

PROYECTO CEPAL/PNUMA
ESTILOS DE DESARROLLO Y MEDIO
AMBIENTE EN AMERICA LATINA

E/CEPAL/PROY.2/ R.45
Octubre de 1979

Seminario Regional

Santiago de Chile, 19 al 23 de noviembre de 1979

LA EVOLUCION DEL PENSAMIENTO ECOLOGICO

Jaime Hurtubia

El autor es Representante Regional Adjunto, Oficina Regional para América Latina del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Este trabajo fue preparado como contribución al Proyecto CEPAL/PNUMA Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina y forma parte de las actividades promovidas y auspiciadas por la Oficina Regional para América Latina del PNUMA. Las opiniones expresadas en este estudio son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la organización a que pertenece.

INDICE

- I. INTRODUCCION

- II. ORIGENES Y DESARROLLO DEL PENSAMIENTO ECOLOGICO
 1. Antecedentes en la Historia Natural
 2. El Hombre como Miembro de la Naturaleza y Transformador de la misma
 3. Consolidación de la Ecología
 4. Discusión

- III. EL CONCEPTO DE ECOSISTEMA
 1. El Marco Conceptual
 2. Componentes y Procesos de un Ecosistema
 3. Enfoques en el Estudio de Ecosistemas
 4. El Ecosistema, un Punto de Síntesis

- IV. EL FLUJO DE LA ENERGIA (EJEMPLO DE LA EVOLUCION TEORICA DE LA ECOLOGIA)
 1. Preámbulo
 2. Etapas de la Teoría del Flujo de Energía
 3. Principales Avances en el Conocimiento
 4. Análisis del Consumo de Energía en los Ecosistemas Humanizados
 5. Consideraciones Finales

- V. ¿QUE ES LA ECOLOGIA?
 1. Una Ciencia de Síntesis e Integración
 2. El lugar de la Ecología en las Ciencias
 3. El Papel de la Ecología en los Asuntos Humanos
 4. Ecología y Ciencia
 5. Conclusión

- VI. BIBLIOGRAFIA

I. INTRODUCCION

Escribir sobre Ecología en 1979 es un gran desafío en diversos aspectos. Primero, por la enorme extensión y aplicación que ha alcanzado en los últimos años, penetrando en las áreas de preocupación de otras ciencias, en la opinión pública y en las decisiones políticas. Segundo, porque la palabra ecología a partir de la década de los 60's comenzó a ser objeto de un intenso uso, abuso y mal uso a través de los medios de comunicación como así también en publicaciones técnicas y científicas. Tercero, porque la ecología como ciencia transdisciplinaria necesariamente ha tenido que hacer notar las limitaciones mismas que presentan las distintas ciencias, áreas del saber y sectores por el hecho de pensar y actuar sectorialmente y las que presenta cada disciplina del saber humano, en cuanto no rebasa el ámbito de su propia especialidad.

Considerando estos antecedentes resulta aún más difícil estudiar la evolución del pensamiento ecológico. Por una parte, esta ciencia tuvo su origen en la Historia Natural y se le consideró inicialmente como una rama de la Biología, y por otra, hoy estamos presenciando su transformación en una ciencia transdisciplinaria, que algunos comienzan a considerar como el vínculo entre las ciencias naturales y las sociales.

Además los análisis históricos sobre la ecología no abundan, lo que ha significado que el pensamiento ecológico no haya sido objeto de un estudio detenido y serio, que persiga demostrar cuáles han sido las influencias que ha recibido desde otros campos del conocimiento humano y cuáles han sido sus contribuciones conceptuales hacia otras áreas del saber. En este sentido el presente trabajo pretende ser una contribución preliminar para despertar interés en este tipo de estudios. Intenta presentar en un bosquejo general y sucinto, el desarrollo histórico - científico del pensamiento ecológico, evitando acudir a tecnicismos engorrosos ni abusar demasiado de la interminable terminología ecológica la que a veces complica más que clarifica el entendimiento de esta ciencia por parte de otros especialistas. Se profundiza sólo en aquellas ideas centrales y principios en que la ecología se ha apoyado para alcanzar el lugar que hoy ocupa en la ciencia y sociedad actual.

La idea que orienta este trabajo se origina al advertir que el hombre vive actualmente un momento de transición crítica en la identificación de sus interacciones con la naturaleza y su medio ambiente. En los últimos años por el aumento demográfico y el avance tecnológico están ocurriendo una serie de efectos ambientales que están actuando negativamente sobre la sociedad.

A pesar de ello, sabemos que la humanidad sigue guiándose en sus objetivos para el desarrollo por distintos preceptos a aquellos que plantea la ecología. En el fondo se trata de las formas en que los hombres se relacionan entre sí y con la naturaleza para alcanzar un proceso de desarrollo que permita disponer de los recursos contenidos en los ecosistemas para la satisfacción de las necesidades humanas básicas.

Este trabajo tiene una restricción que merece ser especificada. No se trata de un estudio sobre las relaciones entre Ecología y Desarrollo. Su propósito principal es presentar un panorama histórico de la ecología, señalando sus alcances, y sobre todo, sus grandes perspectivas futuras. Se espera que este aporte sirva para facilitar una buena aplicación de los principios ecológicos que sea útil para identificar cuáles son las reales contribuciones que la ecología puede hacer al tema de los Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina.

II. ORIGENES Y DESARROLLO DEL PENSAMIENTO ECOLOGICO.

I. Antecedentes en la Historia Natural.

El término ecología fué usado por primera vez por el biólogo suizo Ernst Haeckel en 1869, para referirse a las interrelaciones de los organismos vivientes y su medio ambiente. Sin embargo, los orígenes del pensamiento ecológico se encuentran en los escritos de los sabios griegos. Hipócrates (460-377, A.C.), "el padre de la medicina" insistió con un enfoque ecológico en la importancia de ciertos factores ambientales en los estados de salud y enfermedad (1). Aristóteles (384-322 A.C.) clasificó los animales de acuerdo a sus hábitos y habitats, con un enfoque naturalista. Teófrasto (372-287, A.C.) discípulo de Aristóteles se preocupó de las relaciones entre las plantas y su medio en una forma casi sistemática y ha sido considerado por algunos como el primer ecólogo, aunque nunca usó el término ecología como tal.

En la época de Cristo los hebreos reconocieron algunos principios ecológicos, en forma general e incipiente (2) ilustrando que la germinación de las semillas depende de las condiciones del suelo. En Roma, Plinio, el Mayor (23-79 D.C.), siguió la orientación naturalista de Aristóteles, clasificando plantas y animales de acuerdo a sus formas de vida y territorios, sentando las bases de la historia natural.

A partir del siglo XII se inicia un período de interés creciente por las ciencias naturales, escribiéndose los primeros catálogos de plantas y animales; Alberto Magno (1193-1280), Konrad Gesner (1516-1565), Aldovrandi (1522-1605) y Cordus (1515-1544). Estos primeros autores fueron los primeros en relacionar la biología y la historia natural con la geografía.

Una época histórica de importancia para el avance de la Historia Natural comienza a partir de 1800, a raíz de la revolución mercantil y su consecuencia emergente la revolución industrial, que determinaron la formación de dos nuevos procesos civilizatorios: uno para las sociedades que lograron industrializarse adicionándoles un poderío antes inimaginable y otro para las que fueron sometidas a formas de dominación cada vez más

(1) Ver sus escritos sobre "Aires, Aguas y Lugares".

(2) Ver la Parábola del Sembrador, Lucas, 8:4-8.

sutiles. Ribeiro (1968) señala que este proceso remodeló a cada sociedad alterando su estractificación social, las estructuras de poder y redefiniendo profundamente su visión del mundo y sus valores. Los efectos de esta nueva revolución tecnológica penetró en todos los quehaceres de la humanidad. Consistió en el lanzamiento de las primeras bases de una futura civilización humana, que se unificará finalmente por el acceso de todos los pueblos a la misma tecnología básica, por su incorporación a las mismas formas de ordenamiento de la vida social y por su integración a los mismos cuerpos de valores; en definitiva, a un mismo Estilo de Desarrollo. Sin embargo, este estilo que persigue una civilización humana unificada no se cristalizará en forma total en el transcurso histórico. Apenas se transformará en una aspiración generalizada en ciertos sectores de mayor acceso a los recursos disponibles tanto entre como dentro de las naciones.

Así se implanta el modelo precoz de desarrollo industrial, integrado principalmente por Inglaterra (1750-1800), Francia (1800-1850), Los Países Bajos (1850-1890) y los Estados Unidos de Norteamérica (1840-1890) (Ribeiro, 1968). Estas grandes potencias multiplicaron sus expediciones a ultramar, que aunque tenían esencialmente intenciones coloniales, también se preocuparon por conocer los inventarios de las riquezas de los países visitados. De esta forma, la Historia Natural, recibe un gran apoyo para su desarrollo a partir de las primeras exploraciones florísticas y faunísticas. Se destacan Réaumur (1683-1757); Linneo (1707-1778) taxónomo que consigue un gran avance para las ciencias con su Systemae Naturae que aún prevalece; Buffon (1707-1788) con su extensa obra Historia Natural donde aparecen las primeras explicaciones de las adaptaciones de los seres vivos a su medio; y Alexandre de Humboldt (1769-1859) que establece las bases de la Geografía de las Plantas.

A fines del siglo XIX la Historia Natural alcanza su máximo desenvolvimiento con los trabajos clásicos de Wallace (1823-1913) que presenta una nueva visión para el análisis de la distribución de los seres vivos y establece las bases de la teoría de la evolución al mismo tiempo que Darwin (1809-1882).

Esta época de las ciencias sentó las bases del futuro desarrollo de las ciencias biológicas y por ende, de una de sus ramas principales -la

ecología. (3)

Uno de los pioneros del pensamiento ecológico fué S.A. Forbes (1887) quién, asimilando mucho de la controversia que buscaba reconocer la estructura de la Naturaleza, en sus estudios de la ecología de las aguas continentales llegó a la conclusión de que el lago podía caracterizarse como un "microcosmos". Los alcances de su hallazgo, sin embargo, no fueron bien comprendidos ni transmitidos a otras ciencias naturales y sociales ensimismadas en sus propios quehaceres. Sus enseñanzas no fueron suficientemente analizadas para la formulación de nuevas formas de entender la naturaleza. El microcosmos de Forbes puede utilizarse como ejemplo para presentar la primera manifestación del pensamiento ecológico moderno, el cual debe entenderse como una mera antesala a la discusión y presentación del estado actual de conocimiento, a la luz de las posibles contribuciones que éste puede hacer a la problemática de los estilos de desarrollo. Sin embargo, debemos alertar al lector que ya en este ejemplo se encuentran esbozados los principios fundamentales que rigen a la ecología actual.

La descripción de "microcosmos" trae consigo a la ecología el concepto del todo (holismo), origen del enfoque holístico, totalizante, tan escuchado actualmente. Puso de manifiesto por primera vez, en forma ordenada, las interacciones entre los distintos componentes físicos, no vivos (abióticos) y los organismos vivos (bióticos) del sistema ecológico "lago"; un pequeño mundo donde interaccionan todos los componentes del sistema, y donde el proceso de la vida se despliega en toda su amplitud.

El ejemplo del Lago de Forbes, de acuerdo con Thienemann (1956), pueden ser resumido en los términos siguientes:

1. El espacio y la vida que componen un lago -los factores físicos y los componentes biológicos- están indisolublemente unidos, mundo circun-

(3) Entre otros destacados naturalistas de este tiempo figuran H.W. Bates quién escribió Un Naturalista en la Amazonia en 1862; Audubon en norteamérica; Agassiz en Suiza; Brehm en Alemania; El Abate Molina y Claudio Gay en Chile; Candolle, en Francia; etc. Los trabajos de esta época estuvieron dominados por el interés a las respuestas fisiológicas que los organismos tenían a factores ambientales tales como temperatura, luz, altitud. Se inicia así la fisiología ambiental (Liebig 1803-1873). Otras escuelas predominantes fueron las originadas por Darwin respecto a la Selección Natural y la Evolución (Buffon y Lamarck) estudios de población (Machiavelli y Malthus), geografía, evolución y conservación (Marsh y Muir).

dante (medio físico) y el mundo vivo forman una unidad (medio ambiente); no se puede comprender a ninguna de las dos partes ni los miembros de este conjunto por sí mismos, sin tomar en cuenta, al todo.

2. Desde un punto de vista físico, si bien pueden distinguirse en un lago tres distritos espaciales diferentes: orilla, aguas libres y profundidad, ellos no son independientes entre sí; están dominados por interdependencias que se manifiestan a través del ciclo de la materia (nutrientes) y el flujo de energía, unificándolos en un solo sistema ambiental que los domina: el lago.

3. Cada distrito biológico está caracterizado por determinado medio, con sus respectivos factores físicos (temperatura, presión, turbidez, etc) y recursos, poblado por individuos pertenecientes a especies bien definidas, que no viven uncs junto a otros, aislados entre sí, sino unidos unos a otros por relaciones vitalmente importantes (cadena trófica, competencia, simbiosis, natalidad, mortalidad, distribución por edades, territorialidad, depredación, antibiosis, mutualismo, etc). De esta manera forman una comunidad biológica (biocenosis), dentro de la cual los distintos miembros se encuentran en una relación cuantitativa relativamente constante.

4. La clase y número de especies que forman la comunidad biológica de un determinado distrito espacial (biotopo=lugar de vida) dependen de las condiciones de vida, lo mismo que la intensidad de desarrollo de cada especie y la de la comunidad en su conjunto.

5. Por lo tanto, las peculiaridades químicas y biológico-nutritivas (recursos) de un determinado biotopo -que a su vez dependen de las características del lago en su totalidad- determinan la composición y el grado de desarrollo de la comunidad biológica de ese biotopo.

6. En los lagos pobres en sustancias nutritivas el sistema ambiental se encuentra en equilibrio biológico; síntesis, utilización, degradación, mineralización y circulación se compensan en cada ciclo anual; constituye un espacio vital casi independiente, casi autárquico, una unidad biológica casi cerrada.

7. En el caso de lagos ricos en sustancias nutritivas, éstas se acumulan en el fondo por milímetros cada año haciéndose menos hondo. Las comunidades de la orilla invaden otros distritos espaciales y el lago se rellena dando paso a comunidades terrestres. Es decir, el mundo viviente

del lago depende de la totalidad (medio ambiente), pero modifica a su vez, el espacio vital; mundo vivo y mundo no vivo actúan recíprocamente uno sobre otro.

8. Si en el caso de un lago rico en sustancias nutritivas se sustraen grandes cantidades de materia orgánica, el lago debería hacerse más pobre en nutrientes; más esto no sucede: las tierras que rodean al lago, ricas en sustancias nutritivas le vuelven siempre a proveer de ellas. Esto significa que un lago de esta clase no es una unidad totalmente independiente, autárquica, autosuficiente, sino que tiene que cumplir su función en la biósfera en el marco de un todo mayor: el medio ambiente, el ámbito completo en que se encuentra, con el que interactúa y del que depende (el sistema ambiental).

Las enseñanzas del "microcosmos" de Forbes determinaron una apertura de grandes proporciones al pensamiento ecológico. Los ecólogos observaron con interés creciente que el objeto de su estudio, a la vez de escaparse de la rutina descriptiva de la historia natural, debía reconocer unidades de estructura de la naturaleza, semejantes a un lago. Observando el ejemplo del lago se descubrieron una serie de hechos y leyes fundamentales que rigen a la ecología, la cual comenzó a ser entendida como la ciencia de la economía de la naturaleza.

2. El hombre como miembro de la naturaleza y transformador de la misma.

El auge de las Ciencias Naturales a fines del Siglo XIX produjo en las ciencias sociales, una preocupación por el papel del hombre como miembro y como transformador de la naturaleza. En los más diversos ámbitos se tomaron posiciones bien definidas y se polarizaron los puntos de vista, entre aquellos partidarios por un respeto ciego a la naturaleza; los que veían una especie de compromiso entre el hombre y la naturaleza; y aquellos que con criterio netamente antropocéntrico estimaban que el hombre con su bagage de conocimientos científicos y tecnológicos estaba destinado a cumplir un papel de dominancia sobre la naturaleza.

Surgen de esta polémica las más variadas posiciones, pero con un denominador común: se debe conocer el lugar del hombre, su función (nicho

ecológico), en el proceso de la naturaleza. Esta cuestión desde sus comienzos estuvo ligada al tema fundamental del crecimiento (en los orígenes de la ciencia económica) siendo influenciada por la floreciente revolución industrial (nueva tecnología postnewtoniana) y los profundos cambios en la sociedad y medio ambiente mundial.

Por una parte surge el optimismo de Adam Smith (1776), el pesimismo de Malthus en su ley de la población (1846) y las críticas de Marx y Engels (Meek, 1954). En lo esencial, la problemática se circunscribe en la relación hombre - naturaleza, analizada bajo distintas formas de producción, la capitalista y la socialista emergente.

Los biólogos y los naturalistas de la época, ven al hombre como el eslabón final en la larga cadena de los organismos animales, físicamente igual o al menos semejante a los otros animales vertebrados superiores. Como ellos, está reducido a alimentarse con lo que la naturaleza le ofrece, respira como ellos, el oxígeno del aire que lo rodea. Vive según el ritmo de la naturaleza, (Haeckel, 1874; Croll 1875; Owen 1849; Jores, 1935 y Menzel, 1941). La corriente de pensamiento alcanza incluso a postular que todo proceso cultural está injertado en el proceso de la naturaleza, arraigado en él, y por eso se cumple de acuerdo con las leyes según las cuales tenemos que completar el ciclo de nuestra existencia.

En 1864 el norteamericano G.P. Marsh publica un libro que puede considerarse como el primero de la geografía ecológica: "El Hombre y la Naturaleza o La Geografía Física modificada por el Hombre", que algunos consideran como el pilar fundamental del movimiento conservacionista (Udall, 1963; Munford, 1931). Otro americano John Muir (1838-1914) formuló en la misma época una filosofía similar de conservación de la naturaleza. Tanto los planteamientos de Marsh y Muir llegaron a ser realidades políticas a través del activismo de Pinchot (1865-1947) (Gobernador de Pennsylvania), y de Theodore Roosevelt (1858-1919).

La obra de Marsh puede considerarse como la primera denuncia de la destructividad humana: "El hombre ha sido dotado por la naturaleza con la capacidad de alterar irrevocablemente aquellas combinaciones de materia inorgánica y vida orgánica que a través de los tiempos habían encontrado su justa proporción y equilibrio; de modo que, estando la tierra aparejada, nos llamase Dios para tomar posesión de ella".

En Europa Engels (1820-1895) y Marx (1818-1883) se refieren también a las interrelaciones entre el ser humano y el medio natural circundante. Marx dice que el trabajo es ante todo "Un proceso entre la naturaleza y el hombre, proceso en qu éste realiza, regula y controla mediante su propia acción, su intercambio de material con la Naturaleza" (Marx, 1867).

Engels (1876), en su célebre artículo "El Papel del Trabajo en el proceso de transformación del Mono en Hombre" alude a ésta y otras cuestiones de importancia ecológica. Dice, "El trabajo es la primera condición fundamental de toda la vida humana, hasta tal punto que, en cierto sentido, deberíamos afirmar que el hombre mismo ha sido creado por obra del trabajo". Después se refiere, de acuerdo a esta toma de posición, acerca de las diversas etapas evolutivas del hombre y de los animales, en desacuerdo con algunos de los postulados evolutivos de Darwin y por ende, a su seguidor Haeckel. (4) Sin embargo, llega a conclusiones similares en lo que concierne a la naciente noción de ecología "los animales, como ya hemos apuntado, hacen cambiar con su acción la naturaleza exterior, lo mismo que el hombre, aunque no en igual medida que él, y estos cambios del medio así provocados repercuten, a su vez, como hemos visto, sobre sus autores. Nada, en la naturaleza, ocurre de un modo aislado. Cada cosa repercute en las otras, y a la inversa". Pero presenta su separación de los pensamientos naturalistas predominantes al plantear que..... "el animal utiliza la naturaleza exterior e introduce cambios en ella pura y simplemente con su presencia, mientras que el hombre, mediante sus cambios, la hace servir a sus fines, la domina".

La comprensión ecológica mayor de Engels la encontramos en un postulado que hasta ahora mantiene su validez: "No debemos, sin embargo, li-sonj:arnos demasiado de nuestras victorias humanas sobre la naturaleza. Esta se venga de nosotros por cada una de las derrotas que le inferimos. Es cierto que todas ellas se traducen principalmente en los resultados previstos y calculados, pero acarrean, además, otros imprevistos, con los que no contá

(4) Engels en su libro La Dialéctica de la Naturaleza, criticó fuertemente los trabajos de Haeckel publicados entre 1866 y 1874. Es curioso, que a pesar de su enfoque totalizante no haya deparado en la trascendencia que podría tener en el futuro la palabra y el concepto de Ecología (Oekologie) introducido por Haeckel, en estos mismos trabajos en los años (1866 y (1869).

bamos y que, no pocas veces, contrarrestan los primeros", (cita como ejemplos las destrucciones de la naturaleza en Mesopotamia, Grecia, Asia Menor y otras regiones ocurridas por deforestación, degradación de cuencas hidrológicas, e introducción de enfermedades). En seguida ubica al hombre como parte integrante de la naturaleza al señalar "todo nuestro dominio sobre la naturaleza y la ventaja que en esto llevamos a las demás criaturas consiste en la posibilidad de llegar a conocer sus leyes y de saber aplicarlas acertadamente"...

Es sugerente que un año después de estos escritos de Engels, el precursor de la ecología alemana Mobius (1877), en su trabajo acerca de una comunidad de organismos de un arrecife de ostras, formulara el concepto de comunidad biológica o biocenosis, como... "Una comunidad de seres vivos constituida por un número y selección, dependientes de las circunstancias biológicas exteriores medias, de especies e individuos que se condicionan mutuamente y que, reproduciéndose perduran en un espacio limitado". Con esta conceptualización primera podemos decir que se inicia la ecología en forma sistemática.

Posteriormente se reconoce que el profundizar en los conceptos de comunidad biológica y espacio biológico es un vasto tema. Otro precursor de la ecología alemana Junge (1885), abogó por difundir el conocimiento de la vida de la naturaleza y el de sus leyes para que llegaran a todas las capas de la sociedad. En su libro "El Estanque de la Aldea como Comunidad Biológica" establece "Hay que considerar a la tierra como un todo orgánico... Así obtiene el hombre respuesta a su pregunta: ¿quién soy yo en esta multiplicidad y variedad de fenómenos? respuesta que dice así: eres un miembro del todo, recibes y das, dependes de él y actúas sobre él" ... Termina el libro con la afirmación: "... "cuanto más quiere el hombre someter la naturaleza a su servicio, tanto más dependiente de ella se vuelve; por eso, para preservarse de males, debe esforzarse por investigar su esencia, porque solo si se respetan sus leyes intrínsecas se deja dirigir."

Junto a estos planteamientos, surgieron muchos otros que desarrollaron aún más los argumentos de que el hombre no sólo es miembro integrante de la naturaleza, sino que también se encuentra, en cierto sentido, por encima de ella. Para contrarrestar la idea de dominio de Engels y Marx, se antepuso el concepto de que el hombre no es el amo de la naturaleza;

¡sería mucho decir! ¡Pero sí, es su transformador! (Ver Fels, 1935; 1954). Sin duda, esta definición fué una respuesta al conocimiento que iba evidenciándose alrededor de la correlación existente entre el hombre economizante y el espacio terrestre. En especial, durante la expansión de la economía en los planos nacional y mundial hacia los nuevos territorios colonizados.

Por otra parte la ecología como rama de las ciencias biológicas, no da mayor recepción en su quehacer a los planteamientos de los filósofos y pensadores citados (con las raras excepciones de Warning, 1895 y Friederichs, 1937) y va desarrollándose bajo la fuerte influencia de los progresos científicos alcanzados por los naturalistas antes mencionados. Aunque debe reconocerse que por su parte, los filósofos tampoco profundizan en los nuevos conocimientos que la ecología va generando.

