

# Algunes limitacions del valor-energia en la comptabilitat dels recursos naturals

Albert Puntí

L'anàlisi energètica ha tractat de superar la separació entre la teoria econòmica i l'estudi de processos de producció naturals. Però, en alguns casos aquest intent de construir una bio-economia, ha significat simplement una transferència de mètodes i conceptes des de les ciències naturals, especialment des de la Biologia i la Termodinàmica, cap a les ciències socials.

Exemples del que acabem de dir es poden trobar en alguns textos de H. T. Odum, on es redueix tota mena de relacions socioeconòmiques a simples circuits elèctrics. D'acord amb Odum, "les ciències socials no han volgut reconèixer que en realitat les trajectòries i expressions de poder social són la mateixa mena de fluxes que els que corren per les línees elèctriques" (Odum, 1971).

No crec pas que aquest reduccionisme energètic sigui el camí correcte per a construir una bioeconomia. Tanmateix, crec que canviant alguns mètodes i conceptes de l'anàlisi energètica és possible combinar-la amb l'estudi de les relacions socials. Fonamentalment, crec que cal canviar el mètode utilitzat per a avaluar el cost energètic del treball humà. Això farà canviar els resultats en els càlculs de l'eficiència dels processos de producció tant a l'agricultura com a l'indústria o als serveis, i al mateix temps demostrarà que és necessari traslladar el focus de l'anàlisi bioeconòmica des de l'estudi de l'eficiència tècnica dels processos productius cap a l'estudi de la seva estabilitat.

## *El cost energètic del treball*

El càlcul del valor energètic del treball humà és una de les qüestions més controvertides de l'anàlisi energètica (Hall, 1986: 107-108). Per a alguns autors com Gerald Leach (1976), Chapman (1975) o Slessor (1978: 138-139), el paper del treball humà és una qüestió secundària en l'anàlisi energètica de les societats industrials, i per tant, consideren que no s'ha de tenir en compte. Altres autors com Rappaport (1968) o Campos i Naredo (1980: 82) només comptabilitzen l'energia metabòlica aportada directament al procés de treball. Aquest és també el mètode utilitzat en el que sembla ser un dels primers treballs d'anàlisi energètica de l'agricultura (per Podolinsky al 1880: cf. Martínez-Alier i Naredo, 1979, 1982). Altres investigadors no només tenen en compte l'energia muscular consumida en el treball, sinó que també comptabilitzen el contingut energètic dels aliments necessaris per a produir l'activitat muscular. Autors com ara Pimentel (1979: 34-35) alguns cops comptabilitzen el valor energètic dels aliments consumits sense distingir entre la part que serveix per a aconseguir l'energia necessària per treballar i la part que es consumeix en el temps de l'oci. Finalment, el cost energètic del treball humà ha estat avaluat també, considerant no només el consum d'aliments, sinó també el conjunt del cost energètic de producció dels bens i serveis consumits pels treballadors (Fluck, 1982: 100-105) (Puntí, 1983).

Decidir-se per un o altre mètode de mesura del cost energètic del treball humà modifica de forma important el càlcul dels balanços energètics dels processos econòmics.

La proposta de Leach, Chapman i Slesser de no comptabilitzar el cost energètic del treball humà, no ens permet analitzar aquells sectors econòmics en els que el treball humà juga un paper fonamental. En l'estudi de les societats primitives, de caçadors-recol·lectors o d'agricultors primitius, el treball humà és input essencial, i per tant és necessari comptabilitzar-lo. També, en l'anàlisi de sectors com la sanitat, l'educació, i en general en el conjunt del sector dels serveis en les modernes economies, no és possible marginar el paper del treball humà.

Comptabilitzar el treball humà d'acord amb l'energia metabòlica aportada al procés de treball, o pel contingut energètic dels aliments necessaris per a produir aquesta energia metabòlica, tindria sentit en les societats primitives, però en les modernes societats, en les que el treball humà no és bàsicament treball en un sentit físic, sinó que essencialment és capacitat de direcció, coneixement tècnic, o habilitat professional, l'energia física aportada al procés de treball no pot considerar-se com una mesura correcta del valor del treball humà en el procés econòmic.

Comptabilitzar el conjunt dels aliments ingerits pels treballadors, en alguns casos equival pràcticament al valor de tota l'energia consumida, tal com passa en l'estudi dels caçadors-recol·lectors del Kalahari (Pimentel, 1979: 35-35), però el mateix mètode aplicat als treballadors dels Estats Units (1970), implica comptabilitzar únicament un 4 per cent del conjunt de l'energia consumida per aquests treballadors (Fluck, 1982).

