

## BIOECONOMIA DE LOS ECOSISTEMAS

Hace ahora muy poco tiempo, en los comienzos de 1.972, casi todos los países del Mundo se preparaban para celebrar en Estocolmo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Cinco organizaciones no gubernamentales asesoras, presentaban una serie de recomendaciones al Secretario General, Maurice F. Strong. Un Comité de Consultores correspondiente fué nombrado, formado por 152 miembros de 58 países, entre los cuales figuraban los premios Nobel Sir Macfarlane Burnet, de la Universidad de Melbourne; Sir Peter Brian Medawar, del Centro de Investigaciones Clínicas de Harrow; Glenn T. Seaborg, de la Universidad de California; Berkeley, y Jan Tinbergen, Presidente del Comité de las Naciones Unidas para la Planificación del Desarrollo. De la altura científica y categoría mundial de los restantes consultores, por ejemplo, dar idea los nombres de Irme V. Nagy de Budapest, Jacques Piccard de Suiza, Wladimir Sokolov de URSS, Kenzo Tange de Tokio y Thor Heyerdahl de Noruega entre otros.

En el texto previo que se aprobó con vistas a la Conferencia por la Declaración del Medio Ambiente Humano, aparecen 23 puntos, de los cuales al menos cuatro de ellos pueden dar motivo al título, desarrollo y discusión de esta ponencia en este momento que atravesamos, estando en la provincia en que estamos y siendo el temario general económico el que nos ocupa.

Copio literalmente:

Punto 2º.- Los recursos naturales de la Tierra, incluyendo el aire, el agua, la tierra firme, la flora y la fauna, Y ESPECIALMENTE LOS ECOSISTEMAS NATURALES, deben ser salvaguardados para el beneficio de las generaciones presentes y futuras, mediante una cuidadosa PLANIFICACION Y DIRECCION según cada caso.

Punto 10º.- Cualquier consideración pertinente sobre el medio ambiente DEBERIA INTEGRARSE A LA PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL, para asegurarse de que los planes/ de desarrollo son COMPATIBLES con la necesidad de - proteger y mejorar el medio ambiente.

Punto 15º.- La ciencia y la tecnología deberían aplicarse a la/ identificación, evitación y control de los riesgos- ambientales y a la solución de los problemas ambien- tales, para FOMENTAR EL DESARROLLO ECONOMICO Y SO-- CIAL.

Y por último,

Punto 17º.- La investigación, el libre intercambio y la transfe- rencia de conocimientos científicos y de otros ti-- pos, así como de las diversas experiencias en el - mismo sentido, deberán promoverse en grado máximo a fin de facilitar la resolución de los problemas am- bientales, teniendo muy especialmente en cuenta las necesidades de los países en VÍAS DE DESARROLLO.

Por consiguiente, parece necesario, se considera mun- dialmente necesario, tratar de adecuar la política económica, - digamos humana, a una economía biológica de los recursos natura- les contenidos en sistemas ecológicos estabilizados más o menos precariamente y dentro de los cuales nos movemos. Es decir, a - una BIOECONOMIA DE LOS SISTEMAS.

¿Qué es un ecosistema?, según Roger Dajoz y Tansley - es una unidad funcional que incluye a un conjunto de seres vi-- vientes (o biocenosis) reunidos por la atracción recíproca que/ ejercen sobre ellos los diversos factores del medio donde viven (es decir, el biotopo).

Según Baker y Allen el ecosistema es la suma total de factores físicos y biológicos que operan en cualquier área for- mando una unidad autosuficiente por medio de la energía de la - luz solar.

Una definición más directa para nosotros y que encierra una serie de advertencia, es la de F.E. Eckardt, del Centre National de la Recherche Scientifique de Montpellier:

"Los ecosistemas son unas entidades funcionales que transforman la energía de la radiación solar en la energía química necesaria para la existencia de la Humanidad".

Y sigue puntualizando:

"La edificación de la estructura funcional de los -- ecosistemas, ha exigido en el curso de las eras geológicas, la/ puesta en juego de cantidades gigantescas de energía, lo que re presenta en cierto modo los COSTOS DE EXPERIMENTACION de la Naturaleza. Dilapidar este bien común es criminal (traduzco literalmente), pues su restitución exigiría un esfuerzo frecuentemente desproporcionado a los medios de que dispone el hombre actualmente".