3. Consolidación de la Ecología

A partir de los trabajos de Mobius (1877) y de Forbes (1887), los científicos comenzaron a concentrarse en construir los fundamentos de la ecología como ciencia (1887-1935), siendo determinadas sus orientaciones e inclinaciones por las especialidades de las cuales ellos provenían. Esto significó que surgieran distintos grupos: los geógrafos y biogeógrafos (Engler, 1899; de Martonne, 1925; Good 1931; 1947; Wulff 1943; Croizat, 1952; Dansereau, 1957); los biólogos de población (Lotka, 1925; Volterra 1926; Fisher, 1931; Nicholson, 1932; Gause, 1934; MacArthur and Connell, 1966; Levins, 1968); los climatólogos (Merriam, 1898; Koppen, 1940; Meusel, 1943; Thornthwaite 1954; Tromp, 1963; Folk, 1966; Landsberg, 1969; los zoólogos (Chapman, 1931; Clements y Shelford, 1939; Allee et al, 1949; Dice, 1952; Dowdeswell, 1952; 1959; Odum, 1954, 1971, 1975; Andrewartha y Birch, 1954; MacFadyen, 1957; Elton, 1958; 1966; Southwood, 1966; Margalef 1968; 1974; los botánicos (Kerner, 1896; Schrimper, 1903; Warning 1909; Del Villar, 1929; Rübel, 1930; Braun - Blanquet, 1932; Clements, 1936; Cain, 1944; Tansley, 1946; Daubenmire, 1947; 1968; Oosting, 1948; Greig-Smith, 1957; los limnólogos (Mobius, 1877; Forbes, 1887; Thienemann, 1925; 1946; Hutchinson 1957; 1967); los evolucionistas (Darwin, 1859; De Vries, 1906; Bateson, 1913; Haldane, 1932; Darlington, 1939; Ford, 1940; Simpson, 1944; Dobzhawsky,

1950; 1962; Mayr, 1963; los paisajistas (Cowles, 1901; Clements, 1936; Braun, 1950; Egler, 1959, 1961; los naturalistas (Bates, 1895; Pycraft, 1931; Darling, 1943; Howard, 1948; Fleure, 1951); los recursistas -(forestal; pesquero; ganadero; agrícola) (Wardle, 1929; Leopold, 1933; Good, 1933; Hill, 1937; Clark, 1941; Nicol 1943; Russell, 1954; Kevan, 1955; Millar, 1955; Dassman, 1964; Jarret, 1966; Watt, 1968; Van Dyne, 1969; la Ecología del hombre (Vernadsky, 1945; Sorré 1947; 1948; Vogt, 1948; Osborn, 1948; Hawley, 1950; Quinn, 1950; Sauer, 1952; 1966; Theilhard de Chardin, 1955; 1956; Thomas, 1956; Carson, 1962; McHarg, 1969; Vayda 1969) etc.

Estos grupos desde los distintos ángulos de sus disciplinas y especialidades contribuyeron a sentar las bases de la ecología.

La primera atención se dió a la terminología, la que en los primeros decenios provocó una gran confusión debido a la profusa aparición e invención de términos. Por ejemplo, (para citar solo algunos), términos como habitat, competencia, climax, disclimax, nicho ecológico, synusia, nivel trófico, ecotipos, etc., tardaron bastante en ganar una aceptación universal en tre una enorme gama que fueron descartados. Paralelamente tuvo lugar una subdivisión de la ecología, en gran parte motivada por los antecedentes disciplinarios de sus seguidores. Surge así la autoecología (estudio de los organismos o especies individuales) iniciada por los fisiólogos y sistemáticos; la sinecología (estudio de comunidades) dominado en principio por los limnólogos; la ecología vegetal (botánicos) y la ecología animal (zoólogos) las que actualmente tienden a unificarse dado que el estudio de los animales implica necesariamente la consideración de los vegetales y viceversa; la ecología del habitat (geógrafos y climatólogos); la ecología de poblaciones (biólogos); la eco-fisiología o fisiología-ecológica. Muy posteriormente (1940 adelante) surgen la ecología energética; la ecología cultural o antropológica; la ecología social ó ecología humana; la ecología de la radiación (debido a los avances de la energía atómica y sus aplicaciones); la ecología de sistemas (aplicando el análisis de sistemas); la ecología genética; la ecología microbiana; la ecología del paisaje; la ecología urbana, etc.

que siguen las pautas de las disciplinas que le dan su denominativo a la ecología.

Como muy bien podrá deducirse, los diversos intereses de los seguidores de la ecología en esta primera época (1900-1940) provocaron grandes confrontaciones y dificultades al desarrollo de la ecología como tal. Esto se vió frecuentemente en las etapas primeras de formulación de una nomenclatura ecológica bien definida, en la conceptualización de los fenómenos que se iban observando y principalmente en el desarrollo y aplicación de metodologías.

En este período, la ecología fué denominada como "el estudio de las relaciones de los organismos entre sí y su medio ambiente" ó "la ciencia de las relaciones que ligan los organismos vivos a su medio".

La raíz griega, oikos, que significa "hogar" concentró la atención de los ecólogos - destacándose que indicaba un lugar en que se vive, en que se habita. Esto naturalmente implicaba organismos presentes y que los ligaban ciertas condiciones. La Ecología, se entendió, por lo tanto, básicamente como el estudio de los organismos, de su medio ambiente y de todas las relaciones que existan entre ambos, aunque nunca se explicitaba que el hombre era parte del medio ambiente. Se evitaban los problemas de gran complejidad. Se avanzaba en base al enfrentamiento de los problemas menos complicados. Se señalaba que aunque la ecología derivaba de la misma raíz que la palabra economía "administración del hogar", no se le había dado una definición adecuada. Wells, Huxley y Wells (1939) la definieron "como una extensión de la economía a la naturaleza animada", pero no introducían al hombre explícitamente con sus complicados fenómenos económicos, sociales, culturales y políticos, dentro de ese marco de la naturaleza que interesaba a los ecólogos. Sin embargo, implícitamente ello estaba presente, pero no se manifestaba por la cautelosidad de la ecología incipiente, que recomendaba no entrar abiertamente en el campo de otras ciencias, menos aún, las sociales y económicas.

Cabe hacer notar que ya en este período al medio ambiente se le considera como un complejo de factores, que incluye todo aquello que puede afectar a un organismo, de cualquier manera que sea. Los ecólogos empezaron a convencerse lentamente que la complejidad del medio ambiente y la ordenación de la materia a estudiar sugerían la necesidad de apoyarse en las demás ramas de las ciencias, si se quería llegar a un perfecto conocimiento. Esta apertura hacia otros campos del saber constituyó un gran enriquecimiento para la ecología. Puesto que tanto plantas como animales, e incluso el hombre son organismos, y dado que el medio ambiente incluía a veces casi toda la biósfera, el objeto de la ecología comenzó a ser casi ilimitado.

Este acontecer significó que la ecología fuese considerada, por muchos años, dentro de la academia de las ciencias biológicas, dominada por genéticos, biólogos moleculares, biofísicos, bioquímicos como una ciencia de segunda clase "a soft science", ya que su campo de acción era muy amplio, menos específico que el de otras ciencias biológicas. (5).

Sin embargo, después de señalar subdivisiones, y establecer una terminología depurada, la ecología logró avanzar a partir de 1930 en una forma impresionante.

En este período la ecología supera la etapa de definición de conceptos principales, con una terminología universal y genera sus primeros campos de aplicación hacia el manejo de bosques, manejo de praderas, conservación de suelos, protección de la vida silvestre. Se establecen también las primeras asociaciones de ecología, British Ecological Society (1913); Ecological Society of America (1915). Se definen escuelas de pensamiento y aparecen las primeras revistas que demuestran la madurez de la ecología como ciencia: Journal of Ecology (1913); Ecology (1920); Zeitschrift Für Morphologie van Okologie der Tiere (1924); Ecological Monographs (1931); Journal of Animal

(5) Al respecto es muy interesante ver el ejemplo citado por Wilson (1977) que sucedió hace doce años en la Universidad de Harvard. En muchas Universidades hasta hace 20 años fué muy mal visto el "hacer ecología". En las Facultades de Ciencias de todo el mundo, era muy infrecuente apreciar interés alguno por incluir entre sus miembros a especialistas en el campo de la ecología.

Ecology (1932), Oikos (1949); Japanese Journal of Ecology (1950); Vie et Milieu (1950), Elologia Polska (1953); Oecología (1968); Human Ecology (1972). Actualmente se registran más de 500 revistas científicas periódicas que publican trabajos de ecología.

De esta manera es como la historia natural evolucionó en ecología, y ésta, más tarde, en una ciencia que penetró en otras ciencias y campos del conocimiento (6) para, llegar después a formar parte de la conciencia del gran público.

4. Discusión.

Lo sucedido en el período 1860-1930 demuestra que la comprensión de las relaciones entre hombre y naturaleza y los avances de la ecología inicial no tuvieron el efecto deseado para que la nueva sociedad industrial meditara acerca de los efectos colaterales que sus acciones apoyadas en la nueva fuerza tecnológica producían sobre el medio ambiente. La exposición de conjunto del problema de la estructuración del espacio vital y económico por el hombre en su acción creadora, con todos sus efectos y consecuencias, no merecieron en esta época un tratamiento especial.

La intervención del hombre en los acontecimientos naturales, principalmente por razones económicas, siguió aumentando a un ritmo aceleradísimo en la llamada Era del Progreso. No se reparó con la suficiente seriedad e interés, en los efectos negativos sobre el medio ambiente que comenzaron a evidenciarse a partir de 1900. No se dió importancia al hecho de que muchas veces no sólo se cambió el cuadro del paisaje terrestre hasta entonces conocido, sino también se modificaron todos sus efectos de conjunto (7).

(6) Especialmente las ciencias agrícolas, medicina, sociología, arquitectura, antropología, psicología, economía, ingeniería civil, ingeniería sanitaria, urbanismos, tecnología, etc.

(7) Este proceso transformador significó un progreso económico y social relativo; las ciudades se transformaron en grandes ciudades; se construyeron grandes redes de comunicaciones; se generaron grandes cantidades de deshechos; contaminación de las aguas; se produjo una desecación de las tierras; se establecieron formas de regadío artificial; se construyeron embalses; se aceleró la industrialización, la electrificación, la deforestación, la extracción de minerales con la consiguiente contaminación atmosférica y la degradación de los recursos, etc.

El conocimiento de todos estos procesos de origen económico, que fueron y son de gran importancia para la Humanidad, y sus interrelaciones con los procesos naturales, comenzaron a ser, por tanto, un punto de atención primordial para la ecología a comienzos del siglo XX, que se vió obligada a sentar los fundamentos de su ciencia, para acometer el gran desafío que tenía por delante. Primero, para presentar un esquema coherente, comprensible y aceptable, acerca del entendimiento de las leyes naturales que fuese seguido por la sociedad economizante, dominante. Segundo, para demostrar la necesidad de compatibilizar el desarrollo económico con los principios de cooperación, simbiosis del hombre dentro del todo que lo envuelve y le da razón de ser: la naturaleza.

Pero esta tarea no fue y no es algo fácil ni compensatoria para la ecología hasta la primera mitad del siglo XX. El hombre por sus sentimientos y sus costumbres, siguió en su tendencia de considerar como carente su capacidad para modificar la estructuración de la naturaleza y sus funciones, en comparación con las fuerzas naturales. Se siguió hablando con complacencia de la debilidad del hombre, que luchaba como un enano frente a la gigantesca naturaleza. Esta subestimación fue más justificada en tiempos pretéritos, pero ya comenzaba a ser superada (y no es nada válida hoy en día). Por intrascendente que sea la potencia física del hombre aislado, su fuerza se multiplica enormemente por la asociación y por las directrices del ingenio humano. Estas fuerzas fueron modificando radicalmente la faz de la tierra y los procesos naturales, siguiendo un patrón de crecimiento económico, industrial y tecnológico que penetró en amplias regiones. De esta forma el hombre se convierte en un gigante en comparación con la naturaleza, con un vigor antes insospechado. Cada día, desde comienzos de siglo (y hasta ahora) se anuncian nuevas y sorprendentes conquistas. A partir de 1850, el proceso de modificación de la naturaleza da un brusco salto en su curva de crecimiento y hasta hoy se hace cada vez más vertical. (Fels, 1954).

De esta forma, la civilización interfiere en el ser y en el proceso de la naturaleza, y debe adecuarse a las consecuencias. La acción del hombre sobre la naturaleza, tiene entonces, límites que están determinados por leyes de la naturaleza. Resulta claro que frente a cada una de las inter-

venciones del hombre en la naturaleza, se plantea siempre el problema ¿en qué grado influye esa intervención sobre el curso de los procesos naturales y sobre la economía general de la naturaleza en un determinado lugar? y ¿en qué grado vuelve a actuar, por intermedio de esas influencias, sobre la totalidad del medio ambiente?

La tarea principal de la ciencia de la economía de la naturaleza - la ecología - en todas sus aplicaciones, a partir de esta toma de conciencia, será la de abarcar y comprender esas correlaciones en su conjunto, aconsejar y actuar de acuerdo con ese conocimiento. Es decir, aprender a reconocer como tales, las medidas perjudiciales a la naturaleza y reducirles al mínimo. La ecología se transforma así en una de las ramas más importantes de las ciencias.

III. EL CONCEPTO DE ECOSISTEMA.

1. El Marco Conceptual.

Fue un botánico inglés, A. Tansley (1935) el que introdujo el término definiéndolo como "un sistema total que incluye no sólo los complejos orgánicos sino también al complejo total de factores que constituyen lo que llamamos medio ambiente". Posteriormente, los especialistas han insistido en que el sistema ecológico o ecosistema debe ser considerado como un nivel de integración por sobre los niveles de organización o integración físicos, químicos, biológicos (átomos-moléculas-células-tejidos-órganos-organismos-poblaciones-comunidades).

En síntesis, el ecosistema es una unidad estructural, funcional y de organización, consistente en organismos (incluido el hombre) y las variables ambientales (bióticas y abióticas) de un área determinada. El término "eco" significa medio ambiente y el término "sistema" significa un complejo interactuante. El ecosistema pasa a ser la unidad de estudios de la ecología (8).

Paralelamente en esta época diversos autores convergieron hacia esta conceptualización (9). "Ecosistema" es el término que se emplea en inglés, francés y español, en tanto que "biogeocenosis" es el que se cita en la literatura soviética y otras lenguas eslavas. (10)

(8) Ejemplos de tipo de ecosistemas son: el bosque tropical húmedo; un lago; los estuarios; la estepa andina; los desiertos, etc.

(9) El ruso Dokuchaev (1846-1903) y Sukachev (1944) usan el término "geobio-cenosis"; los alemanes: Friederichs (1930) sugirió "holocoen", Thienemann (1939): "biosistema". Major (1969) presenta una excelente revisión del desarrollo histórico del concepto de ecosistema, destacando la riqueza de la terminología ecológica en diversas regiones y países, la antigüedad del concepto y comparando los distintos esquemas conceptuales formulados en Europa y América. Cain (1966); Morgan y Moss (1965) también presentan una información complementaria revisando detalladamente conceptos y términos ecológicos.

(10) En su aplicación primera el término biogeocenosis toma en cuenta solo el conjunto de factores abióticos y orgánicos que definen una biocenosis, pero no implica necesariamente la insistencia sobre el aspecto energético que caracteriza el estudio de los ecosistemas.

Estos logros demostraron que en cada región geográfica podía reconocerse unidades, los ecosistemas, constituídas por "biotopos" más biocenosis" bien determinadas; que la comunidad biológica era la forma de vida en la naturaleza; que existía un orden de totalidad dentro de estas unidades y en la biósfera entera; se reconoció que el concepto de sistema era la forma de organización de la naturaleza; que la vida era dependiente de su medio físico; que la vida a su vez era un agente que modificaba el medio; que las unidades o sistemas ambientales que se reconocían no eran estáticas, sino dinámicas, que tenían un desarrollo que era influido por las condiciones del medio y por las interdependencias que se creaban entre el medio vivo y no vivo, y que evolucionaban a otras formas a través de un proceso transformador natural - la sucesión ecológica (lago → pantano → pradera → bosque); que lo vivo y no vivo se unían a través de una circulación bien definida de materia y nutrientes; que el medio ambiente total, al fin de cuentas, dependía de una captación de la energía solar que era transmitida en forma de flujo a través de todos los componentes vivos y no vivos del sistema ambiental.

2. Componentes y Procesos de un Ecosistema.

Evidentemente, el concepto ecosistema permitió a la ecología moderna sistematizar en un todo la estructura, la función y la organización de la Naturaleza, expandiendo su objeto primero, netamente biológico, a las intrincadas conexiones entre las ciencias naturales y sociales.

Tal sistematización ha permitido distinguir siete componentes estructurales y seis procesos funcionales y de organización (Odum, 1972 ; Hurtubia et al, 1976).

2.1 Componentes de un Ecosistema.

2.1.1. Componentes estructurales abióticos o físico-químico (parte no viva).

2.1.1.1. Sustancias inorgánicas.

(Carbono (c), Nitrógeno (N), Anhídrido Carbónico (CO₂); Oxígeno (O₂), etc.) que forman parte del ciclo de la materia.

2.1.1.2. Sustancias orgánicas.

(proteínas, hidratos de carbono, lípidos, sustancias húmicas, etc.) que enlazan a los componentes bióticos y abióticos.

2.1.1.3. Régimen climático

(temperatura, precipitaciones, presión, vientos, etc) que determinan las características de una región biológica en el tiempo y en el espacio.

2.1.2. Componentes estructurales bióticos (parte viva)

2.1.2.1. Productores o autótrofos (se nutren a sí mismos en su mayoría son las plantas verdes capaces de utilizar la energía solar para elaborar sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas simples).

2.1.2.2. Fagótrofos (fagos-comer) ó macro-consumidores,

agrupan a herbívoros, carnívoros primarios, secundarios, terciarios, los parásitos, etc. animales que consumen plantas, partículas de materia orgánica u otros organismos.

2.1.2.3. Saprótrofos (sapro-descomponer) o micro-consumidores,

son los micro-organismos principalmente bacterias,

hongos y algunos protozoos que desintegran los compuestos complejos, absorbiendo algunos productos en descomposición y que liberan a) sustancias inorgánicas que pueden ser utilizadas por los autotrofos, junto con b) residuos orgánicos que pueden servir de fuente de energía o que pueden ser inhibidores, estimuladores o reguladores a otros componentes bióticos del ecosistema.

2.1.2.4. El hombre,

que biológicamente es un macro-consumidor, pero que constituido en sociedad tiene un papel mucho más importante como regulador y modificador del ecosistema; está continuamente interaccionando con los otros componentes biológicos y físico-naturales dentro de la totalidad del sistema. (Sólo en los últimos años la ecología comienza a explicitar que el hombre es un componente del sistema ecológico).

De acuerdo a la nomenclatura ecológica los componentes estructurales abióticos determinan un espacio biológico o biótomo (bio=vida; topo=lugar) y los componentes estructurales bióticos constituyen comunidades biológicas o biocenosis (bio=vida; cenosis=comunidad). El biótomo más la biocenosis constituyen la unidad de los estudios ecológicos, el ecosistema.

2.2. Los procesos de un ecosistema.

2.2.1. De la Cadena Alimentaria,

caracterizados por enlaces de alimentación o tróficos (trofo=comer) que relacionan a predadores con sus presas; cadenas parasitarias (parásito-huésped) y cadenas sapro-bióticas (materia orgánica en descomposición - saprotrofos).

2.2.2. Del Ciclaje de la Materia,

que incluye minerales y nutrientes, consistente en el intercambio de materiales entre los componentes estructurales abióticos y los bióticos, a través de los procesos cíclicos de absorción, producción, conversión, descomposición, desintegración y reabsorción(ciclo del Agua; del Fósforo, del Nitrógeno, del Azufre, del Anhídrido Carbónico, etc.)

2.2.3. Del Flujo de Energía,

desde la captación de la energía solar por los autótrofos ó productores: las plantas verdes, (productividad primaria); su conversión y degradación en energía química por los macro y micro-consumidores (productividad secundaria); implicando en cada transformación energética una pérdida del flujo hasta escaparse íntegramente del ecosistema como energía calórica, después de pasar a través de las complejas cadenas alimentarias (o tramas) que conforman los componentes estructurales bióticos (herbívoros → carnívoros → descomponedores).

2.2.4. De los Patrones de Diversidad,

en el tiempo y en el espacio que se manifiestan dentro de la comunidad biológica y que se define por el número de especies, con sus respectivas poblaciones, el número de individuos que conforma a la comunidad y de cómo éstos están distribuidos en cada una de las especies.

2.2.5. Del Desarrollo del Ecosistema,

en particular la evolución integral del conjunto biótopo-biocenosis, a través de interacciones complejas entre todos sus componentes, para determinar el paso a través del tiempo desde un sistema simple a uno más complejo y estable. (sucesión ecológica).

2.2.6. Del Control,

(cibernética) por las interacciones que se establecen entre todos los componentes del sistema, en la forma de mecanismos de retroacción negativa (feed-back) para asegurar la autorregulación dentro del ecosistema como un todo de complejidad organizada.

Aunque como toda clasificación, la subdivisión del ecosistema entre 7 componentes estructurales y 6 procesos es arbitraria, nos permite demostrar que los componentes esquematizan la estructura y los procesos las propiedades funcionales, operativas y de organización del ecosistema (Odum, 1972; Hurtubia, et al, 1976). En realidad el sistema conforma un todo; los componentes están tan interconectados en el proceso de la naturaleza que en la práctica es imposible separarlos; operacionalmente, por otra parte, los procesos no hacen mayor distinción entre lo biótico y abiótico. De esta forma, los elementos y compuestos están en un constante estado de flujo entre los estados animados y no animados de la naturaleza.

La ecología se ha desarrollado hasta ahora, en gran medida, aplicando métodos para delinear las estructuras; y por otra parte, aplicando formas de medición para las tasas de función de cada proceso. Poco se ha avanzado en el dilucidamiento de los aspectos de organización. El desafío actual de los estudios ecológicos es entender las relaciones entre estos tres atributos de los ecosistemas.

3. Enfoques en el estudio de los ecosistemas.

Se reconocen dos enfoques básicos para el estudio de los ecosistemas: el enfoque holístico ú holológico (holos=todo) iniciado por Birge (1915) cuando realizó el presupuesto calórico de un lago (el primero en poner énfasis en las relaciones operacionales de los procesos de flujo y ciclaje) y el enfoque merístico (meros=parte) utilizado por Forbes (1887) en el cual se identifican las partes del sistema y se trata de construir el todo a partir de ellas. (Hutchinson, 1964). Cada proceder tiene sus ventajas y desventajas, y cada uno conduce a distintos tipos de aplicaciones en términos de solución de problemas. En los últimos años, (1966-adelante) con la ayuda de la computación el análisis de sistemas, técnicas de simulación y modelos matemáticos se han impulsado notablemente los análisis globales de los ecosistemas siguiendo un enfoque holístico.

4. El Ecosistema, un punto de Síntesis.

El ecosistema es un paradigma del principio de las interdependencias.

La teoría de ecosistema logró en la ecología una integración y síntesis de las diversas raíces que se manifestaron en los comienzos de la historia de la biología, y que hasta entonces constituían enfoques divergentes que habían permanecido como campos separados con una mínima teoría general que los conectara. El cambio del interés ecológico de lo descriptivo a lo funcional, apoyado por el concepto de sistema ecológico, contribuyó en forma notable a esta integración.

Es importante hacer notar que en todo ecosistema los procesos funcionales, como aquellos relacionados a las leyes de la termodinámica (flujo de energía), son los mismos a todos los niveles de organización, pero los componentes estructurales son totalmente distintos. Por lo tanto, la diferencia real entre los niveles yace en la interacción de procesos similares con diferentes estructuras. Por ejemplo, la naturaleza bioquímica de la fotosíntesis puede ser la misma en una célula como en un bosque, pero la estructura de un bosque es tan diferente a la estructura de una célula que los es-

tudios a nivel celular no pueden explicar la fijación energética, la homeostasis, la sobrevivencia y la evolución del bosque.

Se originan, pues, con esta profundización conceptual de la ecología alrededor de la teoría del ecosistema nuevas definiciones para este concepto:

"Las plantas, animales y microorganismos que viven en una área y conforman una comunidad biológica están interconectadas por una intrincada trama de relaciones, las cuales incluyen el medio ambiente físico, donde estos organismos existen. Estos componentes biológicos y físicos interdependientes constituyen lo que los ecólogos llaman un ecosistema" (Ehrlich y Ehrlich, 1970).

"Un nivel de organización superior a la comunidad es el ecosistema. En él se considera no sólo el conjunto total de plantas y animales en un medio ambiente, sino también la materia que circula a través del sistema y la energía que se consume para hacer funcionar el sistema" (Watt, 1973).

"Los organismos vivos y su medio ambiente no vivo (abiótico) están inseparablemente interrelacionados e interactúan unos con otros. Cualquier unidad que incluya a todos los organismos (por ejemplo la "comunidad") en un área dada interaccionando con el medio ambiente físico, de manera que un flujo de energía determine una estructura trófica, diversidad biótica y ciclaje de la materia claramente definidas dentro del sistema, es un sistema ecológico o ecosistema". (Odum, 1973).

"El ecosistema, es un sistema abierto integrado por todos los organismos vivos (comprendido el hombre) y elementos no vivientes de un sector ambiental definido en el tiempo y en el espacio, cuyas propiedades globales de funcionamiento (flujo de energía y ciclaje de la materia) y autorregulación (control) derivan de las interacciones entre todos sus componentes tanto pertenecientes a sistemas naturales como a aquellos modificados o creados por el hombre mismo" (Hurtubia et al, 1976).

El concepto es actualmente utilizado para referirse a cualquier nivel de un sistema organizado (desde genes-células-órgano-organismos-poblaciones-biocomunidades-sociedad humana) cuando el medio ambiente total está siendo incluido, con toda la trama de unidades y sus interacciones. (Odum, 1971). Los ecólogos en un avance a la comprensión total del medio ambiente postulan hoy que las poblaciones, las comunidades de poblaciones de diferentes organismos, la vegetación como un sistema integrado de comunidades de plantas, las bio-comunidades de sistemas de poblaciones de plantas y animales, y las sociedades humanas emergen de las dinámicas establecidas por la conducta colectiva de los organismos componentes y pueden ser vistos, en una

región geográfica determinada , como sub-sistemas de un ecosistema .

Un aspecto de fundamental importancia que emerge de este proceso conceptual es el manejo de los recursos en distintos tipos de ecosistemas humanizados donde sea posible extraer una producción regular y sostenida que beneficie en términos equivalentes a la protección ambiental, a la conservación de la naturaleza y que cubra las necesidades del hombre.