Aquest conjunt de consideracions aixequen una sèrie d'interrogants que cal contestar. El fet d'utilitzar una metodologia diferent per valorar el treball humà que per valorar inputs com la maquinària o el treball dels animals, implica la impossibilitat d'utilitzar aquest tipus d'anàlisi energètica en l'estudi dels processos de substitució de treball humà per maquinària.

Per il·lustrar aquesta afirmació podem imaginar el cas d'una explotació agrària altament mecanitzada, on s'utilitzen inputs com tractors, fertilitzants químics, gas-oil, etc. . Per comparar l'eficiència energètica d'aquest mètode de cultiu amb un altre menys mecanitzat es divideix la finca en dues meitats homogènies, utilitzant el sistema altament "industrialitzat" en una meitat, mentre que en l'altra meitat de la finca es decideix substituir maquinària per treball humà en la recol·lecció (amb la qual cosa no es modifica la productivitat).

Si comparem els balanços energètics dels dos mètodes de cultiu, tenim que el valor del l'output és el mateix en els dos casos, ja que només s'han introduït modificacions a l'hora de la collita. Pel que fa als inputs els podem dividir en dues parts, una primera que inclou els fertilitzants químics, llavors, insecticides, maquinària per llaurar, etc. i una segona part en la que en una meitat de la finca hem utilitzat maquinària i combustible per a la collita, mentre que en l'altra meitat hem utilitzat treball humà. Per tant, els resultats de la comparació depedran de la diferència entre el cost energètic del treball humà utilitzat en la recollida d'un sector i la maquinària i el combustible utilitzats en l'altre.

Si fem la metodologia de Leach, Chapman o Slesser, i no comptabilitzem el cost de treball humà, evidentment el mètode de cultiu que fa servir treball humà en lloc de maquinària serà el més eficient. Sembla evident, però, que el mètode utilitzat per a obtenir aquests resultats no és el correcte.

Si avaluem el treball humà d'acord amb l'energia metabòlica directament aportada pels camperols a la collita (Campos i Naredo, 1980), estem introduint un tall metodològic en l'anàlisi energètica, ja que en el càlcul del cost energètic de qualsevol producte, sempre comptabilitzem tota l'energia (directa i indirecta) consumida en la seva producció: l'energia del procés de treball, més l'energia necessària per a amortitzar la fracció dels mitjans de treball consumits en el procés. Quan l'objectiu d'un procés és la producció d'energia (p.e. una central tèrmica), també comptabilitzem les necessitats d'energia per a obtenir energia. Sempre s'avalua un input comptabilitzant tota l'energia que ha estat necessari consumir per a preparar-lo.

Contràriament, avaluar el treball humà a partir de la seva contribució energètica al procés de treball implica que no comptabilitzem l'energia que ha estat necessari consumir per a obtenir i preparar la força de treball per a ésser útil en el procés de producció.

En l'anterior exemple dels dos camps, en un cas es comptabilitzaria l'energia directament aportada pels treballadors, mentre que en l'altre a més de l'energia directament aportada per la maquinària, que sol ser equivalent al vint per cent del valor energètic del combustible consumit, també la resta de l'energia, perduda en forma de calor i el cost energètic de la fracció dels mitjans de producció consumits, serien tinguts en compte. Finalment, inclús si avaluem el treball humà d'acord amb el cost energètic dels aliments



necessaris per a l'obtenció de l'energia metabòlica aportada al procés de producció, només estariem comptabilitzant el cost del "combustible" per a l'energia necessària per a la producció d'aquesta "maquinària".

Podem proposar ara un altre mètode per a l'avaluació del treball humà, a partir de la utilització genèrica del concepte de "reproducció de la força de treball" en Marx. La força de treball, considerada com la capacitat per a desenvolupar el treball útil, s'ha de produir com a qualsevol altre mercaderia, i és precisament aquest procés de producció el que determina el seu cost de reproducció; "el valor de la força de treball és el valor dels mitjans de subsistència, necessaris per a la conservació del seu posseïdor" (Marx, 1867,1975: 207-208). Aquest cost pot estendre's a la reproducció del conjunt de l'unitat familiar, ja que "serà necessari subsistir constanment amb un nombre com a mínim igual de noves forces de treball, les que es retiren del mercat per desgast o mort, la suma dels mitjans de subsistència dels substituïts, és a dir, els fills dels treballadors" (Marx, 1867,1975: 208-209). En la nostra societat actual la reproducció dels treballadors inclou els aliments, la roba, la vivenda i el transport, així com els serveis per al seu manteniment i qualificació, com ara la sanitat, l'ensenyament, etc.

