nuevos recursos, las sugerencias para mejorar el manejo agropecuario con una correspondencia más armónica a las condiciones ambientales y, en general, todas las aplicaciones que necesiten de una planificación ecológica. Bien entendido, un enfoque económico y sociológico deberá acompañar y complementar las conclusiones biológicas de este nivel.

Una metodología por niveles, así concebida, no es necesariamente peculiar de los estudios ecológicos, ya que se está aplicando con éxito también en investigaciones agropecuarias y podría extenderse tal vez a otros campos de las ciencias biológicas, casi con el sentido de una estructura mental para encasillar y jerarquizar los distintos problemas. Su adopción en forma más intensiva, por lo menos como recurso didáctico, contribuiría probablemente a paliar ciertos vicios frecuentes en algunos ambientes científicos sudamericanos, aunque de ningún modo sólo de ellos característicos. Nos referimos, por ejemplo, a la tendencia de emular las líneas de investigación más en boga en los países de mayor avanzada, sin ponderar el patrimonio previo de estudios básicos que su desarrollo presupone, sin sopesar sus relaciones con el estado de los conocimientos en otras ramas y sus posibles proyecciones para un armónico desenvolvimiento de la cultura científica de un país. Nos referimos también al defecto, tan común en las actividades agropecuarias, de pretender alcanzar una solución inmediata, impelida por la urgencia de algunos problemas, antes de haberse formado una cabal idea de conjunto, y contando con una muy precaria y apresurada fase de investigación.

En síntesis, creemos que estos niveles de integración no sólo representan eslabones sucesivos, imprescindibles en la mayoría de las investigaciones ecológicas, sino también grandes etapas de una tradición científica en este campo, que deben necesariamente cumplirse, so pena de un avance desequilibrado e inseguro. Así como nos resulta inconcebible una investigación superespecializada, si está completamente desarraigada de la realidad científica de un pueblo, también debemos desconfiar de las aplicaciones alcanzadas por el desviado camino de la improvisación o de la especulación, y no por la recta y amplia ruta de la planificación y de la metodología experimental.

PROYECCIONES DE LOS ESTUDIOS ECOLÓGICOS

Dada la amplitud del concepto de *ambiente*, válido para las plantas y los animales superiores, entre ellos el hombre, así como para protozoos, microbios e incluso las poblaciones celulares de un organismo, con similares enfoques de síntesis en el aspecto de la función y de la organización estructural, fácil es comprender por cuál razón principios ecológicos se apliquen en una gama muy vasta de disciplinas, de carácter tan heterogéneo como pueden ser, por ejemplo, la Paleontología y la Virología. Asimismo, no sorprenderá que la Ecología sea incluida cada vez más frecuentemente en el curriculum universitario de carreras que van desde la Medicina humana hasta la Arquitectura, pasando por las Ciencias Naturales, la Pedagogía, la Agronomía y Ciencias Forestales, la Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, las Ciencias Pesqueras, la Sociología, etc.

Considerando que rebalsaría los marcos limitados de esta publicación destacar suficientemente las principales proyecciones de los trabajos ecológicos, nos ceñiremos a ilustrar algunos ejemplos de aplicaciones de la ecología o de su integración con otros ramos de la ciencia.

Tanto en la Medicina del hombre como en la de los animales domésticos, el punto de vista ecológico es importante, no sólo como una de las bases conceptuales al problema de la enfermedad, sino también en los aspectos epidemiológicos y parasitarios, en la estadística demográfica y la higiene ambiental, en la meteoropatología que analiza las influencias del clima sobre el curso de las enfermedades, en el gran campo de las zoonosis o entidades transmisibles de los animales al hombre, en la neurobiología comparada, etc., sin olvidar finalmente las leyes que rigen la dinámica de las poblaciones de bacterias y aun de células cancerígenas.

Junto con la Genética, otra rama provista de un similar sentido generalizante, la Ecología podrá abordar el complejo capítu-

lo de la biología cuantitativa que da principios y modelos matemáticos a las poblaciones de individuos o de genes, a sus fluctuaciones, al juego de competiciones. Juntas podrán también enfocar el apasionante problema de la *evolución*, de la "lucha por la existencia" que ha seleccionado las especies más adaptadas, de los mecanismos que han permitido la fragmentación y el sucesivo aislamiento de líneas filogenéticas de animales y plantas, dando origen a nuevas especies o nuevas variedades en el incesante proceso de *especiación*.

Los trabajos ecológicos pueden también aportar valiosos antecedentes a la historia de la tierra y a la historia del hombre. En el primer caso, el estudio de las adaptaciones morfológicas de fósiles pertenecientes a distintas eras geológicas, de los yacimientos de polen y de la estratigrafía del suelo permitirá al especialista en paleoecología deducir las propiedades y la cronología de los climas y de los ambientes del pasado, basándose en el postulado de que los organismos vivientes siempre han tenido una misma forma de reaccionar frente a los estímulos del medio y, por lo tanto, una misma dirección en los mecanismos adaptativos. En cuanto a la historia de la humanidad, tantas veces reducida a una simple secuencia de fechas de batallas o de pactos, el enfoque ecológico tomará en consideración otras causas: por ejemplo, los fuertes períodos de sequía en las estepas asiáticas, que desencadenaron numerosas migraciones o "invasiones bárbaras" hacia el Imperio Romano; la erosión y desertificación progresiva, que coincidieron con la decadencia de las civilizaciones asiro-babilónica y griega, como también de todas las culturas sudmediterráneas; las condiciones climáticas que agravaron las consecuencias de la guerra de los Cien Años; los cambios de clima, que permitieron la colonización de Islandia, Groenlandia y de las costas norteamericanas, y así sucesivamente. La influencia del ritmo de los climas en nuestra historia y tal vez en nuestro devenir, es innegable.

Incluso frente a las nuevas condiciones resultantes del progreso de la era atómica y de los posibles viajes interplanetarios, la ecología se ha situado con dos nuevas especialidades: la *radioecología*, que analiza el poder de concentración de determinadas asociaciones u organismos respecto a los radioisótopos ambientales, y la *ecología cósmica*, que evidencia las respuestas de especies animales y vegetales de la tierra, y las modificaciones de sus metabolismos, frente a estímulos físicos y químicos extraterrenos (pérdida de la gravedad, radiaciones, etc.).