Paralelamente a muchos avances puramente técnicos y científicos surge la necesidad de introducir y adaptar estas técnicas a un plan de ordenación del medio, que sean parte del desarrollo integral de una región en la cual las prácticas ecológicas no constituyen sino una variable dentro de un complejo sistema de interacciones sociales, culturales, políticas y económicas. En otras palabras la ecología asume la responsabilidad de entregar un esquema, donde los esfuerzos científicos tanto empíricos como técnicos, aplicados o puros, locales o regionales, vayan dirigidos a la creación de un sistema de utilización de los recursos en beneficio del hombre, considerando las limitaciones ecológicas existentes en la biósfera para mantener el funcionamiento de los ecosistemas humanizados. La estrategia para la armonización de las relaciones entre hombre y naturaleza, queda caracterizada por una protección, conservación y mejoramiento de una naturaleza humanizada.

El ecosistema se constituye así en el instrumento intelectual más importante de la ecología y su reconocimiento por la comunidad científica ha adquirido gran trascendencia con el correr de los años, estableciendo las bases de una ecología transdisciplinaria, "la nueva ecología".

La aplicación del concepto ha sido extremadamente útil para comprender la estructura y función de la naturaleza y para basar un manejo adecuado de los Recursos Naturales. Así mismo, surgen las principales contribuciones de la ecología, de un alto valor heurístico para otras ciencias en el desenvolvimiento de nuevas metodologías y enfoques de síntesis e integración. La ventaja es obvia, ya que ha permitido delinear en un simple

marco de trabajo la jerarquía de unidades de organización, destaca la calidad de la estabilidad de un sistema y las propiedades globales de las interacciones hombre-medio ambiente.

A continuación se citan los trabajos más importantes donde el ecosistema ha encontrado una aplicación precisa y constructiva:

Urbanismo (Bookchin, 1974; Papanek, 1973 ; Salter, 1974; George y McKinley, 1974).

Asentamientos humanos (Dansereau, 1975; Doxiadis, 1974; Laconte, 1976; Ward, 1976).

Geografía (Stoddart, 1965; Brookfield, 1964; Geertz, 1963; Rappaport, 1963; Mabogunje, 1970; Riábchikor, 1976; Guerasimov et al 1976).

Ecología Humana y Antropología. (Steward, 1955; Bates, 1953; Hawley, 1950; Theoderson, 1961; Sargent, 1974; Moncrieft, 1970; Moscovici, 1975; Vayda y McCay, 1975; Vayda y Rappaport, 1968).

Planificación (Sachs, 1973; 1974; Laszlo, 1974; 1972; Watt, 1973; 1974; Drov- 1964; Friedman, 1973; Calderón y Robert, 1979).

Psicología (Barker, 1966; Robinson, 1950; Clausen y Kohn, 1954).

Energía (Odum, 1971; Kemp, 1971; Rappaport, 1971; Givoni, 1969; Williams, 1974; McHale, 1970).

Sociología (Goodman, 1974; Emery y Trist, 1973; Duncan, 1964).

Tecnología (Galtung, 1976; Farvar, 1973; Rabbitnovich y Rabbitnovich, 1975; Sasson, 1974; Shummacher, 1973; Meadows et al, 1972).

Educación (Stap, 1975; Trent, 1972; Emmelin, 1977).

Comunicación (Sandman, 1974; Giacomini, 1976; Rhiney, 1972).

Medicina (Dubos, 1968; Baker, 1966; Armelagos y Dewey, 1970; Cockburn, 1961; May, 1960; Newman, 1962; Scrimshaw, 1964).

Economía (Kneese, 1971; Kneese y Bower, 1968; Kutrilla, 1970; Torres y Pearce, 1979; Tinbergen et al, 1976; Tamames, 1977; Ramsay y Anderson, 1972; Pearce, 1976; Boulding, 1966; Johnson y Hardesty, 1971).

Conservación (Usher, 1973; Creigg, 1968; Dassman, 1968; Mossman, 1974), etc.

En resumen, con el concepto de ecosistema, la ecología ha hecho su contribución más profunda y valiosa al conocimiento humano.

IV. EL FLUJO DE LA ENERGIA (EJEMPLO DE LA EVOLUCIÓN TEORICA DE LA ECOLOGIA)

1. Preámbulo.

Para profundizar conviene conocer la evolución teórica que ha tenido lugar durante los últimos 50 años, en particular, el avance en el conocimiento acerca de cada uno de los 6 procesos que presentamos en la sección anterior. Por razones de espacio nos vemos obligados a presentar solamente la evolución teórica de uno de estos procesos: El Flujo de la Energía. Esta selección se ha hecho porque es en este campo donde la ecología ha logrado sus mayores progresos para fundamentar un enfoque cuantitativo a los aspectos funcionales y de organización de los ecosistemas. Es aquí también donde el ecólogo encuentra unidades de medición para explicar la mayoría de los fenómenos ecológicos. Los adelantos logrados en la comprensión del comportamiento de la energía en los ecosistemas, han demostrado que las aplicaciones de la ecología pueden ser de una extraordinaria eficacia, en especial para el tratamiento de los asuntos relativos al metabolismo del hombre, su sociedad y el medio ambiente.

2. Etapas de la Teoría del Flujo de Energía.

La idea de considerar a la naturaleza como un sistema de flujo de energía se encuentra profundamente arraigada a las primeras etapas de la ciencia y muchos de los conceptos que usa la ecología en esta materia tuvieron su origen en las ciencias físicas, en la fisiología, biofísica, bioquímica y medicina.

Para cumplir con los propósitos de esta sección pueden reconocerse 10 etapas principales en la evolución teórica de la ecología con respecto al conocimiento y entendimiento del flujo de energía en los ecosistemas.

2.1 Descripción Cualitativa de Cadenas Alimentarias.

La idea que los organismos en la naturaleza estaban ligados por cadenas alimentarias, fue expresada por los primeros naturalistas. A medida que el conocimiento profundizó a nivel

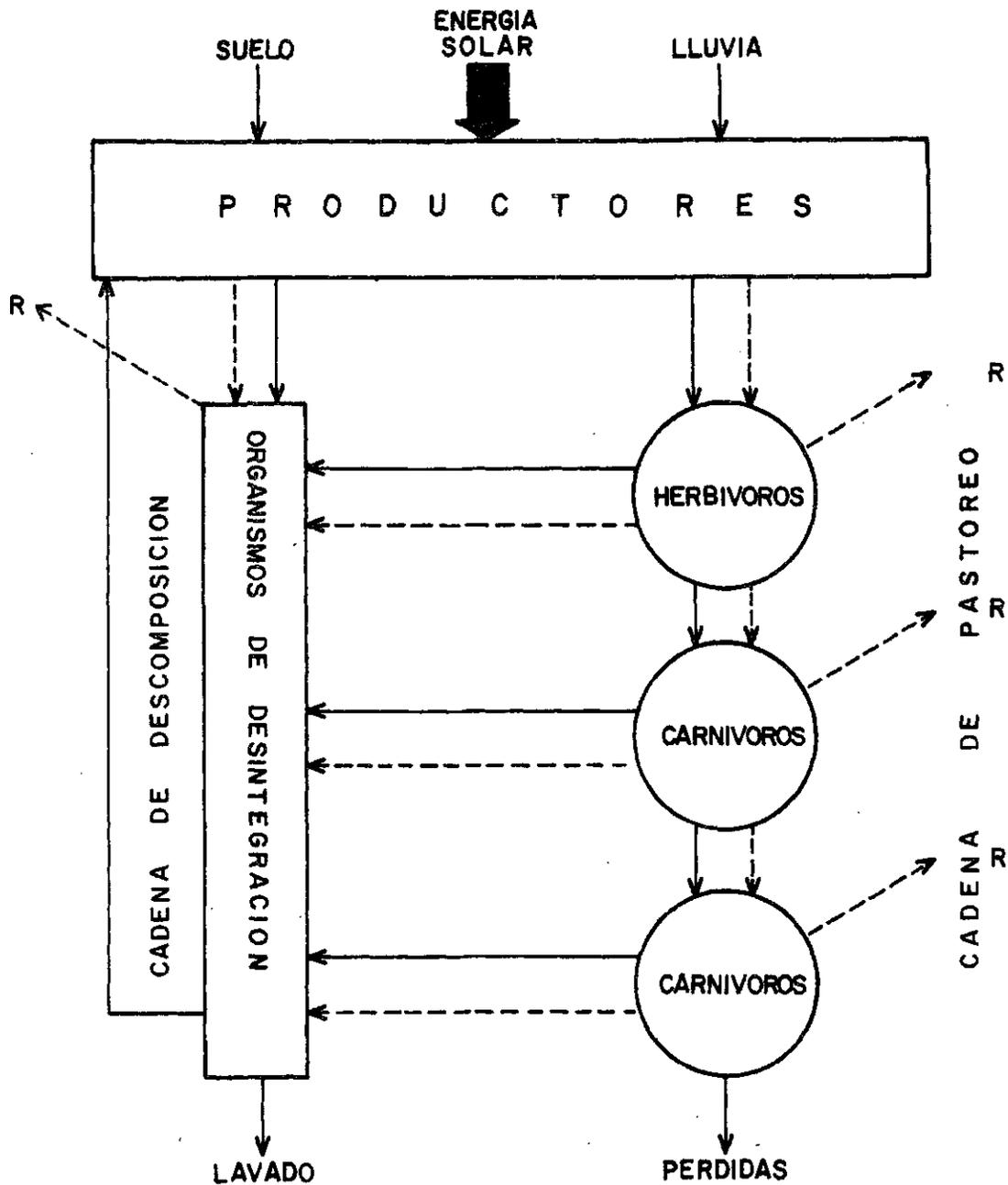


FIGURA 1. Las cadenas de descomposición y las de alimentación o pastoreo. El Flujo de Energía (flechas de líneas de trazos) y el ciclaje de materiales nutrientes (flecha continua) a través de una comunidad biológica. Toda la energía captada se disipa del sistema en forma de calor (R= Respiración de cada nivel trófico). Los nutrientes se mantienen circulando para renovar los distintos componentes de la comunidad biológica (Posterior a Woodwell, 1970).

de comunidad biológica, el concepto "cadena" fué sustituido por el de "trama" o "red alimentaria", más acorde con las complejas interrelaciones "Alimentos-Consumidores", que se establecen en los ecosistemas. Se reconoció que hay dos tipos de cadenas: Las de pastoreo (productor-consumidor-carnívoros) y las de descomposición (Fig. 1). A partir de aquí comenzaron las investigaciones dirigidas a conocer cómo se almacenaba la energía en ambas, para constituir poblaciones más abundantes en unas, y acumulaciones y reciclado en materia orgánica muerta, pero no descompuesta, en las otras.

2.2 Niveles Tróficos y Pirámides Ecológicas.

Thienemann (1926) describió los niveles tróficos en términos de productores y consumidores, concepto que posteriormente se definió como la distancia a que se encuentra un organismo (o grupo de organismos de hábitos alimenticios similares) de la fuente de energía primaria del ecosistema: La energía solar.

Elton (1927) se refirió a las "pirámides de números" en términos de la organización de la cadena alimentaria: "Los animales de la base de la cadena alimentaria (productores) son relativamente abundantes, mientras que aquellos del final son relativamente pocos en número, existiendo una progresiva disminución entre los dos extremos" (esto sirvió para establecer el número de herbívoros mantenidos por un determinado número de plantas). Más tarde, se reconocieron dificultades con esta aproximación, ya que no era informativa si se comparaban entre sí productores tales como árboles y algas o consumidores tales como un elefante, una rata o el hombre. Esto se solucionó parcialmente utilizando unidades de biomasa por unidad de área. Sin embargo, esto tampoco fué una respuesta definitiva ya que no se consideraba el tiempo, es decir, la velocidad de reproducción de esa biomasa, y no podía utilizarse para fines comparativos. (Phillipson, 1966).

Para superar estas limitaciones se construyeron las "Pirámides de Energía", en las cuales desde la base hacia arriba, se colocaban para cada nivel trófico las cantidades totales de energía utilizadas en un área y tiempo dado (Kcal/m²/día).

2.3 Aplicación de los Principios de la Termodinámica.

Lotka (1925) realizó un trabajo fundamental sobre la influencia de la Segunda Ley de la Termodinámica (Ley de la Entropía) en la Ecología Teórica. Sus conceptos de estados en desequilibrio y la "ley del máximo energético en sistemas biológicos" constituyeron los inicios de muchas generalizaciones posteriores.

La ecología comienza a estudiar los fenómenos físicos para explicar la importancia de la longitud de onda, tanto de la luz solar entrante, como del calor reflejado (influencia de la atmósfera, dispersión difusa, absorción atmosférica, radiaciones que lleguen a la tierra) para hacer una "contabilidad energética". Se conoce que 1/3 de la energía solar que llega a la atmósfera se refleja hacia el espacio, otro 25% se esparce en las nubes, polvo, etc. y que la cantidad promedio de energía por unidad de área/por unidad de tiempo realmente útil a las plantas varía con la localidad geográfica y fluctúan entre valores 2.9 y 6.0×10^8 cal/m²/año. (Phillipson 1966; Gates 1962).

Se reconoce la importancia de las formas de irradiación en ondas electromagnéticas (0.2 hasta 4. Omicrones) desde la zona ultravioleta a la infrarroja. La mayoría de estas longitudes de onda "corta" pasa a través de la parte superior de la atmósfera ya que nubes, polvo y otros componentes son transparentes a este tipo de longitud de onda.

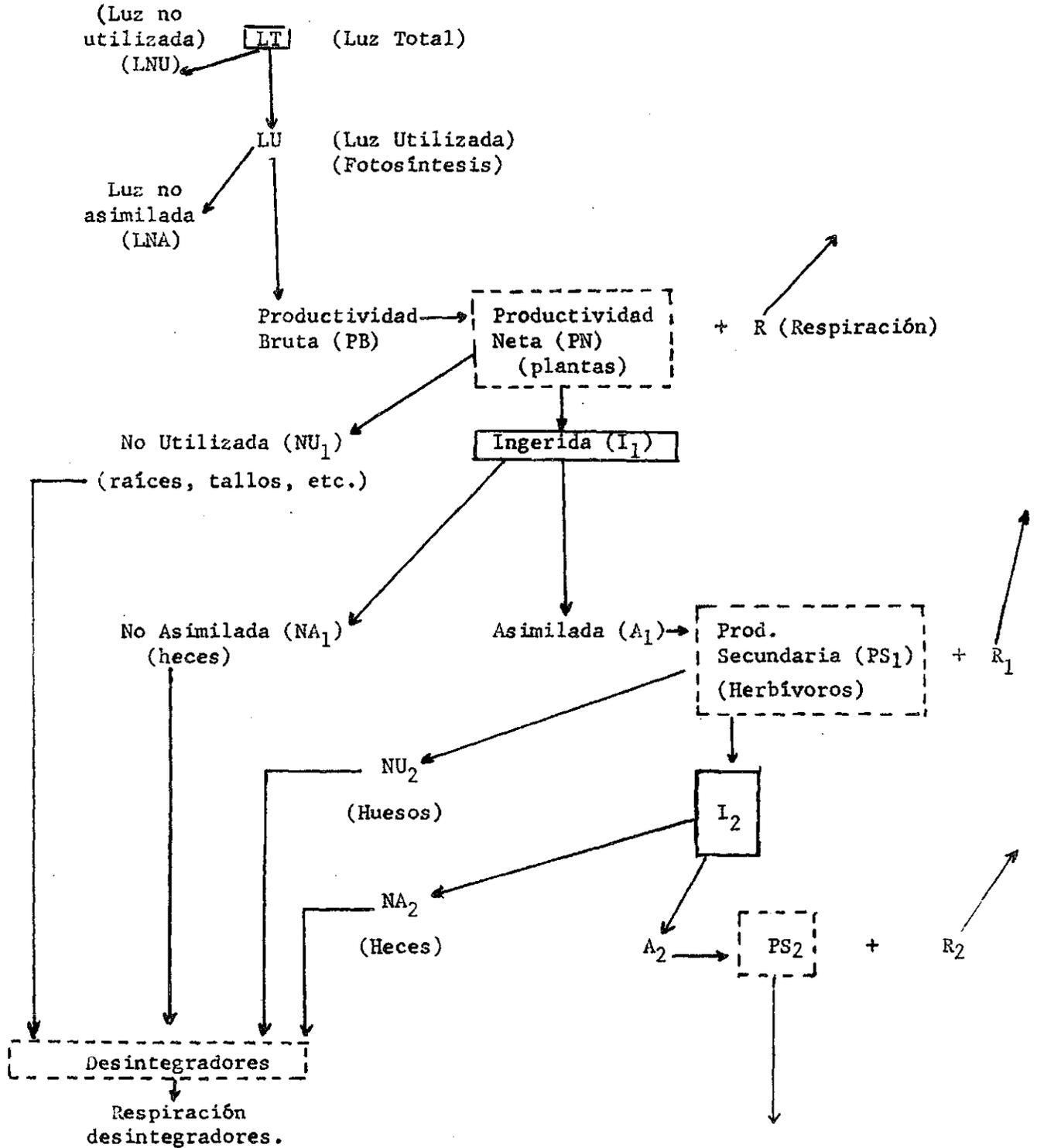
2.4 Presupuestos Energéticos y el Concepto de Productividad Primaria.

Los limnólogos fueron los primeros en desarrollar estos conceptos, quizás porque los lagos constituyen un tipo de unidad muy convenientes de estudiar, y también porque los intercambios de fases y de calor son más fácilmente medibles en aguas quietas que en otro tipo de ecosistemas. Los trabajos de Birge (1915) y de Juday (1940) fueron los principales de esta tendencia. Después, con los nuevos instrumentos disponibles pudo comenzarse a estudiar los ecosistemas terrestres, e incluso toda la biósfera (Gates, 1962).

Paralelamente se comienza a estudiar cómo la luz solar se transforma por medio de la fotosíntesis en moléculas químicas complejas; cómo estas se transmiten en la biocenosis por cadenas de alimentación a los consumidores y de éstos, por las cadenas de descomposición a los desintegradores; cómo se utiliza esa energía para degradar estas moléculas y liberar calor por medio de la respiración. Se identificaron así los principales pasos de ese flujo de energía en los términos siguientes.

(Ver Esquema Adjunto)

Modificado de Bourlière y Lamotte, 1967



Este esquema nos da una idea general cómo por medio de la fotosíntesis se usa la Luz Util (LU); se almacena la energía (PB), la cual menos el calor perdido por Respiración (R), queda disponible en cierta cantidad como Productividad Neta (PN) para ser ingerida por los herbívoros. Una parte de esta No se Utiliza (NU), por el eslabón siguiente. De lo que se Ingerir (I), una parte No se Asimila (NA) y otra se Asimila (A), que constituye la Productividad Secundaria de los Herbívoros (PS_1), la cual nuevamente menos R_2 y NU_2 puede ser Ingerida (I_2) por los carnívoros; estos a su vez pierden lo No Asimilado (NA_2). Lo Asimilado (A_2) pasa a ser la Productividad Secundaria de los Carnívoros (PS_2). Estos mecanismos de flujo siguen repitiéndose hasta los carnívoros de segundo, tercer y cuarto orden.

Para explicar estos fenómenos se recurre a las leyes de la termodinámica y se concluye que la Energía Solar que entra al sistema es igual a la energía calórica que abandona el sistema ecológico por medio de la respiración.

2.5 Conceptos Trofo-dinámicos y el Flujo de Energía a Través de los Niveles Tróficos

El trabajo de Lindeman (1942) fué la base fundamental del pensamiento ecológico moderno, ya que mostró la forma en que los conceptos del flujo de energía podían tratarse al nivel de ecosistema. Se inicia así una línea de pensamiento seguida por Hutchinson (1948); Clarke (1946) MacFadyen (1949), que hasta la actualidad constituye un foco de atención creciente.

Se comienza a "contabilizar" esta energía y se explican las grandes pérdidas de energía que ocurren entre cada nivel trófico (planta=herbívoro-carnívoro 1-carnívoro 2-etc.). Lindeman (1942) descubre que a medida que la energía se moviliza dentro de la comunidad ecológica del ecosistema la mayor parte se pierde en forma de respiración.

Se formula la ley del 10% que establece que alrededor del 10% de la energía procedente de un nivel, puede ser obtenida por organismos del nivel trófico siguiente, ya que cada organismo gasta energía para sus procesos vitales (80-90%) en el nivel trófico que le corresponde.

Odum (1975) para referirse al orden de magnitud esperado en cada transferencia sucesiva, partiendo de 3000 Kcal/M₂/día de luz incidente, da los siguientes valores:

LT	LU	PB	PN	PS ₁	PS ₂
3000	1500	30	15	1.5	0.3

Se llega a la conclusión que es este "diezmo ecológico", el que determina un límite superior práctico en el número de niveles tróficos de un ecosistema (4 ó 5 generalmente).

2.6 Los Diagramas de Flujo de Energía y Metabolismo de la Comunidad

Los diagramas de flujo de energía en la ecología pueden reconocerse como los "accesorios" de los Odums (H.T. Odum, 1956; 1957; Odum y Odum, 1959; E.P. Odum, 1963), aunque ya habían sido parte de la rutina de la física y la ingeniería. (Figura 2) 11/ Teal (1957) demostró que varias generalizaciones importantes podían ser derivadas por las mediciones del metabolismo total de las comunidades, sin necesidad de tener una información detallada sobre todo los componentes de las poblaciones.

11/ Para ahondar en el tema de los diagramas energéticos, consultar los textos de Odum (1972; 1975) de una didáctica sumamente positiva para entender los procesos de flujo de energía en los ecosistemas. Estos diagramas integran a las cadenas alimentarias, niveles tróficos, biomasa, producción, respiración, consumo, relaciones tróficas, eficiencia, etc. en un solo esquema.

Diagrama del flujo de la energía en un ecosistema general.
(de Odum, 1959 ; Modificado por Kosmondy, 1969)

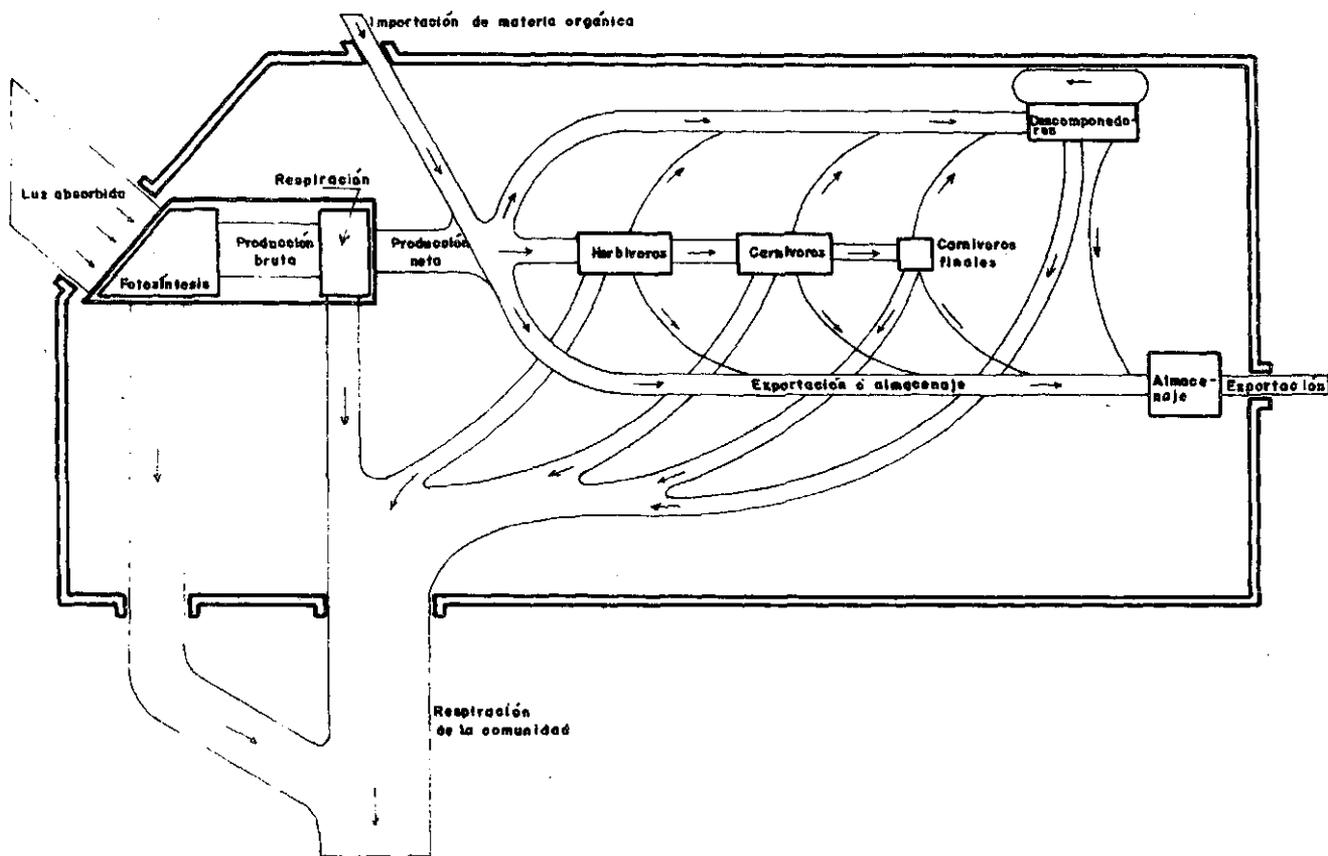


FIGURA 2.