La valoració del treball humà a partir de la comptabilització de l'energia incorporada en els bens i serveis consumits pels treballadors i les seves famílies, permet a l'anàlisi energètica deixar d'ésser un anàlisi merament tècnica ja que li dona una dimensió socio-econòmica, puix que el valor del treball humà canviarà d'acord amb les variacions que experimenti el poder adquisitiu dels treballadors, que depèn de factors històrics.

Aquesta nova proposta metodològica per a l'avaluació del treball humà invalida les propostes de disminuir el consum energètic global a partir de la reducció del sector industrial i el creixement del sector serveis. A primera vista el procés "productiu" dels sectors serveis és menys intensiu en consum d'energia, però si els sous en el sector dels serveis són els mateixos o superiors, llavors no hi ha motiu per a pensar en una disminució del consum energètic en el conjunt del sistema econòmic.

Avaluar el treball humà per l'energia directament aportada al procés de treball, o per al consum d'aliments per a obtenir aquesta energia, no ens permet analitzar la substitució de treball humà per maquinària. Ara bé, el tipus d'anàlisi energètica que utilitza aquests mètodes, ens ofereix una certa informació sobre l'eficiència tècnica dels consums energètics. Així per exemple, tal com es pot veure a les taules I i II (Campos i Naredo, 1980) podem comparar l'eficiència tècnica dels balanços energètics de dos tipus de cultiu, el "cultivo de año y vez tradicional" i "el cultivo de año y vez moderno", podent comprovar que l'eficiència tècnica del sistema tradicional és de 15,22 kcal de collita per cada kcal invertida en el procés, mentre que en el sistema modern l'eficiència és de 2,43.

En les taules I i II el treball humà s'ha comptabilitzat de la mateixa manera, 860 kcal treballador/dia, i per tant s'ha situat a l'anàlisi energètica fora de qualsevol context socio-econòmic, tant fa que estiguem analitzant un mètode de cultiu utilitzat per jornaleros andalusos a la dècada dels 60, com per agricultors dels Estats Units als anys 70 o avui dia. Ara bé, l'eficiència energètica del sistema tradicional només és superior a la del sistema modern, sempre i quan el valor del treball humà sigui inferior a 25.000 kcal/dia, el que vol dir que si en lloc de considerar únicament l'energia metabòlica aportada directament pels treballadors, tal com s'ha fet a les dues taules I i II, comptabilitzem el conjunt de l'energia consumida pels treballadors i les seves famílies en aliments, bens i serveis, els resultats canvien radicalment. Una

**Taula I. Cultivo de año y vez tradicional**

<i>Consum energètic (ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Kcal.</i>
Treball humà	31.863
Fertilizants	139.232
TOTAL	171.095
<i>Producció (ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Kcal</i>
Blat	2.242.540
Cigrons	361.284
TOTAL	2.603.824

Eficiència O/I = 15,22

Font: P. Campos i J.M. Naredo, "La energía en los sistemas agrarios", pàg. 103, 1980.

## Taula II. Cultivo de año y vez moderno

<i>Consum energètic (ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Kcal.</i>
Treball humà	2.048
Fertilitzants	2.196.535
Herbicides	43.560
Combustible	1.171.061
Maquinària	53.291
TOTAL	3.466.495

  

<i>Producció (ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Kcal</i>
Blat	5.673.264
Girasol	2.746.000
TOTAL	8.419.264

Eficiència O/I = 2.43

Font: P. Campos i J.M. Naredo, "La energía en los sistemas agrarios", 1980.

família rural andalusa amb dos fills consumia en els anys seixanta al voltant de 20.000 kcal/dia (Martínez-Alier, 1968:95-98), per tant el sistema tradicional era més eficient energèticament que el mètode modern, però amb treballadors nordamericans amb un consum familiar de més de 100.000 kcal/dia (1970) (Fluck, 1982:105), el sistema modern fora el més eficient.

Loomis en el seu treball sobre l'agricultura nordamericana arriba a una conclusió similar, que el porta a criticar alegrement els treballs de Pimentel sobre balanços energètics a l'agricultura, afirmant que paradoxalment; "donat el nostre nivell de vida, substituïnt treball humà per maquinària podem estalviar energia fòssil" (Loomis, 1984:463).