A pesar de la trascendencia de algunas de las líneas de trabajo señaladas anteriormente, consideramos que ellas no representan en su mayoría sino simples caminos paralelos, puesto que los estudios ecológicos parecen confluír naturalmente hacia dos grandes campos, a los cuales otorgaremos mayor énfasis en esta discusión: la utilización de los recursos naturales y el aspecto formativo.

A. *Utilización de los recursos naturales*

El problema del mejor aprovechamiento de nuestros recursos, ya sea de zonas actualmente en explotación, como también de aquellas vastísimas áreas desérticas, tropicales y montañosas, cuyo aporte para el hombre es ahora casi nulo, corre paralelo con el alarmante fenómeno de crecimiento ilimitado de la población humana, en consideración de que, al mantenerse las actuales tasas de natalidad y mortalidad, la producción de alimentos vegetales debería aumentar en un 100-150% y de los de origen animal en un 200-300% en los próximos 30-40 años, si se quiere alcanzar un satisfactorio nivel de nutrición para la humanidad. Es evidente que el estado actual de la agricultura, de la ganadería y de la pesca no permite sustentar la ilusión de un semejante desarrollo a breve plazo, a menos que se adopten nuevas medidas que al presente podrían aparecer revolucionarias e incluso utópicas.

Frente a este problema, caben dos alternativas o posiciones ex-

tremas, que podríamos designar con los términos de *Artificialismo* y de *Naturalismo*. La primera posición, impregnada de una visión antropocéntrica, que conduce a una verdadera deificación del hombre todopoderoso, consiste en afirmar que el avance científico y tecnológico permitirá obtener en el tiempo productividades indefinidamente superiores, mediante procesos semindustriales que prescindan casi en absoluto de los factores ambientales. Desde este punto de vista, el hombre proyectaría e impondría implacablemente la condición humana sobre la naturaleza, cuya fisonomía resultaría de esta manera aniquilada, carente de una forma original de estructurarse y de reaccionar.

La segunda posición, más receptiva hacia las enseñanzas de la naturaleza, asimila al hombre como parte del ambiente, un integrante por cierto de carácter dominante, que deberá tender a armonizar la productividad con la conservación biológica, como exigencia ineludible de sobrevivencia para la misma raza humana. Empleando un lenguaje biológico, se podría afirmar que las interacciones hombre-naturaleza deben configurarse en una relación simbiótica de mutualismo o de comensalismo más que en un antagonismo parasitario o en una depredación. Otro postulado de esta corriente naturalista es que los recursos biológicos tendrán necesariamente que agotarse, si están sometidos a una explotación que exceda su tasa de renovación, circunscrita ésta por límites definidos que la eficiencia de captación de la energía establece. De consecuencia, junto con fomentar el aumento de la productividad de la biosfera, será menester abordar las medidas de autocontrol de la población humana, ya que el hombre está perdiendo paulatinamente, con el avance de la civilización, las clásicas regulaciones naturales de la guerra, las pestes y la hambruna.

Aun cuando prefiramos rehuir las posiciones extremas, considerando además que el adelanto científico seguramente permitirá obtener en algunos campos rendimientos ahora inconcebibles, nos

parece fuera de discusión nuestra dependencia, para el sustento de la humanidad, de las leyes que rigen los ambientes naturales. Por lo demás, el suelo, los vegetales, los animales, el clima y en general todos los componentes de un ecosistema, lejos de constituir un simple substrato pasivo de la productividad, son de ésta los verdaderos artifices, mediante procesos que en su esencia escapan muchas veces a la comprensión del hombre. Típico ejemplo de esta afirmación es el empirismo, en el sentido peyorativo de este término, que reina en muchos aspectos agrícolas; así, se conoce la composición química del suelo y las consecuencias inmediatas o a breve plazo de algunas técnicas (aradura, abono, irrigación, etc.), pero muy poco se sospecha de las modificaciones que ocurren en la intimidad de las intrincadas biocenosis del suelo, muy poco se sabe de los animales y de los microbios, que son los elementos causales de dichos efectos.

Otro argumento en favor de la tesis naturalista es que, en la captación artificial de la luz solar como fuente de energía, no se han conseguido por el momento rendimientos claramente superiores a aquellos de las plantas, lo que no autoriza la hipótesis de una posible prescindencia progresiva para el hombre de los procesos de fotosíntesis.

Finalmente, una visión hacia el pasado y el presente nos indica que el hombre no ha sabido controlar ni dominar la naturaleza, sino solamente, mecido por la ilusión de que sus recursos son inextinguibles, la ha arrasado con una rapidez a veces directamente proporcional con el grado de avance técnico, y con una secuela de perjuicios irreversibles que recaen sobre él mismo. Estos procesos de destrucción, bien conocidos incluso en las primeras civilizaciones, se han agravado durante los últimos cien años, en que el 28% de las tierras cultivables del globo se ha perdido por erosión.

El rasgo impreso por la humanidad sobre los ambientes natu-



12-13. Esperanzas de Chile: el aprovechamiento, por intermedio de una ganadería extensiva, de la inmensa cantidad de energía potencial contenida en las estepas andinas (foto superior); la utilización agrícola e industrial de plantas autóctonas (foto inferior).





14-15. La fauna del Norte Grande, promesa para el mañana: los auqué-
nidos (foto superior) y las aves guaneras (foto inferior).



rales se exterioriza y se resume por una serie de fenómenos progresivos y autoacelerados: la *simplificación* de los ecosistemas, resultando asociaciones más productivas para el hombre, pero mucho más expuestas a rupturas del equilibrio; la *cosmopolitización* (perdónesenos este feo neologismo), imponiéndose en todo el globo las mismas especies de animales domésticos, de forrajeras y también de malezas, insectos perjudiciales, roedores y otras plagas, con una paulatina decadencia de las especies autóctonas; la *contaminación* del aire, del suelo y de las aguas por los desechos industriales y, con importancia creciente, por los residuos radiactivos de la energía atómica; destacamos incidentalmente que el principal factor limitante para el uso pacífico de esta energía reside tal vez en la imposibilidad de evacuar los radioisótopos presentes en los líquidos de desechos, sin una polución masiva de los ecosistemas.