2.7 Productividad Secundaria y Flujo de Energía en las Poblaciones

Los avances en el conocimiento de los procesos de productividad primaria fueron seguidos naturalmente por un interés creciente para saber que ocurría en los siguientes niveles tróficos. La productividad de los consumidores (Secundaria) adquirió gran importancia para las ciencias aplicadas (pecuarias, avicultura, piscicultura, acuicultura) en especial para saber cómo se utilizaba la Productividad Primaria Neta transmitida por los vegetales. En este campo fueron significativos los conocimientos y las experiencias obtenidas en la fisiología de laboratorio. Algunos avances de importancia se consiguieron con investigaciones que combinaban la respirometría con el trabajo de campo (Pearson, 1954; Phillipson, 1962; Smalley, 1959; Golley, 1960). Últimamente se están utilizando métodos que no requieren confinarse a las situaciones de laboratorio (Petrusewicz, 1967; Petrusewicz y Mac Fadyen, 1970; Lamotte y Bourlière, 1967) Con la utilización de radionucleidos trazas se han obtenido numerosos datos sobre tasas de ingestión, eliminación y flujo (Crossley y Howden, 1961; Odum y Golley, 1963; Reichle, 1967).

2.8 Energética de Poblaciones en Laboratorio

Algunas generalizaciones se hacen a partir del estudio de la gran naturaleza, pero también otras muy útiles pueden surgir de los estudios de laboratorio. Tomando ventajas del control, precisión y de las posibilidades del diseño experimental, los ecólogos han estudiado en detalle la energética de poblaciones de una sola especie (Richman, 1958).

La idea fundamental de estos trabajos en laboratorio era ¿Cuán eficiente es la transferencia de energía entre los niveles tróficos? ¿Es una constante? Las respuestas a estas preguntas eran importantes no sólo desde el punto de vista académico para conocer sobre qué principios básicos funcionaban los ecosistemas, sino también como un medio de advertir al hombre cómo él podría

utilizar la productividad potencial de un nivel trófico, o del ecosistema total, para su propio uso. Trabajos clásicos en este campo son los de Slobodkin (1959-1962) donde se investigó si existía alguna constancia en las razones de las productividades netas del organismo depredador y del animal usado como alimento. Usó como productor al alga Chlamydomonas reinhardi; como consumidor primario al molusco Daphnia pulex y el carnívoro fué el propio experimentador, Homo sapiens.

Se reconoció que la utilidad productiva de un predador (Homo) dependía de la capacidad de la población presa (Daphnia) para consumir todo el alimento utilizable (Chlamydomonas), con el fin de obtener una eficiencia máxima de la cadena de alimentación. El producto de Calorías de la Presa consumidas por el predador/Calorías de Alimento consumidas por la presa $\frac{x}{100}$ se denominó "eficiencia ecológica bruta". Hasta la fecha en todos los "ecosistemas de laboratorio" la máxima eficiencia alcanzada ha sido alrededor del 13%.

Otro tipo de investigación en laboratorio se refiere al estudio del metabolismo de comunidades enteras para probar la factibilidad de crear microecosistemas autosuficientes. Esto fué una respuesta a los nuevos requerimientos de las investigaciones espaciales. En una cápsula espacial, el hombre es miembro de un ecosistema cerrado y, por lo tanto, será afectado por todo lo que suceda en ese ecosistema. El éxito de vuelos espaciales de larga duración hasta ahora depende de los avances que se están consiguiendo en la generación de ecosistemas bio-regenerativos, estables y de larga permanencia. (Beyers, 1963; Cooke et al, 1968; Cooke 1967; 1971;1978).

2.9 La Energética de la Sucesión Ecológica.

Odum y Pinkerton (1955) fueron los primeros en señalar que la sucesión ecológica involucra un cambio de los patrones o modalidades del flujo de energía. A medida que los ecosistemas se

desarrollan hacia una mayor estabilidad o madurez la razón Producción/Respiración se aproxima a 1 y la razón Biomasa/Flujo de Energía (o Biomasa/Producción o Biomasa/Respiración) aumenta. La estrategia es no maximizar la eficiencia de producción (lo que a menudo desea el hombre) sino optimizar el mantenimiento de una estructura de biomasa tan grande y compleja como sea posible por unidad de flujo de energía disponible.

2.10 La Ecología de Sistemas

Los conceptos de "entrada-salida" y "tasa de intercambio" y "diagramas de flujo" condujeron a utilizar la teoría general de sistemas, el análisis de sistemas, las matemáticas aplicadas y los computadores. Esta escuela se inicia con Watt (1966) y ha obtenido notables avances durante los últimos años (Patten, 1971; Bell, 1977; Clark et al, 1977; Holling, 1978). En vista de que el flujo de energía dirige los complejos ciclos de la materia, que son la forma, la función y la diversidad de la vida, la energética ecológica se convierte en el núcleo más importante del "análisis de los ecosistemas". No cabe duda que este campo de estudio adquirirá en el futuro una relevancia cada vez mayor, no sólo en la ecología, sino en el campo de otras ciencias.

3. Principales Avances en el Conocimiento.

A continuación se compendian aquellos principios fundamentales que la energética ecológica ha formulado como fruto de sus investigaciones.

1. Las fracciones de la energía total fijadas y circuladas en cada una de las cadenas o tramas alimenticias son de importancia considerable para la biósfera y el hombre. El aumento de la población humana no sólo está desviando la distribución de la energía dentro de los ecosistemas, sino que también está requiriendo que una fracción creciente del total de la energía fijada sea canalizada para el mantenimiento de su sociedad.

2. El concepto de "pirámide de energía" permitió conocer los procesos funcionales dentro del ecosistema. El concepto de unidades de energía dió a la ecología un medio para expresar la productividad de un organismo en particular, de una comunidad, o de todo un ecosistema. Más aún, este concepto permitió a la ecología comparar la eficiencia energética de un productor, con un herbívoro, o un carnívoro, e incluso las productividades de regiones tan diferentes como desiertos, bosques tropicales, estepa andinos, un lago o un lecho oceánico.

3. La ecología, apoyada en la física ha concentrado sus estudios en las tareas de "contabilizar" la energía en los ecosistemas. Hoy es ampliamente aceptado que si no se puede dar cuenta de cierta energía es porque se ha cometido un error, ya que la "contabilidad energética de la naturaleza" siempre está equilibrada de acuerdo a las Leyes de la Termodinámica. Este tipo de contabilidad aplicada al análisis de sistemas complejos aporta una serie de datos importantísimos para comprender el funcionamiento y la organización de la naturaleza. Los especialistas, preocupados por los problemas ambientales, fueron percatándose que este punto de vista energético podía constituir un elemento analítico sumamente útil para la mejor comprensión de los problemas y el encuentro de soluciones.

4. En los estudios de la energética de la biósfera, se identifica un fenómeno de gran importancia ecológica: La Capa de Ozono, en la parte superior de la atmósfera, que absorbe las radiaciones ultravioletas. Estas radiaciones, de longitud de onda muy corta, de elevado contenido energético rompen las grandes moléculas orgánicas de que están formados los organismos. Los ecólogos han elaborado las conjeturas de que la atmósfera primitiva era probablemente transparente a las radiaciones ultravioleta, y es muy posible que careciera de oxígeno (O_2). Con la actividad fotosintética de las primeras plantas se introdujo O_2 y se formó Ozono (O_3), lo que constituyó la co- rraza necesaria para la evolución de la vida. Hoy en día existe alarma porque muchas de las actividades del hombre, tales como el transporte SST y el uso de aerosoles, está disminuyendo la cantidad de O_3 . Existe preocupación también por los impactos de las actividades del hombre sobre el clima, explicado por el conocimiento de los fenómenos energéticos. Se han obtenido datos

acerca de la influencia de las actividades humanas y como pueden afectar el equilibrio calórico de la tierra. El contenido de CO₂ en la atmósfera ha aumentado un 12% desde 1880 por el uso de combustibles fósiles. En 1940 se estimó que la temperatura media del planeta se había elevado 0.35 C° por la misma razón.

5. Las eficiencias ecológicas de transferencia de la energía en la naturaleza aunque parezcan bajas en términos de las máquinas, se llevan a cabo con resultados óptimos. El hombre con frecuencia piensa que podría mejorar los mecanismos naturales al incrementar el porcentaje de transferencia de energía solar al alimento y de alimento a consumidor. Sin embargo, debe considerarse en esta apreciación que cuando nos referimos a la baja calidad de la energía disponible, no debe olvidarse que en el ecosistema natural los organismos, a diferencia de las máquinas, se mantienen a sí mismos, cubre la necesidad de almacenamiento, se reproducen y tienden a la diversidad para la supervivencia futura. En este caso, es fundamental la teoría de Odum y Pinkerton (1955) que plantea que la baja eficiencia de la naturaleza en la transferencia de la energía es una consecuencia de la tendencia del sistema ecológico para conseguir "un óptimo de eficiencia global" en el trabajo total realizado. (H. T. Odum, 1971; E. P. Odum, 1975).

6. La contabilidad energética de los ecosistemas demuestra que la Energía disponible que obtenga el hombre dependerá directamente del nivel trófico que seleccione. Se reconoce que hay más energía disponible como herbívoro que como omnívoro o carnívoro: La diferencia es tener diez veces más energía disponible. Entonces no resulta difícil comprender por qué la mayor parte de la población humana, o la mayoría de las poblaciones de los países superpoblados sean herbívoros. Es un mecanismo de adaptación ecológica. 12/

12/ Debemos sin embargo destacar que el problema no es tan simple. El hombre no consume alimento sólo para obtener energía. Su organismo necesita también nutrientes. La desnutrición se presenta más como una deficiencia de proteínas que por falta de calorías. Sin embargo, esto no elimina la validez del cambio de nivel trófico si es que es suplementado con plantas ricas en proteínas de origen vegetal, disminuyendo el consumo y la disipación de energía por consumo mayor de proteínas animales.

7. Cualquier sustancia que no intervenga en la Respiración (R) ni sea fácilmente excretada (NA), tiende a concentrarse en los tejidos de los organismos. Este es un proceso de "concentración" o de "magnificación ecológica" y explica lo principal de los problemas relacionados con la contaminación ambiental. Por ejemplo, las elevadas concentraciones de plaguicidas persistentes, no biodegradables y la de los materiales radioactivos. Estas concentraciones en los organismos se ha encontrado que pueden ser miles de veces mayores que las correspondientes al medio circundante. A medida que se avanza en la cadena alimenticia la concentración tiende a ser mayor. Woodwell (1967) dió datos de 0.04 partes por millón (ppm) en el plankton hasta 75 ppm en una gaviota. En América Central se han registrado concentraciones de DDT y sus metabolitos en leche de vaca: El promedio de contaminación anual fue de 9.46 ppm para fincas situadas en los sectores agrozoneros; 1.84 ppm para fincas cercanas y 0.36 para fincas lejanas. La tolerancia máxima establecida para consumo humano es 0.05 ppm. (Informe ICAITI/UNEP Proyecto FP-0108-75-007)

8. El interés en la productividad secundaria radica esencialmente en conocer la eficiencia de las transformaciones energéticas. Se conoce que estas eficiencias son en alto grado dependientes de las formas de vida de los animales. Hoy resulta ingenuo buscar mayores productividades aumentando las poblaciones de uno de los componentes del ecosistema (grandes herbívoros), sin dar importancia a los impactos subsecuentes sobre la trama alimentaria total, incluyendo la remineralización por los desintegrados o descomponedores. La destrucción de componentes no deseados (grandes carnívoros) o la utilización elevadísima de algunos componentes altamente deseados (grandes herbívoros-ganado), puede conducir al ecosistema entero a variaciones en la composición de especies dentro de la comunidad; a la aparición de organismos dominantes los cuales podrían ser destructivos o no productivos desde un punto de vista económico (aparición de plagas).

9. El estudio del subsistema edáfico o ecosistema del suelo para su protección y utilización racional adquiere primera prioridad ya que en él ocurren las transformaciones energéticas de descomposición, por medio de las cadenas saprótrofas, que son las responsables del equilibrio de los procesos

de producción y regeneración en los sistemas ecológicos. Los organismos desintegradores (bacteria, hongos, protozoos y pequeños invertebrados) cumplen un papel preponderante en la absorción de gran parte del Flujo de Energía, 75% de la energía captada en la productividad primaria neta (Gotz et al. 1978). Se asegura así el reciclaje de la materia y de los nutrientes; se mantiene la fertilidad del suelo y la estabilidad total del sistema. Desde el punto de vista de las Leyes de la Termodinámica se comprende que el funcionamiento de la biósfera ha sido guiada por millones de años a un orden perfecto, estabilidad y diversidad; contraria al caos y la uniformidad.

Esta evolución condujo y aún conduce a la biósfera al almacenamiento de recursos valiosos (carbón, petróleo, gas, arcillas fértiles, minerales, agua, oxígeno) contrario a la dispersión, diseminación, dilapidación, polución o contaminación.

10. Las implicaciones energéticas de la sucesión ecológica o la evolución desde sistemas simples a sistemas complejos constituye un tema de especial relevancia para la aplicación de la ecología. Este proceso se explica por la forma en que la productividad primaria vital es usada por los consumidores. Si es rápida la comunidad puede tener sólo una pequeña biomasa de materia orgánica acumulada, como sucede en el fitoplankton. Si la utilización es generalmente tardía, una extensa biomasa puede acumularse en una estructura de comunidad compleja, como en los bosques. Si la tasa en la cual la materia orgánica se produce excede a la cual ella está siendo descompuesta, tanto la biomasa como la estructura de la comunidad aumenta, como sucede en la sucesión (pastizal → matorral → sabana → bosque esclerófico → bosque higrófilo). Si las tasas de utilización de la energía en la fotosíntesis y respiración, producción y descomposición, están en equilibrio, la comunidad se encuentra en estado estable, como es el caso de las comunidades climax (bosque tropical lluvioso).

11. La estabilidad de los ecosistemas adquiere gran importancia en vista de la interferencia cada vez mayor del hombre sobre los ecosistemas disminuyendo la complejidad natural, por la introducción de monocultivos o plantaciones que a fin de cuentas corresponden a un interés único: Canalizar el máximo de flujo de energía para el consumo humano.

Los estudios ecológicos (Odum, 1969; Margalef, 1968, MacArthur, 1955) indicaron que el hombre al disminuir la diversidad o complejidad, estaban directamente disminuyendo también la estabilidad, pero se reconocía que ésta era una forma de aumentar la productividad, siempre que se contara con la ayuda de subsidios energéticos (combustibles fósiles, plaguicidas, fertilizantes que se utilizan en los cultivos).

12. Surge la importancia del reciclaje de nutrientes y materiales en los procesos dominados por las actividades humanas. Se concluye que el control de la contaminación debía recibir la misma atención y alta prioridad en los asuntos humanos como la que se da a la conversión de energía pues están ligadas. Los contaminantes se producen en los ecosistemas naturales y también en mayor medida en las actividades agrícolas e industriales del hombre. La diferencia es que la naturaleza de una manera general "trata" estos contaminantes, los hace menos perjudiciales, repite procesos cíclicos, los reabsorbe y los utiliza.

13. Se distinguen (Odum 1975); a) Los contaminantes bio-degradables (aguas negras, el calor, CO₂, nitratos y otros productos secundarios del metabolismo y la combustión completa de combustible) que constituyen problemas cuando la cantidad que entra al medio ambiente supera a las capacidades de descomposición, de dispersión o de repetición de procesos cíclicos. (Ejemplo: Aguas negras en grandes ciudades); b) Los contaminantes no degradables (latas de aluminio, detergentes, vidrio, compuestos fenólicos, plásticos y cientos de materiales hechos por el hombre que no se degradan o que lo hacen muy lentamente) que son sustancias para las cuales no hay una desintegración natural y a las cuales el hombre debe comenzar a aplicar fórmulas de recuperación. Incluso se postula no utilizarlas en el futuro debido a los costos energéticos y ambientales que su actual producción significa; y c) Contaminantes tóxicos (sales de metales pesados-mercurio, plomo, cadmio, gases del smog, sustancias radioactivas, plaguicidas y una cantidad creciente de compuestos químicos industriales y agrícolas) cuya toxicidad en el hombre y en otras formas de vida se conoce de modo incompleto. (carcinógenos, mutágenos y teratógenos).

14. Los impactos negativos de la introducción de materiales exógenos al sistema ecológico señalan la necesidad de conocer los complejos mecanismos por los cuales los sistemas mantienen a largo plazo una producción sostenida, principalmente para conseguir mayores productividades en materia de alimentos.

15. Los ecosistemas simples, (monocultivos o las primeras etapas de la sucesión ecológica) están caracterizados (Odum, 1969) por una razón Producción/Respiración Alta; cosechas elevadas (producción neta); cadenas alimenticias cortas; baja diversidad; organismos de tamaño pequeño; ciclos de nutrientes abiertos; y falta de estabilidad. El hombre, según Margalef (1968), a través de sus modificaciones silvo-agro-pecuarias y pesqueras provoca una "regresión" antropógena en los ecosistemas, ya que los hace más similares a las primeras etapas de la sucesión.

Los ecosistemas "maduros", (por ejemplo, bosques primarios) tienen una razón Biomasa/Respiración Alta, tramas alimenticias complejas, producción neta baja, alta diversidad y alta estabilidad. En otras palabras, según Odum (1972) el flujo de energía se mueve de la "producción" al "mantenimiento".

16. Orians (1974) revisó los distintos significados del concepto estabilidad, concluyendo, que hay distintos tipos de estabilidades (constancia, inercia, elasticidad, amplitud, estabilidad cíclica) y para cada acción humana debe explicitarse que deseamos maximizar. Holling (1973) ha insistido en la naturaleza aleatoria de los procesos que afectan a los componentes bióticos y abióticos del ecosistema, distinguiendo dos tipos de conductas casi impredecibles de los sistemas ecológicos: La estabilidad (capacidad de un sistema para volver a un estado de equilibrio después de una interferencia temporal) y la resiliencia (una medida de la persistencia del sistema y de su capacidad para absorber cambios, disturbios, interferencias y todavía mantener las mismas relaciones entre los organismos y las variables).

17. En los últimos años el enfoque de sistemas, usando el análisis de sistemas y modelos, ha estimulado un nuevo tipo de estudios, acerca de la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. Se comienza a analizar los

ecosistemas en términos de la probabilidad de extinción de sus elementos y se da más importancia a las condiciones de persistencia del sistema como un todo, que a las de perseguir estados de equilibrio. Holling et al. (1978), Gallopín (1978) han especificado la importancia de estos nuevos paradigmas sobre los sistemas ecológicos, en una nueva metodología adaptativa para la evaluación y la ordenación ambiental, llevando este avance teórico a la práctica. Según esta metodología, la formulación de estrategias de manejo de ecosistemas y la correspondiente toma de decisiones, no debe seguir basándose en una visión de estabilidad sino que debe planificarse con lo inesperado que considere la conducta impredecible de los sistemas ecológicos. Esto hace recordar la antigua sentencia de Heráclito: "Esperemos lo inesperado", que explicaría todo este nuevo enfoque impulsado por Holling y colaboradores.

4. Análisis del Consumo de Energía en los Ecosistemas Humanizados.

Los ecólogos y los economistas tradicionalmente han considerado la energía desde puntos de vista diferentes. Para los primeros, el estudio de la energía ha comenzado con la luz solar, considerando primero su conversión por las plantas verdes en energía química de los compuestos orgánicos, y después la transferencia de esta energía a través de las cadenas alimenticias a los animales y a las poblaciones humanas. Para los segundos, el estudio de la energía ha significado reconocer fuentes inmediatas de energía para las necesidades humanas: Industria, transporte, agricultura y actividades domésticas. Los ecólogos han comenzado con la luz solar y la fotosíntesis; los economistas con las minas de carbón, los pozos petroleros, las plantas hidroeléctricas o el reactor nuclear. Actualmente los intereses de ambos están convergiendo debido a las relaciones vitales entre fuentes de energía, crecimiento económico, estilos de desarrollo y calidad del medio ambiente.

El ser humano al igual que todos los organismos vivientes, es parte de un ecosistema y mantiene sus procesos vitales de energía solar. (Energía Interna). Sin embargo, también tiene acceso a una Energía Externa que utiliza en actividades tales como el funcionamiento de sus instrumentos y el mantenimiento de su cultura. A este último tipo de utilización nos referimos

a continuación, ya que en relación a la primera fundamentalmente no se diferencia en sus procesos biológicos del resto de organismos que componen un ecosistema.

La primera etapa consistió en suplementar su energía interna empleando el fuego, combustión de la madera, es decir energía almacenada en tejidos vegetales. El empleo de pieles constituyó otra forma de "consumo" de la energía almacenada por otros organismos. Aprendió también a hacer que otros animales trabajasen para él.

Posteriormente aprendió formas más complejas de liberar energía solar, para suplementar su consumo de energía interna. Utilizó materiales vegetales originados en el pasado, pero que aún contenían moléculas ricas en energía, los que al quemarse, la liberaban: Los combustibles fósiles. (Gas, carbón y el petróleo) 13/. Reemplaza a los animales domésticos y después al propio hombre en sus actividades laborales, apoyado en una tecnología cada vez más sofisticada, que le ha permitido expandir en forma inusitada el potencial humano.

El avance del hombre en la utilización de la energía externa, incluyó también nuevas y mejores formas para complementar las fuentes energéticas nutricionales.

El hombre recolector y cazador suplementaba su ingestión (I) de alimentos con la combustión de madera para calentar y cocinar. El agricultor primitivo empleó los animales para hacer más productivo su trabajo en el campo; el agricultor avanzado recurrió al carbón, al viento, al transporte animal; el industrial a las máquinas de vapor que requerían carbón o leña para su funcionamiento. Es decir, el hombre como componente del ecosistema, como miembro y transformador de la naturaleza, dedica su ingenio primariamente a la intervención de los mecanismos funcionales del sistema ecológico, con el propósito de canalizar el máximo flujo de energía para su propio consumo. Se

13/ Con excepción de la energía atómica o nuclear todas las energías que el hombre consume internas o externas, proceden originalmente del sol.

opone, de esta forma, a las tendencias de la naturaleza de distribuir los productos de la fotosíntesis entre muchas especies y de almacenar la energía como una reserva bioquímica para afrontar condiciones difíciles en una "estrategia de diversificación para la supervivencia".

Los efectos positivos y negativos de la interferencia humana en el flujo de energía en los ecosistemas se resumen en la simbiosis del hombre o en su antagonismo con el proceso de la naturaleza. Aspectos que consideramos a continuación.

4.1 Principales Tipos de Ecosistemas de Acuerdo a la Utilización del Flujo de Energía

La energía como principal función impulsadora, se considera actualmente como un buen fundamento para la clasificación de ecosistemas. (Ver Tabla I). Pinto (1976) ha dicho que para evitar malentendidos en la temática Estilos de Desarrollo es indispensable "examinar los conceptos de sistema y estructura y sobre esa base, definir un estilo de desarrollo", entendido éste como el "modo en que dentro de un determinado sistema se organizan y se asignan los recursos humanos y materiales con el objeto de resolver las interrogantes sobre qué, para quiénes y cómo producir los bienes y servicios". En un contexto similar resulta interesante una clasificación de ecosistemas que expícite "el modo en que dentro de un sistema se organizan y se asignan los recursos energéticos", y cuáles son sus consecuencias ambientales. Información que podría ser útil para profundizar en las implicaciones energéticas de un determinado estilo de desarrollo.

La Tabla I establece que los ecosistemas dependen de dos tipos principales de energía: La solar y la producida por combustibles fósiles o nucleares, diferenciando sistemas impulsados por energía solar y sistemas impulsados por combustibles. En aquellos que hay subsidios de energía, la energía solar se

TABLA I. CLASIFICACION DE ECOSISTEMAS CON BASE EN FUENTE Y NIVEL DE ENERGIA

(De Odum, 1975)

Flujo anual de energía (nivel de trabajo realizado) kilocalorías por metro cuadrado

- | | |
|---|---|
| <p>1. <u>Ecosistemas Naturales no Subsidiados, Impulsados por Energía Solar.</u>
 Ejemplos: El piélago, bosques de zonas altas
 Estos sistemas constituyen el módulo de la nave espacial terrestre que mantiene los fundamentos de la vida</p> | <p>1 000 - 10 000
 (2 000) a</p> |
| <p>2. <u>Ecosistemas Naturales Subsidiados, Impulsados por Energía Solar.</u>
 Ejemplos: Estuario de marea, algunas selvas tropicales. Desde luego, estos son los sistemas productivos de la naturaleza que no solamente tienen una enorme capacidad de mantenimiento vital, sino que además producen un exceso de materia orgánica que se almacena, o bien, puede ser transferida a otros sistemas.</p> | <p>10 000 - 40 000
 (20 000) a</p> |
| <p>3. <u>Ecosistemas Humanos Subsidiados, Impulsados por Energía Solar.</u>
 Ejemplos: Agricultura, acuicultura. Estos son sistemas productores de alimentos y de fibras, mantenidos por un combustible auxiliar o cualquier otro tipo de energía suministrada por el hombre.</p> | <p>10 000 - 40 000
 (20 000) a</p> |
| <p>4. <u>Sistemas Urbano-Industriales, Impulsados por Combustibles.</u>
 Ejemplo: Ciudades, ciudades satélites, parques industriales. Estos son sistemas generadores de bienestar y también de contaminación), en los cuales los combustibles reemplazan el Sol como fuente principal de energía. Estos además dependen (algo así como si fueran parásitos) de los tipos 1-3 para su mantenimiento vital y para el suministro de alimento y de combustible.</p> | <p>100 000 - 3 000 000
 (2 000 000) a</p> |

- 50 -

a Entre paréntesis se anotan los promedios estimados en números redondos. Realmente son un poco más que conjeturas, ya que todavía no se ha llevado a cabo un inventario, con suficiente profundidad, de los ecosistemas del planeta para estar en posibilidad de calcular los promedios reales.

aumenta con energía de otros orígenes para aumentar la producción. A veces estos subsidios llegan a tener una entrada energética semejante a la solar como en los ecosistemas agrícolas, donde los alimentos están en parte "hechos con petróleo".