En definitiva, nos encontramos con el hecho de que, - a lo largo de los siglos, se han ido ajustando unas comunida--- des heterogéneas de climas, suelos, microorganismos, vegetales, animales, gases, metales, etc. en unidades (los ecosistemas) - que, en principio, se estabilizan de una forma dinámica. Los re sortos internos de control impiden la rotura del equilibrio y - mantienen la tendencia a la estabilidad, a lo que se denomina - homeostasia.

El ecosistema defiende la estabilidad aumentando la - complejidad. Un ecosistema es tanto más estable cuanto más di--- versificada en su biocenosis. El índice de diversidad es la tra ducción del principio de Thienemann que afirma que, cuando las/ condiciones del medio son favorables ( es decir, está más prote gida la estabilidad), existen muchas especies con no excesivos/ individuos y a la inversa, cuando las condiciones son desfavo rables, (peligro de rotura del equilibrio), se encuentran pocas - especies con gran número de individuos.

La representación matemática de este principio, debida a Fisher, Corbet y Williams, es la siguiente:

$$S = \alpha \log_e \left( 1 + \frac{N}{\alpha} \right), \text{ o sea } \frac{S}{\alpha} = 1 + \frac{N}{\alpha}$$

en la que S representa el número de especies existentes.

N el número de individuos.

e = 2,718281 base de los logaritmos neperianos.

$\alpha$  = Índice de diversidad.

$\alpha$  es, pues podríamos decir un número proporcional a la estabilidad del ecosistema.

El mecanismo de autodefensa del ecosistema ante una alteración de cualquier población de su biocenosis, es un efecto de "resistencia" del ambiente y un efecto de "competencia" de otras especies ante un excesivo aumento de la población alterada. Estos efectos disminuyen de nuevo el número poblacional hasta llegar en general a un equilibrio estable en el tiempo.

La ecuación de crecimiento de una población sometida a los mecanismos de autocontrol según Verhulst y Pearl es:

$\frac{dN}{dt} = rN \frac{K-N}{K}$ , ecuación diferencial que, integrada, nos da

$$N = \frac{K}{1 + e^{-rt}} \quad (\text{Curva sigmoide o de crecimiento logístico})$$

En la cual N es el número de individuos existentes en el tiempo t.

K es el Nº máximo de individuos que pueden vivir en medio ambiente.

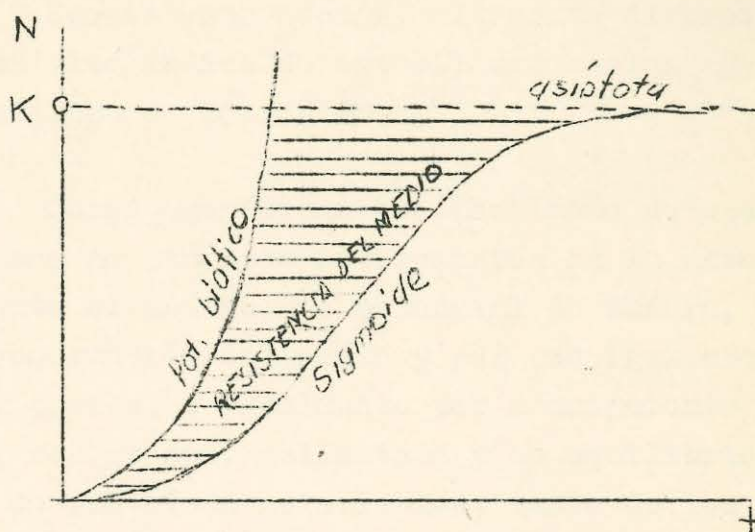
r es un coeficiente característico de cada especie denominado "índice intrínseco de crecimiento".

a es una constante igual a  $\frac{r}{K}$

$\frac{K-N}{K}$  indica la "resistencia del medio".

Si no existiera esta resistencia del medio, el crecimiento de la población no se estabilizaría, contando con recursos de alimentación o energía ilimitados, y la curva representativa del crecimiento en el tiempo, o "potencial biótico" de Chapman, sería una curva en J.

Representando ambas curvas en un sistema de coordenadas cartesianas rectangulares (en abscisas, tiempos y ordenadas, número de individuos), se tendría:



El espacio entre las dos curvas representaría la resistencia del medio.