Todas las modificaciones señaladas tienden a condicionar un estado de persistente inestabilidad de las comunidades de vida, instaurándose con facilidad perturbaciones del balance biológico; en un primer instante, éstas pueden pasar desapercibidas, pero progresivamente, dado el carácter autocatalítico o en círculo vicioso de estos procesos, se llega a cambios brutales e irreversibles. La consecuencia última del cortejo de repetidos desequilibrios es casi siempre la *erosión*; ahora, de que el punto de partida haya sido un mal manejo del suelo y un equivocado sistema de tenencia de la tierra, o bien la introducción de nuevos fitófagos o roedores, el sobrepastoreo, la deforestación, etc., el hombre es constantemente el verdadero responsable, de tal manera que la erosión, hídrica o eólica, siempre debería definirse también como antropógena. Mediante la erosión, el hombre ayuda al clima actual en su obra de progresiva desertificación de fértiles terrenos.

No insistiremos sobre el problema de la erosión, ya que este tema ha sido objeto en Chile de múltiples publicaciones, incluso

con fines de divulgación; sin embargo, nos parece que la opinión pública no ha sopesado aún convenientemente la gravedad de este fenómeno, tal vez el mayor reto para la humanidad en sus posibilidades de expansión. Baste pensar que, en el transcurso de un siglo, 20 millones de km² de terrenos han sido eliminados de la explotación agrícola mundial, mientras en Chile 19 millones de hectáreas, lo que representa más de 60% de la superficie agrícola, sufren diferentes grados de erosión; el problema del hambre tendría otro enfoque, de contar con este "paraíso perdido". El poder erosionante, que es un rasgo de la población chilena, obtenido quizás como herencia de los pueblos mediterráneos, se está evidenciando también en las pequeñas joyas biológicas que constituyen las islas de Juan Fernández y de Pascua; ésta última, particularmente, vive un proceso de literal desaparición por el avance de los fenómenos erosivos a causa de la superpoblación de ganado lanar.

Si en la utilización de los recursos naturales el hombre debe constantemente mirar hacia las leyes biológicas que determinan el funcionamiento y la organización de los sistemas ecológicos, de los cuales estos recursos provienen, y en estos principios inspirarse tal como hemos propugnado en los párrafos anteriores, las profesiones encargadas del aprovechamiento de la naturaleza, es decir, Agricultura, Ganadería, Silvicultura, Pesca y Caza, tendrán primordialmente que compenetrarse de muchos conceptos ecológicos y en particular embeberse en los postulados del *regionalismo*.

De acuerdo a esto, al abordar un problema local, el investigador o el planificador deberá también asumir una actitud adecuada a las condiciones de la región, y obrar en consecuencia, pues todo problema adquiere una distinta forma de presentación y de solución, según los rasgos ecológicos de la zona en que aparezca. Así como la distribución natural de flora y fauna silvestres está regida principalmente por factores bioclimáticos y edáficos, eso es, por el clima y el terreno, también en la selección de plantas y animales

domésticos es preciso escoger, dentro de cada especie o raza, *ecotipos* perfectamente adaptados a la zona, puesto que el patrimonio genético de todo individuo sólo podrá realizarse y exteriorizarse plenamente en presencia de un *optimum* ambiental. Los ejemplos sobre la dependencia del proceso de producción animal y vegetal respecto a las condiciones ambientales podrían multiplicarse a voluntad: así, a cualquier profano resultaría muy fácil comprender que una raza de bovinos lecheros, originada bajo un clima húmedo y uniforme, sobre suelos fértiles y con abundante vegetación, mal podría adaptarse a los escarpados cerros de las cordilleras chilenas; así, aparecería evidente que el tipo de establo no puede ser el mismo en las estepas cálidas del Norte Chico, que en las praderas lluviosas del sur de Chile; incluso los agentes causales de las enfermedades infecciosas y parasitarias suelen expresarse con una distinta patogenia, o con un ciclo diferente, de acuerdo al ambiente en que estén actuando.

Resulta sin embargo sorprendente comprobar cuántas veces estas consideraciones, que pueden parecer obvias, se olvidan en la práctica; este hecho es particularmente grave en Chile, donde, por razones geográficas y geológicas, existe una prodigiosa diversificación ambiental, algunas veces aun dentro de una misma localidad. Es doloroso reconocer que la introducción de vegetales y animales no se ha ceñido frecuentemente a estos planteamientos, sino más bien a una atracción por razas de moda en otros países, de la misma manera como es menester admitir que el influjo de técnicas foráneas ha sido determinante en nuestra agricultura, sin el proceso crítico de discernir su grado de aplicabilidad en el país.

Junto con la digestión apresurada de prácticas en boga, maduradas por lo general en condiciones extremadamente alejadas desde un punto de vista ecológico, un defecto muy común es la tendencia centralizadora; una *centralización* considerada más bien como un mecanismo inconsciente, o un instintivo vicio conceptual,

de proyectar las planificaciones en forma centrífuga y apriorística, estimando valederos para todas las regiones los conocimientos adquiridos en los núcleos de mayor avance científico y tecnológico del país.

En suma, las bases para la explotación de los recursos naturales deben afirmarse en una original *concepción nacional* del problema en su integridad, y no en análisis parcelados. La formación y decantación de este enfoque nacional, que debe representar una verdadera línea direccional para la orientación y coordinación de los trabajos, no implica por cierto un proceso de aislacionismo científico, sino, por el contrario, se beneficiará del incremento de los intercambios, con una activa criba y elaboración de los antecedentes, que evitará la simple recepción pasiva, unilateral y desprovista de originalidad.

El enfoque ecológico en la utilización de los recursos, para el cual podría proponerse el aforismo de que *a problemas autóctonos, soluciones específicamente regionales*, deberá necesariamente sustentarse, como trama estructural de los conocimientos, en una acabada visión de la *biogeografía* del país, una biogeografía *dinámica e histórica*, que sepa ubicar en su período evolutivo las grandes formaciones biológicas del territorio, especialmente los suelos y las asociaciones vegetales. Las clásicas reparticiones políticas en "provincias" y "departamentos" no reflejan, sino por excepción, una realidad biológica y social, constituyendo más bien sobreestructuras administrativas, que pueden incluso entorpecer una planificación efectivamente consecuente con las condiciones regionales.