La suma del conocimiento sobre selección genética y uso de subsidios energéticos en la "revolución verde", ha otorgado a las especies vegetales seleccionadas "una habilidad para beneficiarse de los subsidios de combustibles fósiles". Desde el punto de vista ecológico, sin embargo, lo que se necesita es una mejor habilidad humana para utilizar la energía solar, que a final de cuentas sería una respuesta ambientalmente adecuada a mediano y largo plazo, en vista de la actual crisis energética. Este hecho resta importancia a la "revolución verde", como una solución permanente, y se suma a las ya bien reconocidas implicaciones negativas que ella ha tenido en lo social y lo económico.

El caso extremo de canalización masiva de energía externa y desaprovechamiento de energía solar son los ecosistemas impulsados por combustibles (urbano-industriales), donde los combustibles fósiles reemplazan más que complementan a la energía solar. Odum (1975) menciona:

"Las ciudades actuales se administran de tal modo que la energía solar, no sólo es desaprovechada, sino que se convierte en una molestia costosa, ya que calienta el concreto de las construcciones y contribuye a la generación de smog... Aquí se considera el alimento, producto de los ecosistemas impulsados por la energía solar, como un factor externo al sistema ya que en su mayor parte proviene del exterior de la ciudad. A medida que el combustible es más caro, es probable que el interés del hombre para utilizar la energía solar en las ciudades se incremente, de tal manera que podríamos anticipar una nueva clase de ecosistemas-ciudades impulsadas por combustibles, subsidiadas con energía solar. También el hombre puede juzgar prudente el desarrollar toda una nueva tecnología diseñada para concentrar energía solar a un nivel donde pudiera reemplazar parcialmente a los combustibles, más que un mero suplemento. Sólo el tiempo nos

dirá cuál será la mejor estrategia de supervivencia para el hombre, sin embargo, una aparece ser cierta y tendrá que estar basada en una coexistencia entre el hombre y la naturaleza, mejor que la que ahora existe".

Actualmente, uno de los aspectos que diferencia a los países en desarrollo de los industrializados es el acceso a tecnologías que les den la capacidad de canalizar energía. Igualmente, dentro de las naciones la diferencia entre distintos sectores sociales se refiere a las posibilidades económicas para emplear un gran número de fuentes de energía que hagan trabajar sus máquinas, sus instrumentos, sus utensilios, "que ahorran mano de obra" pero que gastan más energía. En los países en desarrollo, los sectores de mayores recursos imitan el estilo de vida de los países industrializados y se sigue la modalidad de desarrollo y de uso de energía que ello implica. Se establece un sector "moderno", "tecnológico, que tiene la capacidad de dirigir el flujo. Cook (1971) ha hecho una interesante clasificación del hombre de acuerdo a su consumo de energía, indicando el aumento notable diario per cápita de estos sectores "privilegiados" del mundo industrializado y en desarrollo, que puede explicarse por el incremento en el consumo de energía externa (Fig. 3)

4.2 Algunas Consecuencias Ecológicas.

Con referencia a la situación latinoamericana y su ecología hay dos asuntos de suma importancia que merecen ser destacados:

4.2.1 La Productividad Primaria no se Distribuye Casualmente

La capacidad productora de un área está limitada por el clima, la disponibilidad de nutrientes y el agua. La producción en la superficie terrestre se distribuye de distinta manera en los diferentes tipos de ecosistemas (Odum, 1971; Whittaker y Woodwell 1969; Whittaker y Likens, 1973; Lieth, 1977; Duvigneaud, 1967). Cuando el

hombre controla la agricultura de un área, ésta raramente resulta, en términos ecológicos tan productiva como lo era en su estado natural. El empleo intensivo de las técnicas agrícolas en ocasiones incrementa la productividad de un área (en relación al ecosistema natural), pero tal incremento es difícil de comparar con la productividad natural, ya que el hombre emplea subsidios energéticos, maquinaria y materia orgánica procedentes de otras áreas (cuyo costo energético generalmente no se contabiliza). La agricultura intensiva en América Latina está determinando, usualmente, una menor productividad en áreas adyacentes o colocadas aguas abajo. ¿Quiénes sufren por estas disminuciones en la productividad? ¿Cuál es el costo ambiental de ellas? ¿Quiénes son los que no cuentan con recursos para utilizar subsidios energéticos?

En los cálculos económicos de la productividad de un terreno agrícola, los expertos no restan la disminución de la productividad en los sistemas fluviales y marítimos que resultaron del "envenenamiento" de peces, aves, etc., por plaguicidas o fertilizantes. El problema del aumento de la productividad neta en ecosistemas subsidiados es muy complejo y el éxito que ha alcanzado el hombre resulta hasta la fecha dudoso. Mientras se ha incrementado y, quizás, duplicado o más, la productividad de unas cuantas áreas, se han transformado cientos de miles de hectáreas de buenos pastizales en casi desiertos debido a las deficientes prácticas agrícolas.

Los esfuerzos agrícolas han sufrido un triste fracaso en los ecosistemas de bosques tropicales húmedos, a pesar de que éstos son modelos de producción natural. Cuando el hombre interviene en estos sistemas ecológicos, elimina la vegetación natural y la reemplaza con plantas agrícolas, determinando que después de un período productivo

inicial los rendimientos disminuyan sustancialmente debido a la erosión y a la pérdida rápida de nutrientes. Al eliminar las comunidades naturales, el sistema pierde lo alcanzado en su proceso evolutivo para establecer interacciones tan íntimas que son capaces de controlar las pérdidas de nutrientes y mantener una alta productividad. El hombre tecnológico aún no conoce lo suficiente para lograr que estas áreas resulten tan productivas como lo son en su estado natural.

Esto no debe confundirse, sin embargo, con un alegato de que el hombre no debe interferir en la naturaleza, muy por el contrario, significa que debe hacerlo de acuerdo a la contabilidad energética total, promoviendo una utilización de los recursos ecológicamente viable, con el propósito último de afianzar un proceso de desarrollo sostenido a largo plazo.

4.2.2 Patrones de Utilización y Consumo de la Energía.

La Figura 3, muestra que el consumo de la energía interna a nivel mundial ha permanecido en promedio relativamente constante a través de la historia (aproximadamente 2 200 C/día), ^{14/} mientras que el consumo de energía externa se ha incrementado notablemente (combustibles fósiles: Carbón, petróleo, gas).

Las sociedades desde el punto de vista ecológico-energético no se han desarrollado, uniformemente, dentro del

^{14/} Aunque debe reconocerse que este promedio mundial necesariamente no refleja la realidad de enormes sectores de la población que por decenios se ha encontrado bajo el consumo de 1 500 C/día, tendiendo a empeorar.

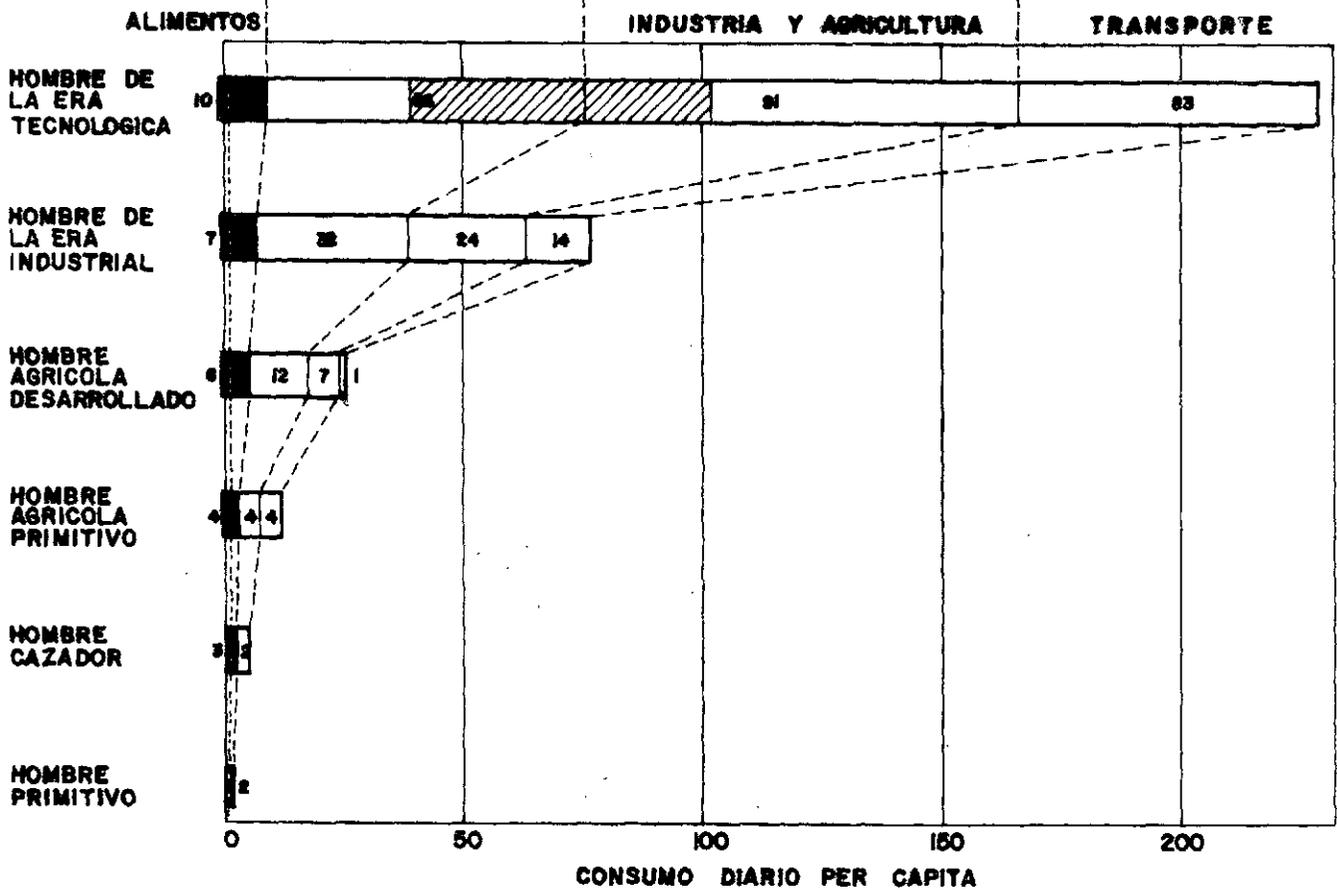


FIGURA 3. Consumo diario de energía per cápita calculado por Cook (1971) para las seis etapas del desarrollo humano (on un margen de error que aumenta con la antigüedad). El hombre primitivo (Africa Oriental, hace aproximadamente un millón de años), sin el uso del fuego tenía tan sólo la energía de los alimentos que consumía. El hombre cazador (Europa, hace unos cien mil años) disponía de más comida y también quemaba madera para calentarse y cocinar. El hombre agrícola primitivo (año 5000 a.C.) tenía cultivos y energía animal. El hombre agrícola avanzado (noroeste de Europa, año 1400 d.C.) empleaba algo de carbón para calentarse, el viento y el agua, como fuentes de energía, y el transporte animal. El hombre industrial (Inglaterra en 1875) contaba con la máquina de vapor. El hombre de la era tecnológica de 1970 (Estados Unidos) consumía 230,000 kilocalorías por día, gran parte de ellas en forma de electricidad (zona rayada). Los alimentos están divididos en vegetales (izquierda) y de origen animal (o comida dada a los animales).

estilo prevaleciente. Aun existen en la actualidad unas cuantas sociedades latinoamericanas de agricultura primitiva, alternadas con cazadores. Un gran sector de la población no ha pasado de la etapa agrícola avanzada a la industrial. Por otra parte, hay sectores "modernos" de la población que mantienen un patrón de consumo energético muy similar a los países de tecnología más avanzada. Por lo tanto la gran disparidad en los consumos actuales de energía, merece ser estudiada en el contexto del estilo de desarrollo prevaleciente en América Latina, lo cual esperamos esté siendo analizado en otros documentos presentados a este seminario, para detectar sus consecuencias sociales, económicas y políticas.

A nivel mundial, se conoce que el 30% de la población mundial (industrializada) consume cerca del 80% de la energía del mundo. Los Estados Unidos de Norteamérica, que sólo representan el 6% de la población mundial, consume el 35% de la energía del mundo. (Fig. 4)

Debe señalarse también las implicaciones ambientales que pueden tener las decisiones que se adopten en el futuro con respecto a las fuentes y transporte de la energía. Sin duda, tendrá lugar una modificación sustantiva al patrón de funcionamiento de los ecosistemas subsidiados debido a que se habrán encontrado nuevas fuentes alternativas factibles de ser puestas en práctica (solar, geotérmica, eólica, fitomasa, biogas, etc.) o porque se habrán agotado las anteriores.

Algunos especialistas piensan que la principal fuente de energía del futuro probablemente corresponderá a alguna forma de energía nuclear. También se menciona la enorme importancia que tendrán en el futuro los recursos naturales de carbón, los cuales a nivel mundial son

mayores que las remesas de petróleo y gas. Se plantea que para muchas economías nacionales el ulterior aumento de la extracción de carbón y el perfeccionamiento de la técnica hullera tienen en la actualidad una prioridad de primer orden. La energética hidráulica seguirá teniendo gran importancia en América Latina y ejercerá una influencia sustancial, con frecuencia decisiva, en la distribución geográfica de las fuerzas productivas y la formación de nuevas zonas de producción.

La Fig. 5 muestra las modificaciones de las fuentes de energía en Estados Unidos de Norteamérica. En 1850 la leña constituía el 90% de las fuentes y el carbón el 10%. Se prevé que para el año 2000 el carbón retorne al 10% y las restantes fuentes corresponderán a: Petróleo, gas natural, gas natural licuado, fuerza hidroeléctrica, madera y energía nuclear. El carbón, el petróleo y gas natural representan actualmente el 95% del consumo de combustible (Singer, 1970). Este esquema es muy similar a nivel mundial. A través de sucesiones ecológicas y geológicas las reservas actuales se han acumulado a través de los últimos 500 millones de años. Se ha estimado que con la velocidad de consumo actual, las reservas de varios combustibles se agotarán en tres o cuatro siglos.

La demanda total de energía en Estados Unidos de Norteamérica se espera que se duplique en los siguientes 30 años, mientras que la mundial se triplicará. ¿Qué reemplazará a los combustibles fósiles? Para entonces la fisión nuclear podrá proveer hasta un 50% de la energía, pero esto también representa un recurso no renovable.

Se ha calculado que las fuentes de uranio durarán solamente unos 30 años, máximo 50. Es posible que para esa

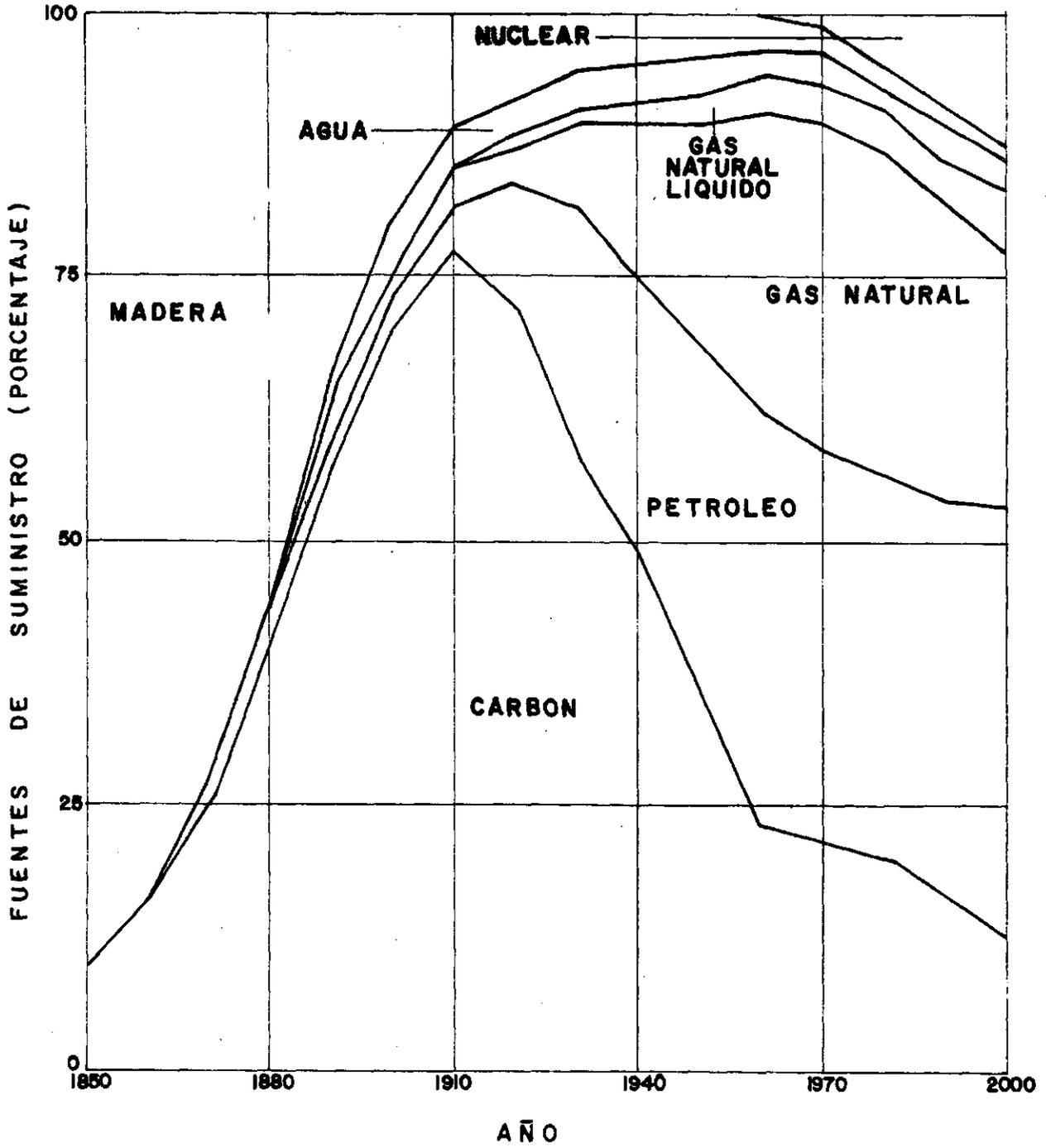


FIGURA 5. Variaciones en las Fuentes de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica desde 1850. (Singer, 1970)

época se cuente con el "reactor generador", el cual "genera" más material fisiónable del que consume. Quizás se desarrollen métodos para aprovechar la fusión nuclear controlada, la fuerza solar o la geotermia. Como puede apreciarse, la tendencia es dar respuestas para mantener el patrón de consumo, la tecnología correspondiente y sus ramificaciones dentro del actual estilo de desarrollo y perseverar en los estilos de vida que él auspicia. Pero esto sólo significa evitar la pregunta ¿Se puede, o se debe esperar, que este incremento de demanda de energía acelerado continúe indefinidamente? ¿Cuáles son las consecuencias de permitir tal tendencia en las demandas?

Las distintas modalidades en el consumo de energía provocan impactos de muy diversa naturaleza sobre los factores ecológicos. Todos los combustibles fósiles contribuyen con contaminación térmica y contaminación del aire en la atmósfera... El consumo de ellos son la fuente principal de los óxidos de carbón, de azufre y de nitrógeno que contaminan el aire y contribuyen a aumentar la temperatura de la atmósfera y de las aguas con efectos negativos sobre las comunidades biológicas. Los reactores nucleares no agregan estos óxidos como contaminantes, pero liberan mayores cantidades de calor y también emiten pequeñas cantidades de isótopos radioactivos. Más aún, ellos producen desechos radioactivos que deben ser almacenados por largos períodos de tiempo. Las plantas hidroeléctricas son relativamente no contaminantes, pero requieren formas de construcción y modificaciones de la ecología de toda una región, tales como represas y diques. Las minas de carbón provocan problemas de contaminación del medio laboral, y contribuyen a la contaminación del aire y agua por la combustión. El uso de la fitomasa (madera, leña) como combustible en el medio

rural de los países en desarrollo está provocando un serio problema de deforestación, degradación de ecosistemas, erosión de los suelos, embancamientos y aridización.

En fin, todas las formas de utilización de la energía producen modificaciones ambientales serias, pero ellas difieren en el tipo y extensión del impacto ambiental, como así también en las posibles medidas de control y protección que el hombre puede aplicar para minimizar los impactos ambientales negativos.

Las crecientes demandas de energía para satisfacer las necesidades del actual estilo de desarrollo, se enfrentan con una limitación física fundamental impuesta por el ambiente. Con las fuentes principales de combustibles fósiles y de fisión nuclear, no importan tanto los medios para generar energía externa, sino que es necesario encarar el hecho ecológico básico de la termodinámica, consistente en que virtualmente toda la energía generada termina finalmente como calor. Como dice G. Tyler Miller: "La limitación del consumo de energía, en los próximos 30 a 100 años, no parece residir en una escasez crítica (que sí la habrá), sino en el impacto sobre el ambiente al emplearlos". Además deben considerarse los efectos de la mayor liberación de energía calórica sobre los ciclos biogeoquímicos, en especial del CO₂ y O₂. Lo que importa advertir es que el contaminante final será el calor. Si este se disipa en la atmósfera y llegase a alcanzar un 0.7% de la radiación solar que normalmente recibe la tierra, se presentaría un desastroso cambio de clima. Con la velocidad de incremento (5%) este nivel podría alcanzarse en menos de 100 años. En otras palabras se puede decir que la Segunda Ley de la Termodinámica constituye el factor limitante del incremento futuro de la velocidad de consumo energético.

4.3 Las Fuentes Alternativas

Las fuentes alternativas de energía, incluyendo la solar, las mareas, el viento, geotérmica, biogas e hidroeléctricas 15/ están adquiriendo mayor importancia en esta última década en algunas localidades de América Latina, pero ellas no han sido desarrolladas adecuadamente a nivel nacional o regional. Todas ellas representan un potencial considerable grande (NAS,1976).

Sin embargo, desde el punto de vista ecológico y económico, una importante "fuente" de energía en los próximos años será la "conservación" de las actuales existencias de energía. En América Latina, en especial el medio urbano, gran parte de la energía que se importa se malgasta, por uso inapropiado para iluminación, diseño y construcción de edificios y viviendas no-conservadoras de energía, consumo innecesario de electricidad, uso de automóviles de alto consumo, etc. Hay igualmente muchas oportunidades para la conservación de la energía en el sector industrial, comercial y doméstico.

Desde el punto de vista ecológico, el mayor potencial de todos es la energía solar, como fuente ilimitada y no contaminante. Es lamentable que hasta ahora la atención se haya concentrado casi exclusivamente en el petróleo, e incluso ahora último en la energía nuclear, retardando y relegando el desarrollo de la energía solar. El nuevo interés en esta fuente de energía brinda una oportunidad para que se desarrollen y apliquen nuevas tecnologías en América Latina que incrementen el consumo de energía solar, directa e indirectamente, para combustible y calor.

15/ América del Sur tiene un potencial hidroeléctrico superior a 300 gigawatts del cual menos del 10% está en uso (Hammond, 1978)

5. Consideraciones Finales

Para Commoner (1976) 16/, la energía juega un papel decisivo entre el ecosistema, el sistema de producción (agrícola-industrial que transforma los recursos en bienes y servicios, la riqueza real que mantiene a la sociedad: Alimentos, bienes manufacturados, transportes y comunicaciones) y el sistema económico (el recipiente de la riqueza real creada por el sistema de producción - transforma esa riqueza en ganancias, beneficios, ahorros, inversiones, impuestos; y gobierna cómo esa riqueza es distribuida y qué es lo que se hace con ella). Las interacciones entre estos sistemas determina la actual crisis de energía y demuestra que ella está asociada a los defectos cruciales del sistema como un todo. Lo esencial es discernir y entender cómo los ecosistemas capturan la energía, cómo los sistemas de producción la utilizan y cómo el sistema económico gobierna lo que se hace con el producto resultante.