La tesis que queremos presentar aquí, debería responder a la siguiente pregunta:

¿Hasta dónde puede llegar la alteración de un ecosistema cuando por razones económicas el hombre actúa sobre él modificando la estabilidad de su estructura?. O, en términos más ceñidos a las cuestiones de este Seminario:

En una planificación económica regional, ¿hasta qué límite puede llegarse sin peligro de que una modificación exterior de los ecosistemas, al destruir el equilibrio de manera irreversible dé lugar a catástrofes ecológicas que anulen para siempre la posibilidad de desarrollo económico de la región?.

Parece lógico que el primer paso a considerar sea la posible explotación de los recursos naturales abundantes existentes.

Más de un 65% de la región, pertenece al dominio de los montes de encinar y alcornocal y de sus pastizales, los cuales, en su estado natural o ligeramente modificado (caso de los adchesados) constituyen, con toda evidencia, ecosistemas típicos.

Ecosistemas además, altamente diversificados, que mantienen un alto índice de estabilidad en las adversas condiciones climáticas de la región.

Quizá económicamente (hablando de economía industrial) estas masas no parezcan interesantes en la actualidad. Pero yo me pregunto si una fuente potencial de madera, hidratos de carbono, conservación del suelo y por consiguiente de los pastizales subyacentes, e igualmente por consiguiente de una ganadería sufrida, resistente, aclimatada y en equilibrio, y por consiguiente de proteínas asimilables, tanto de los niveles tróficos herbáceos como de los animales, merece o no merece ser tenida en cuenta.

Aquí, aunque sea un poco en el aire, y teniendo en cuenta la importancia del ganado de cerda en toda la región, quiero dejar constancia de los estudios de Maynard (1.966) y Mac Fayden (1.966) que afirman que, de toda la escala animal, el cerdo es el mejor "convertidor" de energía conocido; por una parte, se estima que el 20% de la energía consumida por el cerdo se vuelve a encontrar bajo la forma de alimentos válidos para el hombre. Su rendimiento de asimilación  $A = \frac{\text{energía asimilada}}{\text{energía absorbida}}$ , es del orden de un 76%.

Y me pregunto también si merece ser tenido en cuenta, no sólo ahora, sino sobre todo como reserva para nuestras generaciones venideras que estarán apretujadas sobre un planeta superpoblado y contaminado, el pulmón potencia de esos bosques -

penumbrosos y serenos a donde cada vez con mayor intensidad es capa la masa humana asfixiada, procedente de las ciudades, para respirar con algo de libertad su ración de ocio semanal.

Me pregunto si algún día tendremos que pagar por el derecho de sentarnos bajo la sombra de un árbol. Si habiendo agotado en una brutal carrera de desenfrenado consumo una serie de recursos alimenticios tradicionales, volveremos los ojos hacia fuentes de alimento tan humildes como puedan ser una ensalada de berros o una torta de bellotas con sal. Si, en definitiva, tendremos que emplear contra reloj todas nuestras energías y medios de investigación para tratar de rehacer los ecosistemas degradados, en un tiempo increíblemente menor de lo que estamos tardando en desequilibrarlos, ¿tendiendo entonces angustiosamente a una cuestión de simple supervivencia de la Humanidad, y no de aumento de la "renta per capita" o de desarrollo económico.

Se nos presenta, pues, y creo que con mayor urgencia de la que creemos, el problema de elevar la rentabilidad de los ecosistemas productores de primeras materias, tratando a la vez de evitar catástrofes irreversibles que, con el tiempo, puedan destruir no solo la rentabilidad sino la misma fuente productora.

Esta cuestión plantea inmediatamente la difícil matización de cuando un ecosistema, bajo la acción de perturbaciones que el hombre provoca en principio, pero que después continúa un curso del que frecuentemente no se tiene control, comienza a descender en productividad e se encuentra en ese punto crítico de equilibrio inestabilizado en el que resulta peligrosa cualquier acción añadida.

Numerosos investigadores han estudiado el problema, y también numerosas soluciones han sido propuestas. Nosotros vamos a pasar una rápida revista a lo que pudieramos llamar "índices de madurez" o "determinaciones de clímax", considerando como etapa climax, la de resultado neto de las actividades de la comunidad biótica que llevará al máximo su índice de diversidad, lo cual trae como consecuencia una estabilidad casi permanente a lo largo del tiempo, si no se producen nuevas perturbaciones exteriores al ecosistema.