Muchos de los principios que hemos ilustrado en el curso de este trabajo, se levantan como pilares conceptuales para una racional extracción de productos biológicos de la naturaleza, particularmente en el aspecto de la planificación y de la colonización de nuevos territorios. Así, además del *regionalismo biogeográfico*, hemos tocado en mayor o menor medida otros elementos básicos

de la productividad: la necesidad de mantener cierto *equilibrio* en la naturaleza y el consecutivo dilema *Explotación/Conservación*, análogo en escala individual al balance *Producción/Rusticidad*; la *dispersión de energía* en cada eslabón de la cadena alimenticia y, por ende, la disminución progresiva de los rendimientos (Fig. 5), lo que obliga al hombre a dar preferencia a las cadenas cortas o a los organismos ubicados en los niveles inferiores, vale decir, a la productividad primaria o vegetal sobre la productividad secundaria o animal; este principio resulta evidente sobre todo en momentos de crisis o de superpoblación, muchas veces como inconsciente mecanismo automático de defensa, destacándose, como ejemplo típico, la alimentación prevalentemente vegetariana de los pueblos asiáticos y mediterráneos; la importancia de considerar también los *factores históricos*, siendo Israel la comprobación más fehaciente de este postulado, por los estudios geológicos, arqueológicos e incluso bíblicos que han precedido muchos de sus planes de colonización; la influencia de la *etapa de evolución* de un ecosistema en su estabilidad y en su productividad; la conveniencia de descubrir, para cada localidad, los *factores limitantes* que reprimen sus posibilidades de expansión; la planificación por *niveles de integración*, que implica la necesidad de una visión de conjunto del problema, muy lejana del enfoque restringido de algunos especialistas; y finalmente, dada la complejidad de los elementos que intervienen en una comunidad agropecuaria (Fig. 7), la evidencia de que la producción vegetal y la producción animal no son el patrimonio intocable de dos o tres profesiones, sino que presuponen la integración de numerosas disciplinas a través de un *trabajo en equipo*, en el que ingenieros agrónomos y forestales, médicos veterinarios, zootecnistas y técnicos pesqueros sean *flanqueados* estrechamente por matemáticos, químicos, geólogos, biólogos y sobre todo naturalistas.

Frente al desafío de que la naturaleza chilena no sea capaz de

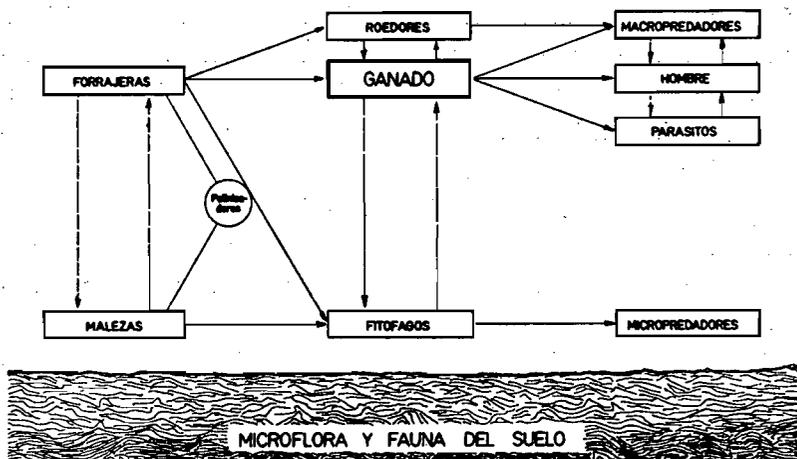


FIG. 7: Esquema de una comunidad biológica agropecuaria, con las principales interrelaciones. El ganado es sólo uno de los integrantes, cuya productividad no está influida exclusivamente por las forrajeras y el hombre, sino también por los competidores indirectos como la maleza, por los competidores directos como roedores y fitófagos, por los explotadores como depredadores y parásitos (éstos últimos, en sentido lato, bacterias, hongos, virus, protozoos, vermes, artrópodos, etc.), y también por la actividad de microflora y fauna del suelo (Original).

proporcionar a la población humana un nivel mínimo de nutrición en la actualidad, y una posibilidad de expansión para el futuro, se pueden abrigar amplias esperanzas de éxito, siempre que se comprenda claramente que la utilización de los recursos naturales de Chile no puede circunscribirse a planteamientos clásicos, basados casi exclusivamente en mejorar la explotación de los actuales medios de subsistencia y de las áreas más fácilmente cultivables. En las planificaciones, a breve o largo plazo, es imprescindible que se incluyan además las otras dos grandes facetas de la actuación del hombre en la lucha para suplir a sus requerimientos tróficos: la *prospección* de nuevos recursos en la vasta gama de posibilidades ofrecidas por las asociaciones biológicas chilenas, aprovechando todas las áreas donde, pese a los bajos rendimientos,

existe una probabilidad de explotación; y particularmente la *conservación*, que permita mantener para las generaciones futuras una parte del patrimonio natural de Chile.

Dentro de la realidad que estamos viviendo, muchas son las *esperanzas* de Chile para incrementar la aptitud de su territorio en el mantenimiento de una próspera población humana, pero todavía mayores son las *dilapidaciones* de sus bienes naturales: esperanzas, para cuya materialización se requerirá también un enfoque ecológico; dilapidaciones, en las cuales se manifiesta claramente una carencia de sentido ecológico.

Para finalizar este capítulo sobre los recursos de la naturaleza, hemos estimado oportuno seleccionar esquemáticamente, en forma por cierto algo arbitraria, algunas de las actuaciones negativas del hombre chileno y a la vez de sus tareas para el futuro.