Por último, esto nos recuerda que la ruta para entender el estilo de desarrollo y su relación con la ecología, debe comenzar con el entendimiento de las fuentes de energía, los combustibles fósiles que ahora dependemos, y de la tremenda, pero aún muy poca usada, fuente de energía solar. Se debe llegar a conocer y explicitar porqué las fuentes de las cuales ahora confiamos están tan poco adaptadas a los propósitos para los que nosotros las utilizamos; por qué ellas han comenzado a hacer trizas tanto nuestro medio ambiente como al sistema económico. Después deben analizarse los usos de la energía en los sistemas de producción y descubrir por qué ese sistema ha sido diseñado de manera tal que malgasta y despilfarra energía tan bestialmente. Lo que importa es encontrar los enlaces muy fuertes que existen entre las formas en que nosotros usamos y mal usamos energía, el capital y el trabajo. Lo que importa demostrar es que la actual crisis energética es un síntoma de una falla profunda y peligrosa en el sistema económico. - He aquí un tema de investigación para los interesados en estudiar la relación entre estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina. -

16/ Ver también H. T. Odum, 1971, 1973; Borstrom, 1973.

V. ¿QUE ES LA ECOLOGIA?

1. Una Ciencia de Síntesis e Integración.

Se deben destacar dos aspectos sustanciales en la historia de la ecología: a) En un principio los estudios no fueron a nivel de ecosistemas y no explicitan que el hombre, con todos sus valores socioculturales, es parte de ellos; y b) No se da la suficiente atención al papel de la ecología en la ciencia y sociedad, ignorándose los esfuerzos de profundización que plantearon los pioneros del pensamiento ecológico.

La concurrencia de estos dos aspectos en el transcurso histórico determinó un retardamiento notorio en la participación de la ecología en los asuntos humanos, como así también en establecer sus aportes a las ciencias sociales.

Hoy puede comprobarse que muchas de las ideas que se plantean acerca de la naturaleza de la ecología ya habían sido señaladas, en escritos poco divulgados, por los iniciadores de la ecología.

1.1 Escape de la Ecología de la Biología

Van Der Klaauw (1936) llegó a la conclusión de que la ecología por sus avances teóricos se salía del cerco de lo biológico: "Cualquier estudio de una región limitada de la tierra que considere al complejo de organismos y al complejo abiótico del medio como componentes de igual valor, rebasa el campo de lo biológico, por lo cual este tipo de ecología ya no constituye una disciplina biológica". El reconocido y destacado ecólogo norteamericano Eugene P. Odum, promotor de los estudios de flujo de energía y ciclaje, llega a esta misma conclusión en la 2a. Edición de su libro abreviado "Ecología" (1975): "..... ahora, el énfasis ha cambiado al estudio de los sistemas del medio ambiente, la ecología integra por decirlo así, un enfoque concordante con el significado de la raíz de la cual proviene.

Así, la ecología ha avanzado, de una división de las ciencias biológicas, hasta ser una ciencia principal interdisciplinaria que agrupa a las ciencias biológicas físicas y sociales".

Es interesante notar que ya antes Friederichs (1934) dijo: "La ecología es la síntesis más elevada.... de todas las ciencias naturales y se constituye en ciencia de la naturaleza. Es la teoría de las relaciones existentes entre los fenómenos naturales y de las relaciones del hombre con ellos". Thienemann (1942) insistió en que "La ecología en su etapa holográfica se sale del marco de la biología, deja, naturalmente, de ser una ciencia puramente biológica para convertirse en una ciencia puente", lo que subraya la naturaleza transdisciplinaria más que interdisciplinaria de la ecología.

1.2 El Ecosistema - Humano - Total.

Theilhard de Chardin (1955) introdujo el término noósfera para referirse a la esfera pensante creada por la mente humana y que ha penetrado en todos los confines de la geósfera (pirósfera, litósfera, hidrósfera, atmósfera, cosmófera) y de la biósfera. Varios ecólogos han prestado especial atención a este concepto y lo que él implica en las dimensiones del ecosistema total. (Dansereau, 1966). Se acepta hoy que el conjunto de geósfera, biósfera y noósfera, conforma el ecosistema total o ecósfera.

Desde este punto de vista, el hombre no trasciende a la naturaleza y con todos sus atributos humanísticos la sociedad puede ser vista como un tipo particular de sistema ambiental. Para entender al hombre dentro del ecosistema hay que señalar que sus sistemas de población están dominados completamente por una visión antropocéntrica. Los aspectos biológicos de la conducta, la estructura demográfica de sus poblaciones, los procesos de los ecosistemas y la evolución de la biósfera, han tenido históricamente un lugar secundario frente a las preocupaciones por las

artes, la religión, la política y los sistemas sociales. Actualmente se verifica la aparición de un nuevo enfoque integral debido a la creciente capacidad del hombre para alterar su ecosistema total (contaminación, degradación de ecosistemas, plaguicidas, radioactividad, etc.).

Se reconoce que los impactos del hombre deben ser vistos como procesos a nivel de ecosistemas en un nuevo orden de organización que Egler (1970) ha conceptualizado como el de ecosistema humano o la unidad del "hombre - más - su medio ambiente - total". En este devenir la ecología humana ecosistemática, operacionalmente, empieza a integrar a un número cada vez mayor de conocimientos generados por otras ciencias y tendrá como responsabilidad asegurar el óptimo funcionamiento y organización de nuestro ecosistema-humano-total. En términos muy generales sus áreas de acción pueden resumirse en dos dimensiones fundamentales:

- a) El hombre en sí mismo, la sociedad y sus formas de relacionarse con la naturaleza; y
- b) El medio ambiente total y sus alteraciones.

Esta conceptualización pone de manifiesto dos hechos de importancia histórica en la problemática ambiental. La sociedad y la ciencia estuvieron largo tiempo confiadas en la posición del hombre frente a los otros elementos del medio ambiente, como un ente independiente y dominante. Actualmente la llamada crisis ambiental, de naturaleza biológica y ecológica, determina un cambio de actitud y el deterioro ecológico se considera como un fenómeno contemporáneo cuyas causas, y quizás la verdad de su solución radiquen en las esferas político-sociales y socioeconómicas.

En el enfoque de ecosistema humano el término "medio ambiente" encuentra un marco conceptual preciso que contribuye a la puesta en marcha de enfoques totalistas más acordes con la complicada problemática que en él se conjugan.

Cuando se habla de medio ambiente la atención debe referirse al hombre en sí mismo, en su relación total con los otros hombres y con los otros componentes del ecosistema humano total. Aquí no sólo los factores físicos y biológicos del ambiente externo al hombre deben ser considerados sino también coacciones con los otros hombres, de tal manera que las consideraciones sociales, políticas y culturales llegan a ser predominantes.

2. El Lugar de la Ecología en las Ciencias

La ecología actual es una ecología de sistemas, se preocupa de los niveles de organización más allá de los niveles de organización de los organismos y las especies. Para algunos es el estudio de los ecosistemas (Margalef, 1973); otros la definen como el estudio de la estructura y función de la naturaleza (Odum, 1970). Lo que está claro es que ninguna investigación ecológica es realmente relevante si no se lleva a cabo a este nivel. Esto significa que se comience a recurrir al conocimiento y a las especialidades generadas en otros campos de la ciencia.

La ecología sufrió su mayor transformación a mediados de los 50's señalándose una etapa de transición entre una ciencia principalmente descriptiva a una ciencia esencialmente experimental; de una ciencia fragmentada a una con un especial interés unificador en el estudio de sistemas. El logro más significativo de esta época es la formulación del concepto de ecosistema como un nivel de organización diferenciado en la naturaleza, con sus aspectos únicos de estructura, función y organización (Evans, 1956). El avance más importante fue lograr la capacidad de tratar cuantitativamente los ecosistemas experimentalmente como unidades bien diferenciadas. Esta superación se debió a un número de factores. Un paso previo necesario fue el desarrollo de un conocimiento preciso y sofisticado sobre el medio ambiente físico. Otro fue el desarrollo de un instrumental que hiciera posible llevar el laboratorio al campo, siendo esto facilitado por el gran avance de la expansión tecnológica después de la Segunda Guerra Mundial. Por último el estudio de ecosistemas se ha visto enormemente facilitado por el desarrollo

de la computación, la cual ha hecho posible manejar complejos conjuntos de variables en un contexto de sistemas.

Esta situación ha provocado en los últimos años una polémica relativamente importante para definir qué es la ecología, quién habla de ecología, cuál es la contribución que la ecología puede hacer al desarrollo y quién puede ser llamado ecólogo.

Las personas entrenadas en otros campos de las ciencias muy rápidamente llegaron a estar involucrados en la ecología por razones obvias ya que, los problemas ambientales surgieron en los más diversos sectores de las actividades humanas. La ingeniería civil, la agronomía, la arquitectura, la ingeniería sanitaria, la economía, figuran entre aquellas que comienzan activamente a formar parte de la evaluación de los impactos ambientales derivados de las actividades humanas. Este acontecer ha motivado que algunos de los profesionales de estas ciencias por el hecho de haber participado en equipos multidisciplinarios, y debido al adiestramiento recibido y a la experiencia práctica acumulada, lleguen a ser considerados como ecólogos profesionales. De esta forma ha ocurrido que incluso en las ciencias el que habla de la ecología puede resultar ser un ingeniero, admitiéndose como implícito que él puede hablar tan competentemente como cualquier otra persona.

La pregunta básica que emerge de esta cuestión es: ¿La ecología es o nó una disciplina, una ciencia específica? Como se presenta en este documento, por supuesto, la ecología es una disciplina científica única, la cual no podría haber sido desarrollada por ninguna otra disciplina o profesión. El rápido desenvolvimiento de los conceptos ecológicos en los últimos 45 años y sus penetraciones en otras disciplinas y en la conciencia del gran público, conjuntamente con sus sobreposiciones sustantivas con otros campos, ha determinado que aparezcan dificultades de tipo semántico bastante serias.

En primer lugar hay que diferenciar los significados de las palabras ecología y medio ambiente. El término medio ambiente es mucho más

amplio que el de ecología, incluye casi a todas las disciplinas que tienen algo que ver con nuestro medio ambiente, tales como ingeniería sanitaria, geografía, urbanismo, salud pública, etc. Por el contrario, la ecología es aquella area del conocimiento humano que está esencialmente preocupada con las interacciones entre el hombre y el medio ambiente (natural, modificado o creado por él) total.

Los ingenieros, los planificadores, arquitectos científicos políticos y los ecólogos están interesados en los problemas ambientales. Por lo tanto, todos son ambientalistas. Pero desde un punto de vista disciplinario no tiene ningún sentido llamar ecólogo al ingeniero sanitario o viceversa. En principio, la ecología trata con aspectos transdisciplinarios; trata con interrelaciones y es por lo tanto una ciencia de síntesis; es una ciencia de ecosistemas la cual fue y continúa siendo desarrollada conceptual, experimental y cuantitativamente por ecólogos. Esto, como se ha dicho anteriormente, involucra estructura, función y organización de los ecosistemas; sus atributos de ciclaje de minerales, el flujo de energía, los niveles tróficos, los mecanismos homeostáticos de automantención y control, y la dinámica del desarrollo. Al poner estos conocimientos en práctica el ecólogo a descubierto el conocimiento básico que nos ha hecho comprender las diferencias entre un bosque tropical y un bosque templado; ha dado elementos de juicio para cambiar la noción del hombre que consideraba que los sistemas naturales eran zonas de desechos y resumideros, a otra totalmente distinta que demuestra que son sistemas de balances ecológicos muy intrincados de alto valor biológico y económico. Sin duda, la ingeniería no podría haber hecho esto.

En segundo lugar, debe insistirse en la necesidad de que los gobiernos y sus instituciones adopten las contribuciones únicas de la ecología en un grado mucho mayor dentro de sus procesos de toma de decisiones. Para ello, más ecólogos deben ser formados, entrenados y empleados. La relación actual de 1 ecólogo a 100 ó 1000 otros profesionales, o sencillamente ningún ecólogo, no es el balance más inteligente en término de las necesidades de la sociedad latinoamericana.

2.1 Las Dificultades de la Definición

Hasta ahora no existe una definición de Ecología que incluya todas sus principales características, que claramente separe a la ecología de otras disciplinas, que sea expresada en el lenguaje común, que sea aceptable por la mayoría y que sea aplicable dentro de todos los contextos.

Existen varias razones que explican esta situación:

Primero, los distintos grados de aceptación por las otras disciplinas y el público. Incluso en la década de los 60's cuando la ecología (por el trabajo de Raquel Carson, 1962) tuvo

un período de rápida expansión, se dieron casos de rechazo a aceptar la ecología como un campo de estudio disciplinario distinto a otras ramas de la biología. No se contrataban personas con el nombre de ecólogo. En la mayoría de las universidades latinoamericanas no existían cursos de ecología. Más aún, a las otras disciplinas y al gran público la palabra ecología les era totalmente desconocida. Al final de los 60's la mayoría de la comunidad científica aceptó a la ecología como una disciplina separada y en los últimos diez años los medios de comunicación y el gran público han adoptado la palabra con distintos grados de comprensión y significado. El término pasa a ser un tópico, una expresión manida. Ocurren abusos y mal usos de la palabra con los más distintos propósitos, sufre todo tipo de connotaciones tanto de fabricantes, de propagandistas y de activistas políticos. Por esta razón, los ecólogos tratan con ahínco, evitar que la ciencia de la ecología se transforme en una ciencia de tertulia de café. La publicación de libros bien documentados a surgido como una necesidad para contrarrestar los numerosos libros de variedad casi truculenta, cuya mayoría son los únicos que se traducen en América Latina. A cada momento es menester señalar que la Ecología, considerada como ciencia al estilo tradicional tiene

diversas implicaciones muy interesantes, de nervio intelectual indudable, que corren peligro de ser desfiguradas y utilizadas como argumento de causas muy dudosas. (Por cierto tres problemas básicos que enfrenta la humanidad son ciertamente de naturaleza ecológica: El aumento de la población, la limitación de los recursos y la contaminación).

Segundo, para muchos la diferencia fundamental entre los ecólogos y el resto de especialistas radica en el entrenamiento profesional y en la perspectiva filosófica para considerar ecosistemas totales. Por ejemplo, no es cierto que un ingeniero sanitario haga ecología, si es que sólo se preocupa con las altas concentraciones de nutrientes y cómo puede dispersarlas para que problemas de alta ocurrencia de algas no suceda. Por contraste, ante un caso así, el ecólogo se preocupa con el ciclaje de nutrientes a escala del ecosistema, incluso de dónde vienen, qué sucederá con ellos después de dispersarlos, y les interesa también conocer cómo las desviaciones en los ciclos naturales hechas por los ingenieros sanitarios, pueden afectar a las poblaciones de plantas y animales, incluido las poblaciones humanas. El ingeniero se preocupa sólo de las altas tasas de concentración de bacterias y cómo ellas pueden afectar a los seres humanos. Los ecólogos, no sólo se preocupan de esto, sino también se preocupan de los efectos que estas concentraciones de bacterias puedan tener sobre los niveles de oxígeno en arroyos y lagos para conocer cómo estos niveles podrían afectar a las poblaciones de peces; cómo estos cambios afectarán la industria pesquera, a los consumidores humanos y a la economía. En fin, para cada una de las ciencias ambientales, podría hacerse un examen parecido, delineando las cualidades específicas de la Ecología, que de esta manera llega a entenderse como "el estudio de los ecosistemas en su integridad, esto es, el estudio del flujo total de elementos químicos, energía y agua en una localidad definida, la interacción de estos flujos totales con las poblaciones viviendo en el área y todos los efectos de las actividades del hombre sobre los ciclos, flujos y poblaciones" (Jordan, 1975)

Tercero, la ecología tiene el gran desafío, mayor que nunca, de presentar a los gobiernos, a la industria, a la economía y al público en general las capacidades únicas y los aspectos sustantivos de la ecología. A menos que se avance rápido en este sentido y en forma eficiente, la ecología podría verse opacada por otras disciplinas. Por otra parte, no debe olvidarse que la aceptación de la ecología está muy lejos de haber sido completa. Por ejemplo, sólo muy pocos ecólogos están siendo formados en América Latina, casi ninguno trabaja en las agencias y en las instituciones de gobiernos encargadas de tratar continuamente con problemas ecológicos. Lo mismo sucede en la industria, en las oficinas de planificación o en las de programación económica.

Cuarto, otra dificultad para las definiciones ha sido la falta de distinción entre la investigación ecológica básica -que da la sustancia- y la aplicación de la ecología a problemas específicos y a las necesidades humanas - que le da vida. En el campo de las publicaciones científicas, la ecología hoy es lo suficientemente fuerte. Sin embargo, en el campo de sus aplicaciones aún es débil ya que ellas suceden, en la mayoría de los casos, dentro de contextos muy diferentes donde los problemas prácticos están definidos por un conjunto de factores institucionales, políticos, culturales, económicos, sociales, etc. Esto requiere un conjunto diferente de normas y patrones de conducta. Dado que el propósito fundamental es social y político, los problemas prácticos llevan a la ecología hacia el público y hacen al público parte de ella.

De esta manera la ecología ha evolucionado muy rápidamente en las últimas dos décadas; primero se ha transformado en la ciencia sofisticada de los ecosistemas, y de allí, ha pasado a ocupar una posición central en los problemas de la sociedad actual. Este rápido desarrollo le han significado muchos problemas como así también oportunidades. Se delinearán así varias pautas para la acción, con un denominador común: Seguir la ruta de utilizar los conocimientos generados por la ecología para la humanidad. Es

decir, los ecólogos en los últimos años, están cambiando de un rol meramente denunciante, negativo, de adversarios, a una nueva posición predominantemente positiva. En América Latina la ecología encuentra su principal razón de ser en contribuir a formular un proceso de desarrollo que sea armónico con la naturaleza, que optimice de una manera sostenida el uso de los recursos naturales contenidos en los ecosistemas y que minimice los impactos de las actividades humanas sobre el medio ambiente en general.

3. El Papel de la Ecología en los Asuntos Humanos.

En los últimos 15 años, el interés del público y de las ciencias sociales por los asuntos ambientales y ecológicos ha aumentado de manera considerable. En la prensa, como en la publicación de libros, este interés se ve manifiesto día a día. Sinclair (1973) ha citado que sólo en Estados Unidos en 1972, se publicaron más de 300 libros sobre medio ambiente, ecología y contaminación. Las actividades en los campos de la educación e información han florecido notablemente. Las denuncias por distintos problemas ambientales van apareciendo regularmente en los medios de comunicación y los términos "medio ambiente" y "ecología" llegan a ser (a menudo en forma distorsionada) un lugar común en la cultura popular.

La primera manifestación de la ecología en la palestra política internacional tuvo lugar a fines de 1969, cuando la delegación sueca ante la Asamblea General de Naciones Unidas, presentó la propuesta de realizar la primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano. La propuesta se aprobó con el decidido apoyo de las naciones industrializadas occidentales. Para los países en desarrollo el tema no se reconocía como de alta prioridad entre los complejos problemas del crecimiento económico y el desarrollo social. Tal como lo demostraban los intereses de los países industrializados las principales preocupaciones alrededor del tema se referían a los niveles avanzados de contaminación de las grandes metrópolis, contaminación de los océanos, de las aguas y de las implicaciones internacionales que estos problemas tenían. No será sino hasta una etapa avanzada de la preparación de la Conferencia cuando los países en desarrollo establezcan sus prioridades ambientales y ecológicas en el contexto más amplio de las interrelaciones entre el proceso de Desarrollo

y Medio Ambiente. (Doc. A/CONF.48/10). En este documento aparecen presentados los resultados de la Reunión sobre Desarrollo y Medio Ambiente, que se realizó en Founex, 1971. Este informe de Founex, fue ampliamente discutido en Seminarios Regionales para los países en desarrollo y constituyó el primer intento de situar la preocupación por los problemas ecológicos y ambientales, en la debida perspectiva del desarrollo, o sea en el contexto de las necesidades urgentes y apremiantes de los países en desarrollo. En el se plantea por primera vez la necesidad de una nueva dimensión de la estrategia para el desarrollo. La Conferencia se llevó a cabo desde el 5 al 16 de junio 1972 en Estocolmo, Suecia y no contó con la participación de los países del bloque soviético. La etapa de preparación de la Conferencia despertó el más vivo interés por la comunidad internacional, y por primera vez amplios sectores de la sociedad, individual u organizadamente, hacen presentes sus puntos de vista con respecto a la problemática en consideración.

Mucho antes que se concretara esta acción por parte de la comunidad internacional, el interés por los problemas ambientales había originado que se formara un "movimiento ambientalista" en los países industrializados, que algunos llaman "el movimiento ecológico" (Munson, 1972). Otros incluso reconocieron la aparición de "un nuevo movimiento conservacionista" (Robinson, 1969; Fleming, 1972). En el plano político estos movimientos provocan, la mayoría de las veces más confusión y dificultan la acción. Novick (1974) reconoce que la dificultad más grande para tratar los asuntos ambientales es discernir entre la muy variada diversidad de ideas disparatadas y posiciones ideológicas que han sido denominados conjuntamente como "movimiento" por los medios de comunicación. En América Latina, cabe hacer notar, que este proceso de formalizar un movimiento "ambientalista" al estilo de las sociedades industrializadas no ha tenido lugar. Salvo la participación de académicos de la ecología, investigadores, algunas organizaciones no gubernamentales y estudiantes latinoamericanos en USA y Europa, las raíces de la problemática ambiental durante el período 1968-1973 no profundiza ni penetra en los intereses del gran público, al menos en la misma medida de lo que estaba ocurriendo en los países industrializados.

Es a partir de 1972 que las preocupaciones ambientales, como resultado de la Conferencia de Estocolmo comienzan a adquirir mayor trascendencia. No

debe olvidarse que en esa ocasión 113 Estados aprobaron la histórica Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, que respondió a la "necesidad de un criterio y unos principios comunes que ofrecieran a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el medio humano". En esta Declaración la conceptualización ecológica, el concepto de ecosistema en particular y la definición de las interacciones entre ecología, medio ambiente, sociedad y desarrollo son por primera vez reconocidas por la comunidad internacional.

En este proceso surgen en América Latina varias facciones bien definidas como respuesta a la problemática ecológica: "Los conservacionistas" cuyo interés principal es mantener el medio ambiente natural libre de cualquier alteración por parte del hombre; los "utilitaristas" que plantean que el medio ambiente natural debería ser usado sabiamente, gobernado con cuidado y renovado adecuadamente; "los desarrollistas" que postulan que los problemas de la contaminación son sinónimos de crecimiento industrial, que la degradación de los ecosistemas puede ser resuelta con nuevas tecnologías y que lo importante es crecer a toda costa para ocupar un lugar importante en la economía mundial, después los problemas ambientales podrán ser solucionados paulatinamente; "los indiferentes", que plantean que ellos sólo se preocupan de sus asuntos, la ciencia, la economía, la ingeniería, etc., "es mi preocupación y ocupación fundamental, lo demás no es asunto mío"; generan la dicotomía actual entre sociedad, naturaleza y medio ambiente; "los entusiastas", neo-progresistas, que al tomar conciencia de los problemas ambientales y ecológicos se sienten preocupados y comienzan a trabajar en la resolución de problemas concretos; participan en actividades aplicadas y ofrecen soluciones paliativas. Por ejemplo, se preocupan de los problemas de fertilizantes, mejoran la calidad del aire o de las aguas de sus países; siguen trabajando en las mismas relaciones sociedad-medio ambiente que han generado problemas, por lo tanto sus esfuerzos no pueden ser muy fructíferos; "los apocalípticos"; son muy pocos en América Latina, tienen bastante eco en los medios de

comunicación, sobre la base de datos parciales pero reales en materia de contaminación y destrucción de ecosistemas, hacen proyecciones catastróficas acerca del futuro de la región, en materia de recursos forestales, suelos, crecimiento de la población, etc; los "revolucionarios", de actitudes anti-capitalistas; la contaminación, las alteraciones ecológicas no les conciernen urgentemente, antes que nada debe lograrse la liberación política, económica y cultural. Después, en la nueva sociedad, se resolverán los problemas anteriores dentro de la nueva estructura. Esta posición es comprensible y fácilmente compartida, pero deja sin resolver el caso de las tecnologías disponibles ¿serán las mismas las que se utilizarán para elevar los niveles de vida?, de ser así ¿que consecuencias tendrá tal aplicación?; "los éticos", partidarios de un estado estacionario diferente al crecimiento cuantitativo infinito, colocan en un lugar muy importante los placeres espirituales que brinda la naturaleza, en lugar de los bienes materiales que de ella se obtiene; "los estilistas"; que buscan la formulación de estilos alternativos de crecimiento económico y estilos de vida que generen un nuevo tipo de tecnologías y formas de relación entre hombre y naturaleza que sean compatibles con una protección ambiental y que aseguren la satisfacción de las necesidades de la población humana a través de un crecimiento económico con desarrollo social; etc.

Estas distintas facciones lógicamente en muchos casos se sobreponen en los hechos, pero es útil hacerla para reconocer la capacidad de respuestas existentes en América Latina en relación a la problemática ambiental dentro del contexto de los asuntos humanos, en particular, del proceso de Desarrollo.

A diferencia de otros fenómenos sociales y políticos, la preocupación por las consecuencias ecológicas y ambientales de las actividades humanas ha ido logrando diversos éxitos en el plano mundial, regional y nacional. Internacionalmente, los gobiernos estuvieron de acuerdo en crear después de la Conferencia de Estocolmo, una Secretaría, un Consejo de Administración y un Fondo Voluntario para asegurar la aplicación del Plan de Acción aprobado en Estocolmo. Se promueve de esta manera un Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, cuya responsabilidad será introducir las consideraciones ambientales dentro del Sistema de las Naciones Unidas y cooperar con los gobiernos, organismos intergubernamentales y otras instituciones en actividades dirigidas a la protección y mejoramiento del medio ambiente.