Ens toquem doncs amb alguns problemes metodològics fonamentals que l'anàlisi energètica ha de saber resoldre. El primer és que l'anàlisi energètica no pot plantejar-se deslligada del context socio-econòmic al que pertanyen les tècniques productives que preten estudiar. El segon és que l'anàlisi energètica no hauria d'ésser simplement un mètode par a mesurar eficiències energètiques, sinó bàsicament un instrument per a mesurar els efectes de determinat procés productiu en els estocs d'energia disponible, i conseqüentment en l'estabilitat del propi sistema.

Per exemple, el balanç energètic del sistema de "año y vez moderno" a Andalusia fora ara més eficient que el sistema tradicional, mesurant en kcal, si suposem que els salaris són el suficientment elevats com per permetre un consum energètic diari de més de 30.000 kcal per família. Ara bé, l'anàlisi del tipus de recursos consumits en cadascun del sistema, ens donaria una informació totalment diferent, ja que en un cas només s'utilitzen recursos renovables mentre que en el sistema modern hi intervenen recursos no renovables.

L'anàlisi energètica que s'ha descrit anteriorment, a l'igualar tots els inputs a kcal no ens dona cap informació sobre si aquests kcal procedeixen de recursos renovables o de no renovables. En un sistema econòmic que utilitzi únicament recursos renovables, l'estudi dels balanços energètics potser serà suficient, però en l'estudi dels sistemes industrials que consumeixen recursos no renovables, el mètode d'anàlisi que utilitzem ens ha de donar informació sobre les variacions en la velocitat de consum dels estocs d'energia disponible.

### *El cost ecològic-temporal dels recursos*

Es necessari utilitzar un tipus d'unitat de mesura que faci possible avaluar la velocitat de consum de l'estoc de recursos, per tal que la correcció entre aquesta velocitat i la velocitat dels cicles de producció natural, ens permeti conèixer l'evolució del balanç dels estocs o les variacions en la velocitat d'agotament d'aquests estocs.

Per decidir el tipus d'unitat de mesura a utilitzar, primer classificarem els recursos naturals en renovables i no renovables. Els recursos renovables són aquells que deriven en última instància del flux constant d'energia, la radiació solar. Els recursos no renovables (ferro, coure, etc.) són aquells que el seu volum a la terra roman constant, ja que la natura no produeix noves existències.



Centrant-nos en els renovables. Evidentment el període de renovació és l'aspecte fonamental a tenir en compte, si volem establir una llei que ens permeti determinar els problemes d'esgotament dels recursos. El cost ecològic, o sigui, el valor dels recursos renovables vindrà determinat pel període de temps que la natura necessita per tornar-los a produir.

En un bosc amb una biomassa de 380 Tm/ha, amb una productivitat de 14,30 Tm/ha/any, podem parlar d'un període de renovació de 26,57 anys, i la producció d'una tona de fusta serà equivalent a un període de producció natural de 0,07 anys. Podem expandir la llei del cost ecològic dels recursos renovables, a aquells recursos energètics considerats habitualment com a no renovables degut al seu prolongat període de formació, com són els combustibles fòssils: carbó, petroli, sorres bituminoses, gas natural, etc., rics en energia solar acumulada en els últims 600 milions d'anys, i quin procés de producció continua aproximadament al mateix ritme (Hubbert, 1962).

Si suposem que les reserves de petroli són de  $288 \times 10^9$  Tm (Hubbert, 1962), i que el seu període de formació ha sigut de 600 milions d'anys, el temps que la natura tarda en produir una tm de petroli són  $2,08 \times 10^{-3}$  anys, i per tant aquest serà el cost ecològic del consum d'una tonelada de petroli. Per al carbó el cost ecològic serà de  $7,89 \times 10^{-6}$  anys per tm.

Si podem estimar un període de renovació per a cada recurs renovable, podem establir els termes d'intercanvi entre diferents recursos. Ara bé, cal que tinguem present un fet: estem comparant productivitats, és a dir, producció per unitat de superfície, així doncs la superfície de producció dels recursos que comparem haurà d'ésser la mateixa, i ja que per alguns recursos es fa difícil determinar una superfície de producció (carbó, petroli, etc.) en molts casos haurem de fer referència a la productivitat mitja mundial, deixant de banda la qüestió de la diferent productivitat d'un mateix recurs en diferents regions.