Consignamos primeramente las *dilapidaciones*, pues más urgente que cualquier nueva planificación, es la detención del asolamiento actual:

1. Destrucción indiscriminada de los bosques, generalmente por el fuego, para cultivar tierras que muy luego serán presa de la erosión.
2. Degradación de pastizales naturales por sobrepastoreo, especialmente en las áreas cordilleranas y australes.
3. Depauperación biológica de los suelos, con disminución de microflora y fauna edáfica y, por ende, de los procesos de humificación.
4. Erosión masiva con avance de la desertificación.
5. Penetración de las dunas hacia el interior.
6. Deficiente aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas, lo que es extremadamente grave, puesto que en Chile el principal factor limitantes es la aridez.
7. Extinción de especies autóctonas, vegetales y animales.
8. Control defectuoso de las enfermedades infecciosas y parasitarias del ganado y de los cultivos.
9. Pérdidas de subproductos animales y vegetales.
10. Mal uso del patrimonio humano, debido a subdesarrollo cultural y social.

Sobre las *esperanzas*, es cierto que algunas pueden parecer intempestivas o incluso utópicas, pero el pavoroso déficit alimenticio mundial implica también soluciones extremas:

1. Explotación integral del mar y de las aguas dulces, no sólo como fuente de alimentos para el hombre o los animales domésticos, sino también de abonos orgánicos y minerales.
2. Reforestación a nivel nacional.
3. Agricultura de desierto, con énfasis en la prospección de nuevos recursos hídricos (aguas subterráneas, desalinización, captación de neblina, uso racional del rocío, etc.).
4. Búsqueda de nuevas fuentes de energía, en particular la solar, lo que incide en la posibilidad de desarrollar el punto anterior.
5. Ganadería extensiva en los *ambientes desfavorables* (zonas áridas, cordilleranas y australes), en que la intensidad de los factores limitantes impide la implantación de actividades agrícolas clásicas.
6. Selección de plantas y animales autóctonos o criollos (auquénidos, chinchillas, bovinos y ovinos criollos, forrajeras de secano, textiles potenciales como el chagual, etc.), para reemplazar a los *importados inadaptados*.
7. Establecimiento de Parques y Reservas Nacionales a escala provincial o regional, como contingentes de variabilidad biológica.
8. Uso racional de los fertilizantes, con intensificación de los abonos orgánicos.
9. Mejor régimen de tenencia de la tierra.
10. Creación de una conciencia nacional frente al problema de la utilización y conservación de los recursos naturales.

B. *Aspecto formativo*

El papel de formación humana de la ciencia, muy en particular de las ciencias naturales, es un concepto que ha embebido nuevamente el sentido de la educación, contra la posición anacrónica de algunos humanistas, en verdad cada vez menos numerosos, que reconocen exclusivamente a las expresiones artísticas y filosóficas la función de moldeadoras de una personalidad.

En cuanto a la ecología, que de las ciencias naturales es la manifestación de síntesis y coordinación, su importancia formativa

no sólo se evidencia como disciplina básica, que permite a las ciencias agrarias y pesqueras mantener sus raigambres naturalistas, sino también se refleja en múltiples facetas educacionales.

Desde luego, ha sido puesto de relieve repetidamente su carácter básico para una enseñanza elemental en los pueblos menos evolucionados, para los cuales el primer conocimiento tiene un origen trófico, y que frente a las condiciones ambientales exteriorizan el elevado interés que deriva de la comprobación de sus lazos de dependencia, más estrechos por cierto que en los países de alto nivel técnico. Particularmente Huxley, en sus "Bases ecológicas en Africa Oriental", ha hecho hincapié en el papel fundamental de la ecología, como Ciencia, pero también como Educación, para inspirar una política racional en la valorización de territorios subdesarrollados.

Por otra parte, también en las naciones de antiguas tradiciones ha sido señalada la elevada receptividad de los estudios ecológicos, sobre todo en las mentes juveniles, lo que demostraría tal vez un paralelismo entre filogenia y ontogenia cultural. Desde algunos años, países de Europa Occidental están introduciendo enfoques ecológicos en la enseñanza inferior, lo que presupone un mayor énfasis sobre estos problemas en la educación superior de la pedagogía y un notable esfuerzo para impulsar, mediante cursos de perfeccionamiento, las generaciones anteriores de profesores primarios y secundarios hacia este nuevo sentido didáctico.

A nivel primario se trata, por intermedio del contacto repetido con fenómenos naturales a todos familiares y con seres por doquiera presentes, de despertar un temprano sentido de observación y de inculcar el respeto por la naturaleza, lo que no debe confundirse, por cierto, con el simple afán de coleccionista en relación a plantas y animales. A nivel secundario, más que atosigar a los estudiantes con áridas descripciones taxonómicas, se tiende principalmente a precisar la posición del hombre frente a la na-

turaliza; no mero espectador, sino partícipe de sus leyes, compañero en una parte de su evolución y responsable de su porvenir. Al respecto, es interesante destacar que esta conciencia naturalista de la responsabilidad humana ha sido captada en Chile con más claro sentido de síntesis ecológica por la sensibilidad de un poeta, Pablo Neruda, en su admirable "Oda a la erosión de la provincia de Malleco", que por el tecnicismo de muchos especialistas.

Pero a cualquier nivel y frente a cualquier disciplina, la ecología es portadora de numerosos conceptos formadores, extraídos de las leyes que gobiernan los sistemas ecológicos: la solidaridad biológica y la coordinada integración de todos los organismos, la diversificación y la complejidad (¿tal vez de los conocimientos?) como base del equilibrio, el dinamismo y la evolución en marcha de todo elemento de la escala biológica y necesariamente también de la sociedad humana, la estratificación en capas heterogéneas y carentes de receptividad para las intercomunicaciones como causa de progresiva asfixia de una comunidad de vida, la perenne influencia de las tradiciones, pero sobre todo la importancia de la *plasticidad*, como antítesis de una estrecha especialización e incluso de una rigidez científica y cultural, para poder subsistir en la lucha por la existencia frente a las cambiantes condiciones del medio.

En efecto, más que una disciplina bien definida, la ecología no es muchas veces sino un simple *punto de vista*, una concepción de *síntesis* y de *coordinación*, que puede proyectarse a otros ramos científicos y quizás a la misma sociedad humana.

PREPARACIÓN DEL ECÓLOGO

En la formación y el adiestramiento del ecólogo a nivel universitario, dos posibilidades deben ser consideradas: un camino directo que canalice convenientemente en la universidad, sin solución de continuidad, las inquietudes naturalistas maduras durante los estudios secundarios, o variadas otras rutas, con diferentes gra-

dos de desviación o incluso de inversión, después de haber recorrido distintos cauces profesionales.