En seguida, numerosos países comenzaron a adoptar legislaciones relativas al Medio Ambiente, introducen arreglos institucionales para encarar la problemática ambiental; se establecen así Consejos Interministeriales, Comisiones Nacionales, Subsecretarías de Estado, Institutos Nacionales para el Medio Ambiente e incluso en algunos países se crean nuevos Ministerios. El abanico de respuestas institucionales y legales es variadísimo y reflejan en cierta forma el enfoque y el grado de interés que las respectivas naciones conceden a la problemática ambiental.

Todo este acontecer ha significado que tanto las ciencias ambientales como la ecología sean requeridas para ocupar un nuevo lugar, entregando los conceptos fundamentales, las metodologías y los análisis necesarios para responder a las nuevas exigencias planteadas por los encargados de formular las políticas y la toma de decisiones.

De esta forma la década de los 70's ha presenciado la formulación de nuevos enfoques al tratamiento de los recursos naturales, los asentamientos humanos, la energía, los ecosistemas terrestres, los océanos, la educación, sistemas de información, alimentación, contaminación, población, ciencia y tecnología, etc. se llega a postular un nuevo tipo de desarrollo "el ecodesarrollo" inspirado en la ecología (Sachs, 1973). Cada uno de estos enfoques, tanto en los países industrializados como en los en desarrollo han tenido detrás una ideología determinada y pueden ser diferenciadas dentro del contexto de una "política del medio ambiente" o una "política de la ecología".

3.1 La Ideología del Movimiento Ambientalista

El fenómeno del movimiento ambientalista en Estados Unidos de Norteamérica ha sido objeto de rigurosos análisis por parte de sociólogos y antropólogos. Como todo movimiento social merece presentarlo a modo de ejemplo para ajustar la polémica que ha suscitado en diversos sectores. La mayoría de los científicos que son críticos a este movimiento, apuntan justamente al desorden en la presentación de las ideas, a la confusión creada para entender la gran validez que tiene la ecología en la actualidad. En suma, los "ecofreaks" le han hecho más mal que bien a la causa ambientalista

en la presentación de posibles enfoques analíticos y propuesta de soluciones. Hawley (1973), criticando a los ambientalistas americanos ha dicho: "las configuraciones de las preferencias personales, de las predilecciones estéticas y de los juicios morales con los principios científicos difícilmente serán de alguna utilidad a la ecología" y a la búsqueda de soluciones, podría agregarse. La exageración de las propuestas conservacionistas son ridiculizadas por Meier (1973): "las versiones populares de la ecología han llegado a ser el dogma de la religión y la vida silvestre es su catedral".

Son muy interesantes los trabajos de Maddox, 1972; Coale, 1970; Marx, 1970; Jahoda, 1973, que analizan los puntos de vista del movimiento ambiental para con el hombre, su sociedad, la naturaleza y el crecimiento económico. Con respecto al concepto de "la naturaleza lo hace mejor" podemos señalar que han aparecido críticas tanto dentro como fuera del movimiento. Commoner (1971) señaló que ésta podía reconocerse como la cuarta ley de la ecología. Dubos (1973) ha dicho que esto es un poco más que una tautología, demostrando que el medio ambiente en una gran extensión ha sido creado o mejorado por el propio hombre (las tierras agrícolas de zonas templadas de Europa son el mejor ejemplo,) señalando que la naturaleza con frecuencia es auto-destructiva (volcanismo, terremotos, inundaciones, sequías). Concluye que la "interfase simbiótica entre hombre y naturaleza pueden generar ecosistemas (humanizados) más diversificados y más interesantes para el hombre que aquellos que aparecen en estados naturales".

La crítica política, por otro lado, ha enfatizado que los sectores de clase media y alta iniciaron el movimiento, con un marcado elitismo, dirigido principalmente a salvaguardar las mejores tierras y animales que solo las clases medias y altas podrán utilizar (Zwerdling, 1973). Para centrar los objetivos, Horowitz

(1972) planteó "sí el movimiento ecológico desea realmente tener resultados positivos no puede seguir siendo un movimiento contra la ciudad o contra la tecnología, sino más bien una protesta contra el despilfarro, las exageraciones, los excesos y los absurdos que ocurren dentro de la vida urbana y en la sociedad tecnológica".

Los elementos de superficialidad dentro de los planteamientos del movimiento ambientalista también han sido foco de fuertes críticas. La noción de "la limpieza del medio ambiente" ha sido descrita por Marx (1970) como una propuesta "cosmetológica": "ningún programa cosmético, ninguna actividad de limpieza del paisaje, ningún grado de protección a la vida silvestre, ni ninguna ley anticontaminación puede ser más que un mero comienzo. Por supuesto tales medidas son dignas de mérito, pero al llevarlas a cabo se debe reconocer su superficialidad. La devastación de nuestro medio ambiente es en lo más hondo el resultado del tipo de sociedad que hemos construido y del tipo de personas que somos"

Esto nos habla de las relaciones entre los estilos de desarrollo y los problemas ambientales consecuentes. El debate nos sirve de ejemplo para demostrar el punto clave del conflicto entre ambos; nos señala que las decisiones acerca de los problemas ambientales son de naturaleza ecológica y que profundizan en las interacciones entre sociedad y naturaleza; en fin, que los problemas ambientales son inseparables de aquellas decisiones que adoptemos en relación al tipo de sociedad que deseamos tener en el futuro.

4. Ecología y Ciencia

Una característica prominente de la ciencia moderna son las implicaciones que ella tiene sobre los problemas ecológicos, como causa y como solución. A partir del reconocimiento de los impactos negativos de los plaguicidas, la dilapidación de recursos naturales, la destrucción de los suelos, la desertificación

los fluorocarbonos, las plantas nucleares y los peligros ambientales en el medio laboral, la ciencia y la tecnología, han sido reconocidas como las culpables de gran parte de lo que está ocurriendo. Los científicos, sin embargo, siguen estando al frente alertando a la sociedad acerca de estos problemas y proponiendo acciones. Más aún, a la ciencia se le ha adjudicado un papel de líder en la evaluación de los riesgos derivados de la contaminación, en el desarrollo de nuevos recursos y en la formulación general de soluciones y estrategias en respuesta a los problemas ambientales.

Esta ambivalencia en relación a la ciencia, muy común cuando ella se sobrepone a los asuntos sociales, ha creado una serie de dificultades. Por ejemplo, diferentes científicos pueden analizar el mismo problema de formas muy diferentes. ¿Qué evaluación o alarma debería ser aceptada por los gobiernos, por el público? ¿Para resolver los problemas ambientales, necesitamos más ciencia, menos ciencia o una ciencia diferente? ¿A qué grupo de científicos, cualquiera, debemos dirigirnos para encontrar las soluciones? Una respuesta común a preguntas de este tipo, ha sido buscar en la ecología y en los ecólogos, algún tipo de "sabiduría". La noción de que la ecología tiene por objeto pensar de acuerdo a totalidades y se preocupa de lo "natural" ha permitido que ella no sea teñida por el reduccionismo y las asociaciones industriales que caracterizan a la mayoría de las ramas de la ciencia moderna.

Por otra parte, la ecología en su comportamiento apolítico ha sido correctamente criticada por ignorar e incluso enmascarar conflictos y divisiones sociales básicas. Existen diferencias cualitativas tremendas en el medio humano global y en el poder de grupos y sociedades para manejar recursos que pueden ser escasos, y de esta manera asegurar que sus ambientes estén relativamente limpios, seguros y confortables. Desde este punto de vista no solo el diagnóstico ecológico es débil sino también sus pronosis parecen ser en muchos casos desesperadamente ingenuas y utópicas debido a la falta de reconocimiento y entendimiento de las realidades del poder, y la gran desigualdad que debe confrontar cualquiera de las acciones sugeridas. La gran carencia de los ecólogos es no tener un método, una teoría que les señale de cómo ir del punto del conocimiento científi-

co a la acción adecuada. Una grave falta ha sido, a nivel mundial, la desconfianza de la ecología por la política, ya sea en forma de partidos políticos convencionales o conflictos de clase. Una rara excepción lo constituye el partido ecologista francés, que ha conseguido ya un lugar político importante (más del 10% de los votos), aunque no es esto justamente lo que tenemos en mente al referirnos a la asociación de la ecología con la política. Por lo general, los ecólogos han escogido la denuncia dramática en vez de señalar cuáles son en detalle las etapas por las cuales los cambios necesarios podrían ser efectuados. ¿Pero pueden ellos llegar a hacer esto?

En términos muy generales puede decirse que en América Latina la ecología y sus aplicaciones presentan una gran disparidad entre la prognosis muy radical y desafiante y las muy pocas, más bien escasas, medidas de protección ambiental aplicadas en diversos países. Por supuesto, los logros han sido más bien irrelevantes, comparados con la intensidad de la crisis de retórica que los envuelve.

4.1 La Crisis Ambiental y la Comunidad Científica

La mayoría de los ecólogos seguramente al exponer sus ideas y las posibles aplicaciones de sus hallazgos no tratarían de eludir los rasgos políticos involucrados. Incluso algunos ven la política como un instrumento refinado de ordenación y administración ambiental, que permitiría un control adecuado de los objetivos humanos para conseguir bienestar dentro del ámbito más amplio de los propósitos de la ecósfera. La política tiene su propio papel que cumplir y la ecología puede contribuir entregando sus conocimientos en un mejor proceso de afianzamiento entre política y ciencia en general. Sin embargo, hay que destacar que así como hay problemas ambientales que trascienden a la esfera política, hay otros que son no-políticos, en el sentido que sus soluciones son más bien asuntos "técnicos". En estos casos no debería haber política acerca del poder, su uso y distribución, sino más bien, acerca de las formas y técnicas gubernamentales más apropiadas para enfrentar los problemas ambientales más urgentes. No se nos

escapa que esta identificación de problemas ambientales como asuntos técnicos tiene muchas implicaciones. Puede argumentarse que tal tipo de respuestas son básicamente conservadoras. Los problemas son fragmentados, aislados de un contexto global y definidos en forma tan estrecha que las soluciones buscadas de ninguna manera llegarán a interferir de manera alguna con el orden social establecido. Esto también hace surgir los asuntos acerca del papel político de la ciencia y la tecnología, ya que los problemas por lo general son definidos y diagnosticados por científicos y se requiere de sus conocimientos para buscar las soluciones.

Lo que importa señalar una vez más en este contexto es que la ciencia está implicada tanto como causa y como solución de muchos de los problemas ambientales, lo que denota el carácter más bien ambivalente de la respuesta social a la ciencia moderna. La elección que se presenta a la sociedad a menudo se define entre un rechazo completo a la ciencia y tecnología, ó, en un decidido apoyo para concederle más recursos para que actúe en más sectores de la vida económica y social. Por supuesto, de esta manera la posible opción futura de cambiar la naturaleza de la ciencia y tecnología a través de un cambio en sus controles, en sus contextos y en sus contenidos sociales, queda muy limitada por la formulación políticamente desnaturalizada del problema.

La respuesta convencional en América Latina a los problemas ambientales generalmente se ha expresado manifestando que más ciencia será necesaria, no menos, para encontrar las soluciones y así permitir a la sociedad tomar las necesarias precauciones contra el deterioro ecológico, insistiéndose en la necesidad de una integración más íntima de la ciencia con las políticas sociales. De esta manera se aboga por una planificación más científica, por monitoreo y ordenación ambiental a través de una evaluación de la tecnología, una política científica, análisis de impactos ambientales, predic-

ciones ambientales cuantitativas y evaluación ecológica. Estas actividades son vistas por los que las practican como ejercicios de racionalidad aplicada. Otros consideran que están abiertas a la crítica, por conllevar implícitamente proposiciones e implicaciones políticas dentro de una mística pseudo-científica de conocimiento "objetivo" y de técnicas "racionales".

La conservación, cuando se le analiza en estos términos, puede ser muy representativa. Si se le define como el uso sabio y racional de los recursos naturales, igualada con la ecología aplicada y apoyada con su propia batería de técnicas cuantitativas, la conservación pareciera estar lejos de la arena política. La justificación principal para la conservación ha sido que ella descansa en fines acordados por consenso y que no cabe aquí discutir. Sin embargo, en muchas ocasiones el consenso político supuesto que rodea a las prácticas de conservación son de hecho una coalición de intereses muy poderosos, en gran parte apoyados por aquellos que controlan y poseen la tierra y los recursos naturales. El uso por parte de ellos de la retórica ecológica a veces, desgraciadamente, ha encontrado un eco condescendiente por parte de los ecólogos.

En otras instancias, el llamado a la ecología ha ido más allá de la búsqueda de respuestas tácticas y soluciones técnicas a problemas ambientales particulares, para plantear que la ecología puede contribuir a un reordenamiento radical de los propósitos humanos y reorientar a la sociedad para encontrar formas alternativas de crecimiento económico y estilos de vida. Aquí es dónde la ecología podría encontrar su mejor campo de acción en los años futuros en América Latina si es promovida dentro del lugar que le corresponde dentro de los quehaceres de la ciencia y la sociedad.

5. Conclusión

No cabe duda que los hallazgos de la ecología, sus conceptos y sus enfoques han demostrado ser una fuente muy rica de ideas y analogías en la formula-

ción de programas sociales ambientalmente adecuados: la teoría del nicho ecológico, el concepto de ecosistema, el ecodesarrollo, el flujo de energía, el reciclaje de materiales, los límites de tolerancia a los impactos y la teoría de la sucesión ecológica han sido empleados en numerosos y variados contextos. Más aún, se ha logrado recibir el apoyo para el reconocimiento de ciertos ideales ecológicos, una ética ecológica y valores ecológicos. Ciertamente, la naturaleza integradora y sintética de la ecología y sus planteamientos que trascienden a las especificidades de otras disciplinas, han sido las principales razones de que la ecología haya recibido un amplio apoyo. De aquí, que la ecología comience a ser considerada como una supra-ciencia, que puede permitir al hombre superar la fragmentación que hoy existe en el conocimiento, que a menudo es la causa de la incapacidad para responder efectivamente a la búsqueda de soluciones globales a los problemas ambientales y del desarrollo.

Cada día se hace más evidente la necesidad de contar con una comunidad científica funcional y con una ciencia unificada, la cual basada en la ecología y en su cercana asociada la teoría general de sistemas, establezca las formas de restaurar la débil posición de la ciencia actual en la sociedad (Hancock, 1971; Bohm, 1971; Godsmith, 1970; Haskell, 1972; von Bertalanffy, 1968; von Bertalanffy et al, 1972). La imagen holística de la ecología es promesa de transformar en un todo lo que ahora se encuentra fragmentado. Con amplio apoyo en las esferas políticas y en el gran público, podría ayudar a encontrar nuevos rumbos al proceso de búsqueda de nuevas formas de desarrollo a la sociedad humana en su conjunto.

Parafraseando a Meyer (1938) podemos concluir que los problemas ambientales y la ecología han provocado que "la gran hora histórica de la concepción del proceso de desarrollo de la sociedad y de la naturaleza como totalidad haya vuelto a sonar una vez más".

BIBLIOGRAFIA

- Allee, W.C. et al (1949). "Principles of Animal Ecology". W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Andrewartha, H.G. & Birch, L.G. (1954). "The Distribution and Abundance of Animals". University of Chicago Press. Chicago.
- Armelagos, G.J. & Dewey, J.R. (1970). Evolutionary Response to Human Infections Diseases. *Bioscience*, 20 (5): 271-275.
- Bates, H.W. (1895). *The Naturalist on the Amazons*. Murray.
- Bates, M. (1953). Human Ecology, in *Anthropology Today: An Encyclopedic Inventory*, edited by A.L. Kroeber. Chicago. University of Chicago Press, pp. 700-713.
- Bateson, W. (1913). *Problems of genetics*. Yale University Press, New Haven.
- Barker, R. (1966). *Ecological Psychology*. Stanford University Press.
- Bell, D.E. (1977). A decision analysis of objectives for forest pest problem. En: D.E. Bell, R. Keeney, and H. Raiffa (eds.), *Conflicting Objectives in Decisions*. Wiley, Chichester 389-421.
- Beyers, R. (1963). The Metabolism of Twelve Aquatic Laboratory Microecosystems, *Ecol. Monoqr.* 33: 281-306.
- Birge, E.A. (1915). The heat budgets of American and European lakes. *Trans. Wisconsin Acad.Sci.Arts Lets.*, 18: 166-213.
- Bohm, D. (1971). Fragmentation in Science and Society. In W. Fuller (ed) *The Social Impact of Modern Biology*. Routledge, London.
- Bookchin, M. (1974). *Limits to the city*. Harper and Row, New York.
- Borgstrom, G. (1973). Food, Feed and Energy *AMBIO* 2 (6): 214-219.
- Boulding, K.E. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. En: *Environmental Quality in Growing Economy. Resources for the Future*. Johns Hopkins Press, Baltimore, pp. 3-14.
- Boulière, F. & Lamotte, M. (1967). *Problemes de Productivité Biologique*. Masson et cie, éditeurs. Paris.
- Braun-Blanquet, J. (1932). *Plant Sociology: The Study of Plant Communities* (Translated and edited by G.D. Fuller and H.C. Conard). McGraw - Hill Book Co., Inc. New York.
- Braun, E. Lucy (1950) *Deciduous Forests of Eastern North America*. Blakiston Co., Philadelphia.
- Brookfield, M.C. (1964). "Questions on the Human frontiers of geography". *Economic Geography* 40: 283-303.
- Cain, S. (1966). Biotope and Habitat. En: *Future Environment of Northamerica*. Edited by F. Fraser Darling and John Milton 38-54.
- Calderón, H. & Robert, M. (1979). *Planificación, Ciencia y Tecnología y Toma de decisiones en América Latina*. UNESCO, CEPAL, ILPES. Montevideo-Santiago. USO interno
- Carson, Rachel (1962). *Silent Spring*. Houghton Hifflin Co., Boston.
- Chapman, R.N. (1931). *Animal Ecology, with Special Reference to Insects*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.

- Clark, G.R. (1941). *The Study of Soil in the field*. Oxford.
- Clark, W.C. et al (1977). *Lessons for ecological policy design: a case study of ecosystem Management*. IRE R-10-B.
- Clarke, George L. (1946). *Dynamics of production in a marine area*. *Ecol. Monogr.*, 16:321-335.
- Clausen, J.A. y M.L. Kohn, (1954). *The ecological approach in social psychiatry*. *The Amer. J. of Sociology*: 140-151.
- Clements, F.E. (1936). *Nature and Structure of the Climax*. *J. Ecol.* 24 (1): 253-284.
- Clements, F.E., Shelford, U.E. (1939). *Bioecology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Coale, A.J. (1970) *Man and his environment*. *Science* 170: 132-136.
- Cockburn, T.A. (1961). *Eradication of Infectious Diseases*. *Sciences*, 133 (3457): 1050-1058.
- Commoner, B. (1971). *The closing circle*. Alfred Knopf, New York.
- (1976). *The Poverty of Power*. Alfred A. Knopf, Inc. 297.
- Cook (1967). *The pattern of autotrophic succession in laboratory microecosystems*. *Bio-Science*, 17:717-721.
- Cook, E. (1971). *El flujo de energía en una sociedad industrial*. Scientific American Ed.cast: Alianza Editorial, S.A., Madrid, 1975.
- Cook, G. Dennis (1971). *Fundamentals of space travel*, In: *Fundamentals of Ecology* (E.P.Odum). Saunders. Philadelphia.
- Cooke, G. Dennis, et al (1968). *The case for the multi-species ecological system, with special reference to succession and stability*. En: *Bioregenerative Systems*. NASA Spec.Publ., 165:129-139.
- Cowles, H.C. (1901). *The physiographic ecology of Chicago and Vicinity; a study of the origin, development and classification of plant societies*. *Bot. Gaz.* 31: 73-108, 145-82.
- Cragg, J.B. (1968). *Biological Conservation: the present*. *Biological Conservation* 1, 13-19.
- Croizat, León (1952). *Manual of Phytogeography*. W. Junk. The Hague.
- Crossley, D.A. & Howden, H.F. (1961). *Insect-vegetation relationships in a radioactive waste area* *Ecology*, 42:302-317.
- Dansereau, P. (1957). *Biogeography: an Ecological Perspective*. Ronald Press, New York.
- (1966). *Ecological Impact and Human Ecology*. In: *Future Environments of Northamerica*. Edited by F. Fraser Darling and John P. Milton.
- (1975). *Man-Environment Interaction at the Settlement Level*. *Habitat A/CONF. 70/B/4*. December 1975.
- Darling, F. (1943). *Wild Life in Britain*. Collins.
- Darlington, C.D. (1939). *The evolution of genetic systems*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Darlington, P.J., Jr. (1957). *Zoogeography. The Geographic distribution of animals*. Wiley, New York, Xiii y 675.
- Darwin, Ch. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, on the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London.

- Dassman, R.F. (1964). *Wildlife Biology*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 231.
- Dassman, R.F. (1968). *A Different Kind of Country*. Macmillan Company, New York.
- De Martonne, E. (1925). *Tratado de Geografía Física*. 3 tomos Editorial Juventud. Madrid.
- De Vries, H. (1906). *Species and varieties, their origin by mutation*. Lectures delivered at the University of California; 2nd. ed; Open Court, Chicago.
- Del Villar, H. (1929). *Geobotánica*. Editorial Labor, Barcelona-Buenos Aires.
- Dice, Lee R. (1952). Measure of spacing between individuals within a population. *Contr. Lab. Vert. Biol., Univ. Mich.*, 55: A-23.
- Dobzhansky, Th. (1950). *Evolution in the tropics*. *Amer.Sci.* 38:209-221.
- (1962). *Mankind evolving*. Yale University Press, New Haven and London.
- Dokuchaev, V.V. (1889). *The zones of nature (in Russian)* Akad. Nauk Moscow, 6.
- Doxiadis C.A. (1974). *Global ecological balance: The Human settlement that we need*. Athens Technological Organization, Athens, Greece.
- Dowdeswell, W.H. (1952). *Animal Ecology*. Methuen & Co. LTD. London.
- (1959). *Practical Animal Ecology*. Methuen.
- Dror, Yehezkel (1964). *Design for the Policy Sciences*. American Elsevier, New York.
- Dubos, R. (1968). *So Human an Animal*. Charles Scribner's Sons. New York.
- (1973). *Humanizing the earth*. *Science* 179: 769-772.
- Duncan, Otis Dudley (1964). *Social Organizations and the Ecosystem*. En: *Handbook of Modern Sociology* (R.E.L. Faris, dir). Rand McNally & Company. Chicago.
- Duvigneud, P. (1967). *La Productivité Primaire des écosystèmes terrestres*. Masson et Cie. Editerurs. Paris.
- Egler, F. (1959). *A Cartographic Guide to Selected Regional Vegetation Literature. Where Plant Communities Have Been Described. Part I. North-eastern United States*. *Sarracenia* 1:1-50.
- (1961). *A Cartographic Guide to Selected Regional Vegetation Literature. Where Plant Communities Have Been Described. Part II. Southeastern United States*. *Sarracenia* 6:1-87.
- (1970). *Ecología y Administración del paisaje urbano*. En: P. Dansereau (comil). *Desafío para la Supervivencia*. Editorial Extemporáneos. pp. 98-121. México.
- Ehrlich, P. y Ehrlich Anne. (1970). *Population, Resources, Environment: Issued in Human Ecology*. W.H. Freeman y Co., San Francisco.
- Elton, Charles (1927). *Animal Ecology*. MacMillan Company, New York.
- (1947) *Animal Ecology*; 3a. ed. MacMillan Company, New York.
- (1958) *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen, London.
- (1966). *The Pattern of Animal Communities*. Methuen, London.
- Emery, F.E. & Trist, E.L. (1973). *Toward a Social Ecology*. Plenum Press, London/New York.
- Emmelin L. (1977). "Environmental Education at University Level", *AMBIO*, 6, (4).
- Engels, (1876). "El Papel del Trabajo en el Proceso de Transformación del Mono en Hombre"

- Engler, A. (1899). Die Entwicklung der pflanzengeographie in den letzten hundert jahren. In: Ges.Erdk. Berlin Humboldtcentenar Schrift. Berlin.
- Evans, F.C. (1956). Ecosystem as the basic unit in Ecology. Science 123: 1127-1128.
- Farvar, T. ed. (1973). The Careless Technology. Tom Stacey Ltd., London.
- Fels, E. (1935). Der Mensch als Gestalters der Erde. Leipzig. (citado por Thienemann, 1956).
- (1954). Der wirtschftende Mensch als Gestalder del Erde. Stuggart. (citado por Thienemann, 1956).
- Fisher, R.A. (1931). "The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford, U.P.
- Fleming, D. (1972). Roots of the new conservation movement. Perspectives in American History 6:7-91.
- Fleure, H.J. (1951). A natural history of man in Britain. Collins. London.
- Forbes, S.A. (1887). The lake as a microcosm. Bull. Sc. A. Peoria. Reprinted in Ill. Nat.Hist.Surv.Bull. 15:537-550.
- Folk, G. Edgar, Jr. (1966). "Introduction to Environmental Physiology". Philadelphia: Lea y Febiger.
- Ford, E.B. (1940). Polimorphism and taxonomy. In J.S. Huley, ed, the new systematics. Clarendon Press, Oxford.
- Friederichs, K. (1930). Die Grundfragen und Gesetzmafsigkeiten der land und forwit-schaftlichen Zoologie. T. 1. "Okologischer Teil". Berlin.
- (1934). Vom wesen der okologie. Sudhoffs Arch., 27: 277-285.
- (1937). Okologie als Wissenschaft von der Natur oder Biologische Raumforschung. Bios, t. VII.
- Friedman, J. (1973). Retracking America: A Theory of Transactive Planning. Garden City Press, New York.
- Gallopín, G. (1978). Los componentes biológicos de los sistemas ecológicos y las actividades humanas. (Flora y Fauna Regional). Documento Auxiliar No. 21; Curso sobre aspectos ambientales. CEPAL.
- Galtung, J. (1976). Development, Environment and Technology. UNTAD. Geneva.
- Gates, David, M. (1962). Energy Exchange in the Biosphere. Harper and Row Publishers, Inc., New York. 151 pp.
- Gause, G.F. (1934). The Struggle for Existence. Williams & Wilkins. Baltimore. 163 pp. Dorer Publ. Inc. New York. U.S.A.
- Geertz, C. (1963). Two Types of Ecosystems. En: Agricultural Involution: The Processes of Ecological Change in Indonesia, University of California Press, pp. 12-37.
- George, G. & McKinley, M. (1974). Urban Ecology; In Search of an Asphalt Rose. McGraw - Hill, New York.
- Giacomini, V. (1976). Courses for Decision Makers in Environmental Problems and Higher Education, (OCDE, Paris).
- Givoni, B. (1969). Man, Climate and Architecture. Elsevier, Great Britain.
- Goldsmith, E. (1970). In: Ecologist, I, (1): 5.
- Golley, Frank, B. (1960). Energy dynamics of a food chain of an old-field community. Ecol. Monogr. 30:187-206.
- Good, R. (1931). A Theory of Plant Geography. New Phytologist. 31:149-71.
- (1933). Plants and Human Economics. Cambridge, England.
- (1947). The Geography of the Flowering Plants. Longmans, Green, London.
- Goodman P. y P. Goodman, (1974). Communitas: Means of Livelihood and Ways of Life. Random House, Vintage Books, New York.