Se denomina "tasa de renovación" o "turn over" la relación  $\frac{P}{B} = \frac{\text{productividad bruta}}{\text{biomasa total}}$ , la cual disminuye progresivamente desde los ecosistemas juvenes, en etapas de formación, hasta el climax. Al ejercer cualquier acción para aumentar la productividad, elevamos el valor de la relación, suponiendo la biomasa constante (masa total de la biocenosis u organismos vivos) y por consiguiente, alejamos al ecosistema del climax, o situación de equilibrio.

Si además de tratar de aumentar la productividad P / (por ejemplo, introduciendo cultivos monoespecificos y utilizando herbicidas para eliminar la diversa vegetación espontánea), disminuimos la cantidad de biomasa B, (por ejemplo, eliminando totalmente las encinas o las especies forestales), por aumento del numerador y gran disminución del denominador (ya que la masa de las especies forestales es enorme en relación con la de la hierba, microorganismos, matorral o especies animales espontáneas) la relación  $\frac{P}{B}$  puede tomar un valor altísimo en relación con el necesario para el climax del ecosistema. Y ese desnivel del equilibrio es el que podría poner en marcha entonces/ efectos irreversibles de tremenda gravedad, (desertización, desuelos, pérdida casi total de flora y fauna, etc.) y por consiguiente, una disminución e incluso anulación de la rentabilidad buscada.

La relación  $\frac{P}{R} = \frac{\text{productividad bruta}}{\text{respiración total}}$ , se conserva mayor que la unidad en las biocenosis pioneras, y disminuye hacia el climax en el que, teóricamente debe tomar el valor 1.

La relación  $\frac{B}{E} = \frac{\text{biomasa total}}{\text{flujo de energía}}$ , aumenta hacia la situación de climax. Vemos aquí también que la eliminación de una especie de gran masa, si el flujo de energía (por ejemplo solar) se conserva constante, aleja al ecosistema del equilibrio. Pero si la eliminación es de una cubierta forestal que absorbe cuando existe por sí misma una gran parte de energía, estamos además aumentando el denominador E, con lo cual aún nos alejamos más de la situación de equilibrio.

Otros muchos índices podríamos citar, tales como "eficiencia ecológica", "estratificación espacial" y "temporal" "entropía" de Shantton, etc, pero creemos más interesante analizar el problema para concluir ya.



En realidad, pues, al tratar de una planificación extensa sobre recursos naturales, a lo cual llegaremos siempre -- ( puesto que industrialización, electrificación, comunicaciones, / sociología, economía, etc, no son más que diversas maneras, aprovechamientos u ordenación de aprovechamientos de materias primas), lo que debería hacerse es un detenido estudio previo de los ecosistemas. Al tratar de elevar la productividad de los mismos, será necesario simplificarlos, y en la mayoría de los casos, ésta simplificación llevará consigo un alejamiento del climax, de la estabilidad. Entonces, deberemos tener muy en cuenta que la simplificación puede ser válida si se consigue un disclimax que pueda mantenerse estabilizado por medio de recursos humanos o naturales permanentes, que no corran riesgo de desaparecer a lo largo del tiempo. Esto solamente puede conseguirse por medio de sucesivos estudios de la evolución seriada del ecosistema, para pulsar en un momento determinado el punto crítico en el cual el equilibrio subclimácico empieza a estar en peligro de rotura. En este momento, no sólo no deberá ejercerse acción alguna para aumentar la productividad, sino que en algunos casos será necesario sacrificar el punto de vista económico a corto plazo para hacer progresar el ecosistema hacia el climax de sus biocenosis y conseguir así la relativa seguridad de que una parte al menos de la productividad conseguida pueda conservarse constante en el tiempo.

Naturalmente, estos estudios de ninguna manera pueden realizarse con garantías de seguridad a no ser por equipos complejos de verdaderos expertos en geología, biología, ciencias forestales, ganaderas y agronómicas, química, procesamiento de datos, estadística, sociología, ordenación del territorio, vías de comunicación, etcetc.

Y aún estos equipos poco podrían avanzar si no se complementan ocasionalmente con científicos especializados en ramas muy particulares cuya investigación irá surgiendo sin duda / a lo largo de los estudios generales.

Siguiendo las líneas de estos estudios es únicamente como los Organismos de la Administración podrían después -- acometer seriamente la puesta en práctica de un desarrollo efectivo y sobre todo duradero para nosotros y principalmente para las generaciones posteriores.