En el camino directo, sin duda el más transitado en Europa y Estados Unidos, los estudiantes, después de haber recibido una adecuada introducción científica y humanista en las etapas secundarias o preuniversitarias, ingresan a una Facultad o Departamento de Ciencias Naturales, o a su equivalente, donde, junto con abordar aspectos superiores de la matemática, de la física y de la química, adquirirán la formación básica en las disciplinas que constituyen los grandes pilares del conocimiento de la naturaleza: la *Geología*, la *Mineralogía*, la *Geografía Física* con sus ramas de Climatología, Orografía, Hidrografía y Oceanografía —imprescindible ésta para el futuro especialista en ecología acuática— la *Botánica* y la *Zoología*; éstas dos últimas, analizadas con enfoques taxonómicos, anatómocomparados, biogeográficos y evolutivos, más que desde el punto de vista eminentemente fisiológico que prepara a las ciencias biológicas y médicas. Sobre este *substrato naturalista*, al lado de los aspectos específicamente *ecológicos*, tales como ecología general, hidrobiología, pedobiología, fitosociología, biogeografía, bioclimatología, micrometeorología, etc., tendrán que injertarse conceptos *matemáticos*, con particular énfasis en Teoría de Probabilidades, Teoría de la Información y Estadística no paramétrica, para introducir al estudio de la estructura y organización del ecosistema, además de fundamentos *termodinámicos* para abocarse a los problemas funcionales.

Sin embargo, de este esquema ideal muy poco puede ser aplicado por el momento en Chile y, en general, en América Latina. La educación secundaria no entrega formación ni aporta elementos de juicio que capaciten al estudiante para alcanzar la etapa de *madurez*, en que pueda conscientemente discernir su propio destino universitario. Por otra parte, en nuestra Universidad de Chile no existe todavía una Facultad de Ciencias, sino simplemen-

te un Instituto, tal vez su esbozo embrionario, en que por lo demás el Departamento de Ciencias Naturales es sólo una aspiración futura. Por estas razones, al presente la preparación del ecólogo debe ser confiada también a los esfuerzos, muchas veces competitivos, de distintas facultades profesionales, y a largos años de perfeccionamiento en el extranjero, de donde, por la carencia de una sedimentada base naturalista antes de su partida, los especialistas pueden volver más dispuestos a la fácil tarea de aplicar técnicas fórmicas, que a la esforzada labor de tratar de edificar una doctrina matriz de vigencia nacional.

Sin embargo, si la carrera profesional puede predisponer a cierta *distorsión* en el desarrollo de la sucesiva actividad de investigación, obligando además al estudio de una masa farragosa de conocimientos de escasa utilidad en el aspecto formativo, es necesario evitar la posición simplista de atribuir a este solo hecho todos los males que aquejan a nuestra investigación nacional. Aún más, la formación profesional permite algunas veces ampliar la visión de los posibles campos de aplicación, hacia los cuales la misma investigación pura, directa o indirectamente, se proyecta. Más que en una estructura inadecuada de la enseñanza superior, es probable que el defecto resida en el énfasis excesivo que algunos estudios profesionales están otorgando paulatinamente a los ramos técnicos en detrimento de los básicos, reduciéndose en proporción alarmante la relación *Ciencia/Técnica*; esta tendencia que, mediante dos nuevos vocablos, podríamos definir como la *descientificación* y *tecnificación* progresiva de las profesiones, responde tal vez al deseo de impartir una somera información sobre todos los nuevos aspectos aplicativos, en que cada carrera se está diversificando, pero implica al mismo tiempo la producción de egresados cada vez menos *formados*, menos plásticos y por lo tanto, frente al progreso científico, más rápidamente inadaptados, refractarios a la recep-

ción activa e incluso temerosos de emprender el ágil camino de la iniciativa personal.

Es probable que si las profesiones, cuyas finalidades aplicadas representan claramente la proyección de un contenido naturalista (Agronomía, Silvicultura, Zootecnia, Veterinaria, Pesca), estuvieran, pues, provistas de un adecuado substrato básico de ciencias naturales, es decir, de un tronco común u homólogo de donde derivasen los distintos aspectos del aprovechamiento de la naturaleza, la preparación del ecólogo encontraría en ellas una amplia ruta formadora, que facilitaría además el acceso a la mayor parte de las investigaciones tecnológicas en ecología; al mismo tiempo, un profesional con este contenido tendría, sin duda, una mayor agilidad y prestancia en su actuación y una más estrecha correspondencia con la realidad nacional.

También en las Facultades, destinadas a la formación de un profesorado dinámico y moderno, que poseen muchos aspectos morfológicos en común con las clásicas Facultades de Ciencias, cabe —e incluso es precisa— la preparación del ecólogo, siempre que en ellas la finalidad pedagógica sea considerada el derivado de una profunda formación científica, más que un barniz que todo debe recubrir.

De todo lo expresado en este capítulo, se desprende que la creación de un ecólogo, en una Facultad de Ciencias así como en facultades profesionales, siempre presupone básicamente un adecuado desarrollo de las ciencias naturales en el país. De otra manera, descontando la deficiente estructuración de su formación, el ecólogo se enfrentaría, además, con la necesidad de transformarse a veces en climatólogo, otras en geólogo o taxónomo, con el fin de rellenar los vacíos básicos que frenan el avance de sus investigaciones.