- Gosz, J. et al (1978). The Flow of Energy in a Forest Ecosystem. *Scientific American* 238 (3): 92-102.
- Guerásimou, A.I. (1976). El Hombre, la Sociedad y el Medio Ambiente. Academia de Ciencias de la URSS. Instituto de Geografía.
- Haeckel, Ernst, (1866). *Generelle Morphologie der organismen*. 2 vols. GeorReimer. Berlin.
- (1874). *Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen*. Wilh. Engelmann. Leipzig.
- Haldane, J.B.S. (1932). *The cause of evolution*. Harper, London and New York.
- Hammond, R.L. (1978). Energy: Elements of a Latin American Strategy. *Science* Vol. 200, No. 4343.
- Hancock, J. (1971) Environmental problems and the reunification of the scientific community. In, W. Fuller (ed) *The Social Impact of Modern Biology*. Routledge, London.
- Haskell, E. (ed) (1972). *Full circle: the moral force of unified science*, Gordon and Breach, New York.
- Hawley, Amos, H. (1950). "Human Ecology: A Theory of Community Structure". Roland Press, New York.
- Hill, A.F. (1937). *Economic Botany*. McGraw-Hill.
- Holling, C.S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Ann. Rew. Ecol. and Syst.* 4:1-24.
- et al (1978). *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley & Sons, New York.
- Howard, M.E. (1948). *Territory in bird life*. Witherby. London.
- Hutchinson, G.E. (1948). "On living in the biosphere". *Scient.Monthly*, 67:393-398.
- (1957). "A Treatise in Limnology". *Geography, Physics and Chemistry*, Vol. I. John Wiley & Sons, New York.
- (1964). "The Lacustrine Microcosm reconsidered". *Amer.Sci.* 52:331-341.
- (1967). "A treatise on Limnology" Vol. II. *Introduction Lake Biology and Limnoplankton*. John Wiley and Sons. Inc.. New York.
- Hurtubia, Jaime et al (1976). *Hacia una Conceptualización del Ecodesarrollo En 1er Simposio Sobre Ecodesarrollo*. Asociación Mexicana de Edistemología UNAM. México.
- Jahoda, M. (1973). Postscript on social change. En: Cole et al. (eds) *Models of Doom: A Critique of "The Limits to Growth"*. Universe Books. New York. pp. 209-215.
- Jarret, H. (dir) (1966). "Environmental Quality in a Growing Economy Resources for the Future". John Hopkins Press. Baltimore. Md.
- Johnson W.A. v Hardesty, J. (1971). *Economics vs. The Environment*. Wadsworth Publ. Co. Belmont. California.
- Jordan, C.F. (1975). What is ecology? *Bull. Ecol. Soc. Amer.* 56 (2): 2-3.
- Jores, A. (1935). *Ohysiologie und pathologie der 24 Stunden-Rhythmik des Menschen*. *Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde*, 48:574-629.
- Juday, Chancey (1940). "The Annual Energy Budget of an Inland Lake". *Ecology*, 21:438-450.

- Junge, Fr. (1885). Dorfteich als Lebensgemeinschaft, nebst einer Abhandlung über ziel. Unterrichts. Kiel.
- Kemp, William B. (1971). El flujo de energía en una sociedad cazadora. Scientific American. Ed. cast: Alianza Editorial, S.A., Madrid, 1975.
- Kerner, von M.A. (1896). The Natural History of Plants. Trans. by F.W. Oliver. Blackie & Son, London.
- Kevan, D.K. McE (editor) (1955). Soil Zoology Butterworth.
- Kneese, A. & Bower, B.T. (1968). Causing Offsite Costs to be Reflected in Waste Disposal Decisions. En: Economics of the Environment Ed. by Robert Dorfman and Nancy Dorfman. W.W. Norton & Company, Inc. New York 135-154.
- (1971). Analysis of Environmental Pollution. En: Economics of the Environment Edited by Robert Dorfman and Nancy Dorfman. W.W. Norton & Company Inc. New York. 21-44.
- Koeppen, W. (1948). Climatología. Fondo de Cultura Económica. 478 pp. México.
- Kormondy, E.J. (1969). Concepts of Ecology. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.
- (1973). Conceptos de Ecología. Alianza Editorial, S.A., Madrid, España.
- Kutrilla, J. (1970). Some Environmental Effects of Economic Development. Daedalus (Fall) 1034-1057.
- Laconte, P. ed: (1976). The Environment of Human Settlements. Pergamon Press, Oxford, England.
- Landsberg, H.E. (1969). Weather and Health. An Introduction to Biometereology. Doubleday & Co. Inc. New York.
- (1972). Introduction to Systems Philosophy. Gordon and Breach.
- Laszlo, Ervin. (1974). A strategy for Future. George Braziller, New York.
- Leopold, Aldo (1933). "Game Management". Charles Scribner's Sons, New York.
- Levins, R. (1968). Evolution in Changing Environments. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Liebig, Justus. (1840). Chemistry in Its Application to Agriculture and Physiology. Taylor and Walton, London. (4a. ed. 1847).
- Lieth, Helmut, (1978). Patterns of Primary Production in the Biosphere, Dowden, Hutchinson le Ross, Inc., Pennsylvania.
- Lindeman, Raymond, L. (1942). The Trophic-Dynamic Aspects of Ecology. Ecology, 23:399-418.
- Lotka, A.J. (1925) Elements of Physical Biology. Williams & Wilkins, Baltimore. Reprinted 1956 by Dover Publ., New York.
- Mabogunje, A.L. (1970). System Approach to a Theory of Rural-Urban Migration. Geographical Analysis, Vol. 2: 1-18.
- MacArthur, R. (1955). Fluctuations of Animal Populations and Measure of Community Stability. Ecology 36: 533-36.
- Mac Arthur, R. y J.H. Connell (1966). The Biology of Populations. John Wiley & Sons. Inc.. New York.
- MacFadyen, A. (1949) The Meaning of Productivity in Biological Systems. J. Anim. Ecol., 17:75-80.
- (1957). Animal Ecology. Pitman, London.
- Maddox, J. (1972). The Doomsday Syndrome. McGraw-Hill Co. New York.

- Major, J. (1969). Historical Development of Ecosystem Concept. En: The Ecosystem Concept in Natural Resources Management, Ed. G.M. Van Dyne, pp. 9-22. New York: Academic Press.
- Malthus, R. (1846). Primer ensayo sobre la Población. 1966. Alianza Editorial, Madrid.
- Margalef, Ramon (1968). "Perspectives in Ecological Theory". University of Chicago Press. Chicago.
- (1974). Ecología, Ediciones Omega, Barcelona.
- March, G. P. (1864). "El Hombre y la Naturaleza o La Geografía Física Modificada por el Hombre".
- Marx, K. (1867). El Capital. versión española de Wenceslao Roces, FCE. México 1946. Vol. 1.
- Marx, L. (1970). American institutions and ecological ideals. Science 170:945-952.
- May, J.M. (1960). The Ecology of Human Disease. Annals of the New York Academy of Science. 84: 789-794
- Mayr, E. (1963). Animal Species and Evolution. Harvard College Press, Cambridge Mass.
- McHale, J. (1970). The Ecological Context. George Braziller. New York.
- McHarg, Ian (1969). "Design with Nature". Natural History Press, Garden City.
- Meadows, D. et al (1972). The Limits to Growth. New York.
- Meek, R.L. ed. (1954). Marx and Engels on Malthus. International Publishers. citado por William J. Barber en History of Economic Thought, Penguin, London.
- Meier, R.L. (1973). The Other Side of Pollution. En: Pohlman, E. (ed), Population: A clash of prophets. New American Library, New York pp. 204-223.
- Merriam, C. Hart (1898). Life Zones and Cropzones of the United States. U.S. Dept. Agric., Biol. Surv. Bull. 10.
- Meusel, M. (1943). Vergleichende arealkunde, Gebr. Borntraeger Verl. Berlin-Zehlendorf.
- Meyer, A. (1938) Geleitwort zu Smuts, die holistische Welt, Berlin.
- Miller, Alden H. (1955). Breeding Cycles in a Constant Equatorial Environment in Colombia, South America". Acta XI Cong. Internat. Orn., Basal.
- Miller, G.T. (1975). Living in the Environment: Concepts, problems and Alternatives. Wadsworth. Belmont, California.
- Mobius, Karl (1877). Die Auster und die Austernwirtschaft. Berlin. Translated into English and published in Rept. U.S. Fish Comm.
- Moncrieff. L.W. (1970) The Cultural Basis for our Environmental Crisis. Science. 170. Oct. 70:508-512.
- Moscovici, S. (1975). Sociedad Contra Natura. Siglo veintiuno Editores. México.
- Mossman, A.S. (1974). Conservation. Intext Educational Publishers. New York and London.
- Mumford, L. (1931). The Brown Decades: A Study of the Arts in America. Harcourt, Brace and Co. New York.
- Munson, B.E. (1972). The Ecology Movement: An Assessment. Dept. of Sociology, Eastern Illinois Univ.
- National Academy of Sciences (1976). Energy for Rural Development. Renewable Resources and Alternative Technologies for Developing Countries. Washington, D.C.

- Newman, M.T. (1962). Ecology and Nutritional Stress in Man. *American Anthropologist*. 64: 22-34.
- Nicholson, A.J. (1932). The Balance of Animal Populations. *J. Anim. Ecol.*, 2: 132-178.
- Nicol, H. (1943). *The Biological Control of Insects*. Pelican Books: London.
- Novick, S. (1974). Personal Communication.
- Odum, E.P. (1963). *Ecology*. Modern Biology Series. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- (1969). The Strategy of Ecosystem Development. *Science*. 164:262-270.
- (1971). Ecosystem Theory in Relation to Man. En: *Ecosystems: Structure and Fuction*. 31st. Biol. Coll., Oregon State University Press, Corvallis, Ore.
- (1972). *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V.
- (1975). *Ecology: The Link Between the Natural and the Social Sciences*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Odum, E.P. & Golley, Frank (1963). Radioactive tracers as an aid to the measurement of energy flow at the population level in nature. En: *Radioecology* (V. Schultz and A.W. Klement, dirs). Reinhold Publishing Company, N. York.
- Odum, E.P., Odum, H.T. (1956). Primary production in flowing waters. *Limnol. Oceanog.* 1:102-117.
- Odum, H.T. (1971). *Environment, Power and Society*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- (1973). Energy, Ecology and Economics. *AMBIO* 2(6):220-227.
- Odum H.T. & Odum E.P. (1959). Principles and Concepts pertaining to Energy in Ecosystems, p. 43-87. In: E.P. Odum, *Fundamentals of Ecology* W.B. Saunders Co., Philadelphia.
- Odum, H.T. & Pinkerton, R.C. (1955). Times spped regulator, the optimum efficiency for maximum output in physical and biological systems. *Amer. Sci.*, 43:331-343.
- Orians, G.H. (1974). Diversity, Stability and Naturity in Natural Ecosystems. *Proceedings of the First International Congress of Ecology*. The Hague, The Netherlands.
- Osborn, Fairfield (1948). *Our Plundered Planet*. Little, Brown and Co., Boston.
- Papanek, V. (1973). *Design for the Real World*. Random House 1972, Bastam. 1973.
- Patten, B.C. (dir) (1971). *Systems Analysis and Simulation in Ecology* Academic Press, New York.
- Pearce, D.W. (1976). *Environmental Economics*. Longmans Press, London.
- Pearson, O.P. (1954). The Daily Energy Requirements of a Wild Anna Hummingbird. *Condor* 56: 317-322.
- Petrusewicz, K. (dir) (1967). *Secondary Productivity of Terrestrial Ecosystems*. *Inst. Ecol. Polish. Acad. Sci. Int. Biol. Program (Warsaw)*. Vol. I, 367 pp; Vol. II 879 pp.
- Phillipson, J. (1962). Respirometry and the Study of Energy Turnover in Natural Systems. *Oikos* 13: 311-322.
- Phillipson, J. (1966). *Ecological Energetics*. Edward Arnols Press. London.

- Pinto, A. (1976). Notas sobre los Estilos de Desarrollo en America Latina. Revista de la CEPAL. Santiago, Chile. 11.
- Pycraft, W.P. (1931). The Standard Natural History. Warne.
- Quinn, J.A. (1950). Human Ecology. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Rabitnovich, R. & Rabitnovich, A. (1975). Views of Science, Technology and Development. New York, Pergamon Press.
- Ramsay, W. & Anderson, C. (1972). Managing the Environment. Basic Books, Inc., Publishers, New York pp. 302.
- Rappaport, R.A. (1963). Aspects of Man's Influence upon Island Ecosystems "Alteration and Control". In: Man's Place in the Island Ecosystem, edited by F.R. Forsberg, Honolulu, Bishop Museum Press. pp. 153-170.
- (1971). El Flujo de Energía en una Sociedad Agrícola. Scientific American. Ed. cast: Alianza Editorial, S.A., Madrid, 1975.
- Reichle, D.E. (1967). Radio: Sotope Turnover and Energy Flow in Terrestrial Isopod Populations. Ecology 48:351-366.
- Rhiney, T. (1972). "The Use of Case-histories in an Ecology Seminar", en: M.T. Farvar y J.P. Milton (eds.), The Careless Technology, (Natural History Press. New York.)
- Ribeiro, D. (1968). El Proceso Civilizatorio. Editora Civilizacao Brasileira. En Español Editorial Extemporáneos, S.A. 1976 México.
- Richman, S. (1958). The Transformation of Energy by Daphnia pulex. Ecol. Monographs 28:273-291.
- Robinson, W.C. 1969. A Critical Note on the New Conservation. Land Economics 42:453-456.
- Robinson, W.S. (1950). Ecological Correlations and the Behaviour of Individuals. American Sociological Review, Vol. 15, (3):351-357.
- Rubel, E. (1930). Pflanzengesellschaften der Erde. Verlag Hans Huber. Bern-Berlin.
- Rusell, E.J. (1954) Soil Conditions and Plant Growth. 8a. ed. Longmans.
- Sachs, J. (1973). Población, Tecnología, Recursos Naturales y Medio Ambiente. Boletín Económico de América Latina. Vol. XVIII. Naciones Unidas. New York.
- (1974). Ambiente y Estilos de Desarrollo. México. Revista de Comercio Exterior. Vol. XVIV No.4.
- Salter, P.S. (1974). Towards an Ecology of the Urban Environment. En: The Environmental Challenge, Eds. Johnson and Steeve, pags. 238-263. New York. Holt, Rinehart and Winston.
- Sandmann, P.M. (1974). Mass. Environmental Education: Can the Media do the Job? en Swan y Stapp (eds) Environmental Education (Wiley, Nueva York.)
- Sargent, F. ed (1974). Human Ecology. Elsevier, New York.
- Sasson, Albert (1974). Developpment et Environnment. Paris, Mouton.
- Savr, C.O. (1952). Agricultural Origins and Dispersals. Bowman Mem. Lectures, Amer. Georg. Soc., New York.
- (1966). The Early Spanish Main. University of California Press. Berkeley. 306 pp.
- Schimper, A.F.W. (1903). Plant Geography upon a Physiological Basis, trans. by William R. Fisher. Clarendon. Oxford.
- Scrinsshaw, N.S. (1964). Ecological Factors in Nutritional Disease. American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 14, (2): 112-122.

- Shumacher, E.F. (1973). *Small is Beautiful. A Study of Economics as if People Mattered.* Blond & Bridge. London.
- Simpson, G.G. (1944). *Tempo and Mode in Evolution* Columbia University Press. New York.
- Sinclair, T.C. (1973). *Environmentalism: A la recherche du temps perubien perdu?* In Cole, H.S.D. et al (eds): *Models of Doom: A critique of "The Limits to Growth"*. Universe Books. pp. 175-191.
- Singer, F.S. (1970). *Human Energy Production as a Process in the Biosphere.* *Scientific American*, September 1970. Español: Alianza Editorial, S.A. Madrid p. 219-241.
- Slobodkin, L.B. (1959). *Energetics in Daphnia pulex populations.* *Ecology* 232-243.
- (1962). *Energy in Animal Ecology*, p.69-101. In: J.B. Gragg (ed), *Avances in Ecological Research.* Academic Press, London and New York.
- Smith, Adam (1776). *Riqueza de las Naciones, versión española de Amado Lázaro Ros, Aguilar, Madrid, 1956.*
- Sorré, M. (1947). *Les fondements de la géographie humaine. Tome 5. Les fondements biologiques.* Colin. Paris.
- Southwood, T.R.E. (1966). *Ecological Methods, with particular reference to the Study of Insect Populations.* Methuen London. 391 pp.
- Spurr, S.H. (1969). *The Natural Resource Ecosystem.* En: *The Ecosystem Concept in Natural Resource Management.* Edited by George M. Van Dyne Academic Press, New York.
- Stapp, W.B. (1975). *"Pre-service Teacher Education"*, en N.Mclunis y Don Albrecht (eds). *What Makes Education Environmental?* (Environmental Educators Inc., Louisville.
- Steward, J.H. (1955). *The Concept and Method of Cultural Ecology.* En: *Theory of Culture Change.* Urbana, Univ. of Illinois Press. pp. 30-42.
- Stoddart, D.R. (1965). *Geography and the Ecological Approach. The Ecosystem as a Geographical Principle and Method.* *Geography*, 50:242-251.
- Sukachev, U.N. (1944). *(On principles of genetic classification in biocenology)* (In Russian) *Zur. Obshechi Biol.*, 5:213-227. (Translated and condensed by Raney and R. Daubenmire. *Ecology*, 39:364-367.
- Tamames, R. (1977). *Ecología y Desarrollo. La Polémica sobre los Límites al Crecimiento.* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 1974, 1977.
- Tansley, A.G. (1935). *The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms.* *Ecology*, 16:284-307.
- (1945). *Introduction to Plant Ecology.* Allen and Unwin. London.
- Teal, J.M. (1957). *Community Metabolism in a Temperate Cold Spring.* *Ecol. Monogr.*, 27:283-302.
- Teilhard de Chardin, P. (1955). *El Fenómeno Humano.* Taurus Ediciones. Madrid.
- Theoderson, George A. ed. (1961). *Studies in Human Ecology.* Edited by George A. Theoderson, Harper and Row. New York.
- Thienemann, A. (1926). *Der Nahrungskreislauf im Wasser.* *Verh disch. Zool. Ges.*, Kiel, pp. 29-79.
- Thienemann, A. (1936). *Was ist Okologie?* *Der Biologe*, 5 pp. 214-225.
- (1939). *Grundzuge einer allgemeinen Oekologie.* *Arch. Hydrobiol.*, 35:267-285.

- (1956). *Leben und Umwelt. Vom Gesamthaushalt der Natur.* Rowohlt
Taschensuch Verlag GmbH, Hamburg.
- (1942). *Vom Wesen der Ökologie.* *Biologia Generalis*, 15 pp.
312-331.
- Thomas, W. (dir) (1956). *Man's Role in Changing the Face of the Earth.*
University of Chicago Press. Chicago.
- Thorntwaite, C.W. (1931). *The Climates of North America According to a New
Classification.* *Geogr.Rev.* 21:633-655.
- Tinbergen et al (1976). *Reshaping the International Order; a Report to the
Club of Rome.* Dutton, New York.
- Torres, S.A. & Pearce D.W. (1979). *Welfare Economics and Environmental
Problems.* *Intern. J. Environmental Studies.* Vol. 13, pp. 191-200.
- Trent, J.H. (1972). "Environmental Education: Surveys Indicate its Current
Status", *The Science Teacher*, Octubre de 1972, pags. 48 y 49.
- Tromp, S.W. et al (1963). *Medical Biometereology* Elsevier Publ. Co. Amsterdam
991 pp.
- Udall, S.L. (1963). *The Quiet Crisis.* New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Usher, M.B. (1973). *Biological Management and Conservation.* Chapman and
Hall Ltd. London 394 pp.
- Van Der Klaauw, C.J. (1936). *Zur Geschichte der Definition der Ökologie,
besonders auf Grund der Systeme der zoologischen Disziplinen.* *Sudhoffs
Arch.f.Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaft.* 29, pp. 136-
177.
- Van Dyne, G.M. (1969). *Grassland Management, Research and Teaching viewed
in a Systems Context.* Range Science Department, Science Series Num. 3,
Colorado State University. 39 pp.
- Vayda, A. (dir) (1969). *Environment and Cultural Behavior: Ecological Studies
in Cultural Antropology.* Natural History Press, Garden City New York.
482 pp.
- Vayda, A.P. & McCay, B.J. (1975). *New Directions in Ecology and Ecological
Anthropology.* En: *Annual Review of Anthropology.* Vol. 4:293-306.
- Vayda, A.P. & Rappaport, R. (1968). *Ecology, Cultural and Non-cultural.*
En: *Introduction to Cultural Anthropology*, Ed. J.Clifton. Boston:
Houghton-Mifflin. (Anthropological view of the holism of man and
environment).
- Vogt, W. (1948). *Road to Survival.* Sloane, New York.
- Volterra, V. (1926). *Variations and Fluctuations of the Number of Individuals
in Animal Species Living Together.* En: *Animal Ecology* (R.N.Chapman,
dir) McGraw-Hill Book Co., Inc., New York. pp 409-448.
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory. Foundations, Development,
Applications.* George Braziller, New York.
- Von Bertalanffy, L. et al (1972). *Trends in General Systems Theory.* J. Wiley
and Sons, Inc. New York.
- Watt, K.E.F. (1973). *Principles of Environmental Science.* McGraw Hill,
New York.
- Wardle, R.A. (1929). *The Principles of Applied Zoology.* Longmans, London.
- Warning, E. (1909). *Oecology of Plants. An Introduction to the Study of
Plant Communities.* Oxford Univ. Press., London.
- Watt, K.E.F. (1966). *Systems Analysis in Ecology.* Academic Press, New York.
276 pp.
- (1968). *Ecology and Resource Management: A Quantitative Approach.*
McGraw-Hill Book Co., Inc., New York. 450 pp.

- Watt, K.E.F. (1973). Principles of Environmental Science. McGraw Hill, New York.
- (1974). The Titanic Effect. Sinaver Associated, Inc. Publishers Stanford, Connecticut.
- Whittaker, R.M. y G. Likens. (1970). Citado por G.M. Woodwell, 1970: The Energy Cycle of the Biosphere. Sc. Amer. 223(3):64-74.
- Whittaker, R.H. & Woodwell, G.M. (1969). Structure, Production and Diversity of the OAK-Pine Forest at Brookhaven, New York. J.E. Col., 57-155-174.
- Williams, R. (1974). Solar Energy, Technology and Applications. Ann. Arbour Science Publishers, Michigan.
- Wilson, E.O. (1977). Biology and the Social Sciences. En: Daedalus. Vol. II. 127-140.
- Woodwell, G.M. (1967). Toxic Substances and Ecological Cycles. Scient. Amer. 216(3): 24-31.
- Wulff, E.U. (1943). An Introduction to Historical Plant Geography. Chronica Botánica, Waltham, Mass.
- Zwerdling, D. (1973). Poverty and Pollution. The Progressive 37(1):25-29.