Hem dit que el cost ecològic ve determinat per el temps que la natura necessita per a (re)-produir-lo. Agafem ara l'exemple de la fusta. Com és sabut, no totes les regions tenen la mateixa productivitat; en conseqüència el problema obviament està en decidir quin temps de producció hem de considerar com a vàlid. La solució més factible és la de considerar com a correcte el temps promig de tots els ecosistemes, és a dir, considerar la productivitat a nivell del conjunt del planeta.

Si tenim un recurs A (fusta) amb una producció en el conjunt de la biosfera de  $4,30 \times 10^6$  Tm/any (ONU, 1977), i que per tant el període de formació d'una tm és de  $2,26 \times 10^{-10}$  anys, i un altre recurs B (arròs) amb un temps de producció per tm de  $2,78 \times 10^{-9}$  anys (al 1975) (ONU, 1977), els termes per a un intercanvi equilibrat, mesurat en unitats de temps natural de producció, entre aquests dos recursos serà:

$$1 \text{ Tm de B} = 2,78 \times 10^{-9} / 2,26 \times 10^{-10} \text{ Tm de A}$$

$$1 \text{ Tm de B} = 12,30 \text{ Tm de A}$$

$$1 \text{ Tm de A} = 0,08 \text{ Tm de B}$$

Aquests termes canviaran si varia el cost ecològic d'un dels dos recursos, degut a variacions en la seva taxa de productivitat, ja sigui per causes naturals o a causa del tipus d'explotació de l'ecosistema.

Per als recursos no renovables o lentament renovables (energètics o no), podem escollir entre dos mètodes diferents de mesura. Quan coneixem el volum de l'estoc disponible, podem deduir un període d'exhauriment d'acord amb la taxa d'extracció, i per tant podem calcular la taxa de descompte de futur implícita (tal com veurem més endavant). D'altra banda, si analitzem el procés de producció d'un recurs no renovable com l'energia nuclear, podem veure que el mineral d'urani que hi ha sota terra, per transformar-se en energia ha de passar per un llarg i complicat procés de treball. Així, si considerem el conjunt de l'urani consumit per una central nuclear al llarg de la seva vida, sabem que per transformar aquest urani en kwh ha estat necessari: extreure el mineral, enriquir-lo, construir la central nuclear, construir la xarxa de distribució, etc., i tots aquests processos precisen consumir energia. Aixó significa que el realitat el que hem fet ha estat intercanviar una energia de la que ja disposavem (carbó, petroli, hidroelectricitat, etc.) per l'energia produïda per la central nuclear, i per tant podem estimar el cost ecològic de cada kw nuclear. El cost ecològic d'un recurs no renovable canviarà quan varí l'eficiència dels processos de treball necessaris per a obtenir-lo, de la mateixa manera que el cost d'un recurs renovable varia quan varia la velocitat del seu cicle de producció natural.

A tall d'exemple del que hem dit, aplicarem aquestes propostes a l'estudi del sistema "de año y vez moderno" (Campos i Naredo, 1980). A la taula II podem veure el balanç energètic d'aquest sistema de cultiu. En primer lloc transformarem les kcal dels inputs en tones de recursos energètics, tenint en

compte els volums de carbó, petroli, fusta, gas i electricitat (i en aquest cas la proporció entre hidroelectricitat i electricitat procedents de centrals tèrmiques), consumit en les fàbriques que produeixen aquests inputs (fàbriques de maquinària, fertilitzants, insecticides, etc) (Servicio Sindical de Estadística, 1976). Un cop que hem trasformat tots els inputs en tonelades de diferents classes de recursos renovables, si multipliquem cadascú d'ells pel seu coeficient de cost ecològic per tm, obtindrem el cost ecològic del conjunt dels inputs, que en aquest cas és  $4,58 \times 10^{-4}$  anys. El valor de l'output d'una hectàrea fou equivalent al  $2,22 \times 10^{-7}$  per 100 de la producció agrícola mundial d'un any, així doncs el valor de l'output valorat en temps de producció natural va esser equivalent a  $2,22 \times 10^{-9}$  anys.

Si comparem els resultats dels dos tipus d'anàlisi (taula III), podem veure com en el balanç energètic el resultat és positiu, ja que el contingut energètic de la collita és 2,43 cops superior a l'energia continguda en els inputs. Contràriament, si calculem el cost ecològic podem comprovar que el valor dels inputs, en termes de temps natural de producció és 2064 cops més gran que el valor de l'output, cosa que significa que hi ha una disminució en els estocs de recursos disponibles.