A pesar de esto, son precisamente las ciencias naturales las que presentan una evolución más incipiente en la mayor parte de los

países sudamericanos, siendo este hecho de difícil explicación, pues exterioriza un camino inverso al proceso científico seguido por los pueblos de mayores tradiciones. Es innegable que en los últimos años ha habido en América Latina progreso científico; sin embargo, el avance biológico se ha manifestado sobre todo en líneas fisiológicas, bioquímicas, biofísicas, neurobiológicas, citológicas, etc., todos aspectos sin lugar a dudas *necesarios*, pero también casi todos desprovistos de un rasgo nacional, algunos incluso desarraigados de la posibilidad real del país. En otras palabras, un hipotético desarrollo de estas líneas en otros países, aun muy alejados, no les habría impreso una fisonomía señaladamente distinta, no habría marcado una estructura típica, dada por el ambiente local. Si sería difícil reconocer un paralelismo entre estos trabajos y las condiciones nacionales, resultaría por el contrario particularmente simple, en muchos casos, trazar sus puntos de contacto con todos los centros científicos extranjeros, en los cuales un investigador local haya permanecido durante un período suficientemente prolongado; se trata, por lo general, de centros de muy elevado nivel, pero entre sus objetivos no puede estar incluido aquel de fomentar el establecimiento de una tradición científica específicamente nacional para pueblos menos desarrollados. Por lo demás, resulta humano y comprensible que las nuevas promociones de investigadores de nuestros países aspiren a recorrer los campos más adelantados de la ciencia mundial, más que a constituir el patrimonio básico de conocimientos, que las generaciones anteriores no han podido o sabido realizar.

Sin embargo, una *tradición* en el aspecto científico, rasgo común individualizable en los trabajos de una nación, es tan intrínsecamente necesaria, como desde el punto de vista cultural, social y político; sólo las ciencias naturales tienen la propiedad de ser específicas al país en que se desenvuelven, sin que con esto pierdan su carácter de universalidad; sólo ellas imprimen un sello nacio-

nal a la evolución de una *cultura científica*. La tradición por ellas formada, además de servir como substrato y doctrina para todas las aplicaciones tecnológicas en el campo de la utilización de los recursos naturales, es fuente constante de variados motivos de inspiración para la investigación biológica pura, motivos extraídos del gran caudal de nuestra naturaleza: fisiología y anatomía comparada de plantas y animales autóctonos, neurobiología ecológica, microevolución, estudios genéticos y estadísticos sobre las poblaciones naturales, microbiología del suelo, etc. Aún más, el carácter nacional de las investigaciones, con la diversificación a escala mundial que esto presupone, es origen de mayores aportes para el adelanto científico de la humanidad que la uniformidad cosmopolita de la ciencia. Pero esta tradición implica una tarea larga, que requiere pacientes esfuerzos de convencimiento a diferentes niveles, más que simples diagramas estructurales de la enseñanza.

En síntesis, a través de la formación naturalista y de un constante adiestramiento, el ecólogo deberá adquirir una personalidad dotada de agudo espíritu de observación, de sentido crítico y organizador en la planificación de las experiencias, de una amplia visión de conjunto también en relación a los problemas tecnológicos y sociales. A la variabilidad y al dinamismo de la naturaleza, deberá contraponer la complejidad de sus inquietudes y la plasticidad estructural, que sólo puede otorgar un íntimo sentir científico y humanista, cimentado por profundos estudios básicos, y no la rígida sobreestructura cultural que caracteriza a algunos profesionales. Para el perfeccionamiento y profundización de sus conocimientos, no deberá exagerar la penetración cuneiforme del superespecialista, que sin duda permite proceder con mayor rapidez, pero que con igual rapidez puede restar visión lateral de lo que acontece en el ambiente científico, cultural y social que lo rodea.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(Hemos querido otorgar una marcada preferencia, en esta bibliografía, a los textos clásicos sobre los diversos aspectos de la ecología y a algunas publicaciones de interés principalmente local).

- ALLEE W. C., A. E. EMERSON, O. PARK, T. PARK & K. P. SCHMIDT. 1949. *Principles of animal ecology*. W. B. Saunders Co. Philadelphia and London.
- ALLEN S. W. 1959. *Conserving natural resources*. McGraw-Hill. New York.
- ANDREWARTHA H. G. & L. C. BIRCH. 1954. *The distribution and abundance of animals*. Univ. Chicago Press. Chicago.
- ARMIJO R. 1964. *Curso de epidemiología*. Ed. Universidad Chile. Santiago.
- AZZI G. 1959. *Ecología agraria*. Ed. Salvat. Barcelona.
- BAER J. G. 1951. *Ecology of animal parasites*. Univ. Illinois Press. Urbana.
- BALOGH J. 1958. *Lebensgemeinschaften der Landtiere*. Akademie-Verlag. Berlin.
- BARTLETT M. S. 1960. *Stochastic population models in ecology and epidemiology*. Methuen. London.
- BODENHEIMER F. S. 1955. *Précis d'écologie animale*. Payot. Paris.
- BODENHEIMER F. S. 1958. *Animal ecology to-day*. Uitgeverij Dr. W. Junk. Den Haag.
- BOULLARD B. & R. MOREAU. 1962. *Sol, microflore et végétation. Equilibres biochimiques et concurrence biologique*. Masson Ed. Paris.
- BRODY S. 1945. *Bioenergetics and growth*. Reinhold. New York.
- BUZZATI-TRAVERSO A. (Editor). 1958. *Perspectives in marine biology*. Univ. of California Press. Berkeley.
- CASTRI F. di. 1963. *Etat de nos connaissances sur les biocoenoses édaphiques du Chili*. En: Soil Organisms. Ed. J. Doeksen & J. van der Drift. North-Holland Publ. Co. Amsterdam: 375-385.
- CASTRI F. di. 1963. *Significado biológico y económico de la fauna del suelo*. Boletín Univ. de Chile. 37: 25-31.
- CASTRI F. di & E. R. HAJEK. 1961. *Proyecto de mapa ecológico chileno*. Bol. IV Conv. Méd. Vet. Santiago: 15-18.
- CASTRI F. di, E. R. HAJEK & V. ASTUDILLO. 1962. *Importancia pecuaria de los ambientes desfavorables chilenos*. Bol. Prod. anim. (Santiago, Chile). 1 (1): 7-20.