Porque yo creo, y sirva esto como principal conclusión que no por mucho madrugar amanece más temprano, y que la base para un verdadero desarrollo regional está primero en el estudio profundo y reflexivo de los que puedan y sobre todo sepan hacer lo; y después, en el sacrificio de espectaculares y efímeros éxitos en aras del establecimiento de bases firmes de una rentabilidad quizá no tan alta como nos convenga a nosotros, pero al menos lo suficiente estable como para que puedan beneficiarse de ella nuestros hijos, y los hijos de nuestros hijos.

Que así sea.

### R E S U M E N

El ciclo de aprovechamiento energético de un ecosistema puede contemplarse desde el punto de vista económico humano. Las consecuencias de equilibrio o desequilibrio, muchas veces forzadas por la mano del hombre, consciente o inconscientemente, se estudian someramente para llegar a conclusiones de aplicación que pueden ser extendidas a los montes de encinar y alcornoque y los pastizales de la provincia de Badajoz.

Se desprende la necesidad de estudios previos de la productividad del ecosistema y de las posibles variaciones de esta productividad, tanto en el campo material como en las consecuencias económicas-sociológicas en el terreno espiritual e incluso los posibles efectos irreversibles por una modificación excesiva de las condiciones que mantienen el equilibrio dinámico en sus biotopos.

Se examina la posibilidad de simplificación del ecosistema para llegar a la máxima productividad posible dentro de una suficiente estabilidad ecológica que asegure la supervivencia del sistema y, como consecuencia, su equilibrio productivo en el tiempo.

Badajoz noviembre 1.973.

BIBLIOGRAFIA.

- BAKER (J.J.W.) and G.E. ALLEN, 1.970 " Biología e investigación científica" Fondo E. Iam.S.A.
- COX (G.W.) 1.970. "Laboratory Manual of General Ecology". Dubuque Iowa. Brown Co
- DAJOZ. (R.) 1.971. " Précis d'ecologie". Dunod. París.
- DARNELL (R.M.) 1.968. " Organism environment. Texas.University.
- DONCEL(J.L.)" Diagnóstico y mejora de pastizales por separación/ de variables ecológicas" Mem.Dip.Prov.C.I.A. Badajoz.
- DONCEL (J.L.) 1.966. " Importancia y problemática de las dehesas en la provincia de Badajoz". VII R. Científ.de la SEEP. Badajoz.
- DONCEL (J.L.) 1.969. " Los pastizales en los montes adhesados - de encinar". Per."HOY".Badajoz.
- DUVIGNEAUD (P.) 1.968. " Aperçu sur la biomasse, la productivité et le cycle des éléments biogénés". Bull. Sep. Royale/ de Bot. Belgique.
- FARB (P.) 1.966. " Ecología". LIFE. México D.F.
- GONZALEZ BERNALDEZ (F.) GARCIA NOVO Y RAMIREZ DIAZ.1.972."Interpretación ambiental física de componentes principales/ de análisis biocenóticos". Inv.pesq. Barcelona.
- G. BERNALDEZ (F.) M.MOREY and F. VELASCO. 1.969. " Influences of Quercus ilex rotundifolia on the herb layer at the El/ Pardo forest (Madrid)" Bol.R.S.E. Hist.Nat. Madrid.
- G.BERNALDEZ (F.) 1.973." Urbanismo y ordenación del territorio". Acad. B.A. Sta. I.H. Sevilla.
- KIRA (T.) SHIDEI (I.) 1.967. "Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the-- western Pacific. Japan.J.of Ecol.
- LOSSAINT (P.) et RAPP (M.) 1.969. " Repartition de la matière organique et cycle du carbone dans les groupements forestiers et arbustifs mediterraneens sempervirents.Quercus ilex et Quercus coccifera" Unesco.I.B.P. Bruxelles. Belgique.
- KRAMER ( P.J.) é T. KOZLOWSKI. 1.965. " Fisiologia das árvores". Fund. Gulbenkian. Lisboa.

- MARTIN GALINDO (J.L.) 1.966. " Panorama actual de la dehesa extremeña". Bol. Geogr. S. Madrid.
- MILLER (R.B.) 1.963. " Plant nutrients in hard beech". N.Z.J.Sci.
- NEWBOUL (J.D.) 1.967. " Methods of estimating the Primary Production of FOREST". I.B.P. Handbook nº 2. Blackwell Scientific. Publications. Oxford.
- OLSON ( J.S.) 1.963. " Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological aystems " Ecology.
- TORRENT ( J.A.) 1.964. " Posibilidad de aumentar la producción / del encinar por medio de injertos". S.S. Plagas F. Madrid.