- CLARKE G. L. 1958. *Elementos de ecología*. Ed. Omega. Barcelona.
- CLOUDSLEY-THOMPSON J. L. 1954. *Biology of deserts*. Tavistock House South. London.
- COSTELLO D. F. 1957. *Application of ecology to range management*. *Ecol.* 38: 49-53.
- CRAGG J. B. (Editor). 1962. *Advances in ecological research*. Vol. 1. Academic Press. London & New York.
- D'ANCONA U. 1954. *The struggle for existence*. E. J. Brill. Leiden.
- DANSEREAU P. 1957. *Biogeography: an ecological perspective*. Ronald Press. New York.
- DARLING F. F. 1951. *The ecological approach to the social sciences*. *Amer. Sc.* 39: 244-254.
- DARLINGTON P. J. 1957. *Zoogeography*. Wiley & Sons. New York.
- DAUBENMIRE R. F. 1959. *Plants and environment*. Wiley & Sons. New York.
- DICE L. R. 1955. *Natural communities*. Univ. of Michigan Press. Ann Arbor.
- DICE L. R. 1955. *Man's nature and nature's man; the ecology of human communities*. Univ. of Michigan Press. Ann Arbor.
- ELIZALDE R. 1958. *La sobrevivencia de Chile*. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.
- ELTON C. S. 1960. *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen. London.
- EVENARI M. & D. KOLLER. 1956. *Desert agriculture: problems and results in Israel. The future of arid lands*. *Amer. Ass. Adv. Sc.*: 390-413.
- FURON R. 1958. *Causes de la répartition des êtres vivants. Paléogeographie, Biogéographie dynamique*. Masson Ed. Paris.
- HAWLEY A. H. 1950. *Human ecology: a theory of community structure*. Ronald Press. New York.
- HEDGPETH J. W. (Editor). 1957. *Treatise on marine ecology and paleoecology*. The Geological Society of America. New York.
- HESSE R., W. C. ALLEE & K. P. SCHMIDT. 1951. *Ecological animal geography*. Wiley & Sons. New York.
- HUTCHINSON G. E. 1957. *A treatise in limnology*. Vol. 1. Wiley & Sons. New York.
- HUXLEY J. 1962. *Les bases écologiques en Afrique Orientale*. Endeavour. 82: 98-107.
- KACHKAROV D. N. & E. P. KOROVINE. 1942. *La vie dans le déserts*. Payot. Paris.
- KENDEIGH S. C. 1961. *Animal ecology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- KLAGES K. H. W. 1942. *Ecological crop geography*. The Macmillan Co. New York.

- KÜHNELT W. 1957. *Biología del suelo*. Cons. Sup. Inv. Cient. Madrid. Vol. 2: Ecosystèmes et Biosphère. Bruxelles.
- LE DANOIS E. 1950. *Le rythme des climats dans l'histoire de la terre et de l'humanité*. Payot. Paris.
- LIBBY W. F. 1955. *Radiocarbon dating*. Univ. of Chicago Press. Chicago.
- LUCK J. M. 1957. *Man against his environment: the next 100 years*. Science. 126: 903-908.
- MACFADYEN A. 1963. *Animal ecology. Aims and methods*. Pitman & Sons. London.
- MARGALEF R. 1957. *La teoría de la información en ecología*. Memorias Real Academia Ciencias y Artes, Barcelona. 32 (13): 373-449.
- MARGALEF R. 1959. *Ecología, Biogeografía y Evolución*. Rev. Univ. Madrid. 8: 221-273.
- MARGALEF R. 1962. *Modelos físicos simplificados de poblaciones de organismos*. Memorias Real Academia Ciencias y Artes, Barcelona. 34 (5): 83-146.
- MARGALEF R. 1963. *Ecologie marine: nouvelles vues sur de vieux problèmes*. Ann. Biol. 2 (1-2): 3-16.
- MC CORMICK J. 1959. *The living forest*. Harper Brothers. New York.
- MILNE L. J. & N. J. MILNE. 1952. *The biotic world of man*. Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. 1963. *L'écologie, Science moderne de synthèse*. Vol. 2: Ecosystèmes et Biosphère. Bruxelles.
- NEAL E. B. 1960. *Woodland ecology*. Heinemann Ltd. London.
- OBERDORFER E. 1960. *Pflanzensoziologische Studien in Chile*. Flora et vegetatio mundi. Band II. J. Cramer. Weinheim.
- ODUM E. P. 1959. *Fundamentals of ecology*. W. B. Saunders Co. Philadelphia and London.
- OSBORN F. 1949. *La planète au pillage*. Payot. Paris.
- PARKINSON D. & J. S. WAID (Editors). 1960. *The ecology of soil fungi, an international symposium*. Liverpool Univ. Press. Liverpool.
- PHILLIPS J. 1960. *Agriculture and ecology in Africa; a study of actual and potential development south of the Sahara*. Faber & Faber. London.
- PHILLIPS R. W. 1955. *La cria de ganado en ambientes desfavorables*. FAO. Roma.
- PILET P. E. 1956. *L'énergie végétale*. Presses Universitaires. Paris.
- PRINCIPI P. 1955. *Ecologia vegetale*. REDA. Roma.
- SEARS P. B. 1957. *The ecology of man*. Condon lectures. Univ. Oregon Press. Eugene.
- SEVERTZOV S. A. 1947. *Dinámica de la población animal*. Ed. Lautaro. Buenos Aires.

- THOMAS W. L. (Editor). 1956. *Man's role in changing the face of the earth*. Symposium. Univ. of Chicago Press. Chicago.
- TOUMEY J. W. 1947. *Foundations of silviculture upon an ecological basis*. Wiley & Sons. New York.
- TRIPPENSEE R. E. 1948-1953. *Wildlife management*. Vol. 1-2. McGraw-Hill. New York.
- TROMP S. W. (Editor). 1962. *Biometeorology*. Pergamon Press. London.
- UNESCO. 1957. *Arid Zone Research*. VIII. *Human and animal ecology*. Paris.
- WHITE G. F. 1961. *La science et l'avenir des terres arides*. UNESCO. Paris.
- WIENER N. 1948. *Cybernetics*. Wiley & Sons. New York.
- WIESER W. 1952. *Organismos, Estructuras, Máquinas*. Ed. Universitaria. Buenos Aires.
- WILLIAMS R. E. O. & C. C. SPICER (Editors). 1957. *Microbial ecology*. 7th Symposium of the Soc. Gen. Microbiology. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- WRIGHT N. C. 1959. *La ecología de los animales domésticos*. En: J. Hammond. *Avances en Fisiología Zootécnica*. Tomo 1. Ed. Acribia. Zaragoza: 233-303.