Així doncs, si utilitzem únicament la informació que ens ofereix l'anàlisi energètica, podem arribar a una avaluació errònia d'aquest mètode de cultiu, no només a causa de les ambigüitats en la valoració del treball humà (com hem vist abans) sinó també perquè comptar en kcal no permet distingir entre recursos renovables i no renovables.

**Taula III. Anàlisi energètica i cost ecològic-temporal del sistema de "año y vez moderno"**

	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>	<i>I&gt;O</i>	<i>O&gt;I</i>
Anàlisi energètica	3.466.495 kcal	8.419.264 kcal	2,43	-
Cost ecològic	$4,58 \times 10^{-4}$ anys	$2,22 \times 10^{-9}$ anys	-	2.064

### *El cost ecològic de l'agricultura espanyola*

Tenint en compte que l'objectiu d'aquest article és fonamentalment metodològic, i que les xifres mostren únicament ordres de magnitud, hem fet una primera aproximació a l'estudi del cost ecològic de l'agricultura espanyola, a partir de les dades dels balanços del anys 1950-51 i 1977-78.

Aquestes dades demostren que l'eficiència energètica de l'agricultura espanyola ha passat d'obtenir 6,10 kcal de producció final agrària per cada kcal de fora del sector invertida en el procés, a solsament 0,74 kcal (Naredo i Campos, 1980).

El mètode utilitzat ha estat el mateix que en el cas del mètode de "año y vez moderno". Primer de tot, hem trasformat els inputs en tones de diferents classes de recursos renovables, d'acord amb les proporcions amb que eren consumits per l'agricultura espanyola, posteriorment hem comparat el cost ecològic dels inputs amb els valors de la producció agrícola obtinguda (Taula IV).

La informació obtinguda en la taula IV demostra que assumint de forma realística que la producció de l'agricultura espanyola en ambdós períodes equival aproximadament a l'ú per cent de la producció mundial, el valor de l'estoc de recursos consumit, mesurat en temps de producció natural, era al 1950-51, 57.759 cops més gran que el valor del producte obtingut, i aquesta xifra pujava fins a 1.676.896 al 1977-78. Així doncs, la velocitat en el consum dels estocs de recursos disponibles es multiplicava per 29 entre les dues dates considerades (Puntí, 1982).

Quan l'eficiència d'un procés productiu, mesurat en termes de cost ecològic, està per sota de la unitat, la sostenibilitat del procés és en perill, i aquest perill augmenta en relació directa al decreixement de l'eficiència. Així per exemple, en l'agricultura espanyola les possibilitats de sostenibilitat del sistema s'han reduït en un factor de 29 entre 1950 i 1977.

Per a l'estudi de la sostenibilitat d'un procés econòmic podem utilitzar la següent equació:

$$R_p (1+r) = R_c (I)$$



**Taula IV. Cost ecològic-temporal de l'agricultura espanyola 1950-51 i 1977-78**

	<i>Carbó</i>	<i>Derivats del petroli</i>	<i>Hidroelectricitat</i>
Inputs agrícoles 1950-51	43.147 Tm	277.526 Tm	314.843 (TEC)
Inputs agrícoles 1977-78	3.403.112 Tm	8.049.081 Tm	4.808.644 (TEC)
Cost ecològic 1950-51	0,34 anys	577,25 anys	0,007 anys
Cost ecològic 1977-78	26,85 anys	16.742,09 anys	0,023 anys
Cost ecològic total 1950-51:	577,59 anys		
1977-78:	16.768,96 anys		

Els coeficients de cost ecològic utilitzats en aquesta taula són:  $7,89 \times 10^{-6}$  anys per tona de carbó,  $2,08 \times 10^{-3}$  anys per tona de petroli,  $2,3 \times 10^{-8}$  per TEC d'hidroelectricitat al 1950 i  $4,8 \times 10^{-9}$  anys per TEC d'hidroelectricitat al 1977.

On  $R_p$  són els recursos produïts per la natura durant el període considerat, valorats en unitats de cost ecològic,  $R_c$  són els recursos consumits durant el mateix període, valorats també en unitats de cost ecològic, i  $r$  és la mesura d'estabilitat del sistema, ja que sempre que obtinguem una  $r$  positiva voldrà dir que el sistema ha entrat en una fase de desequilibri.

Quan  $r = 0$ , llavors  $R_p = R_c$ . L'economia estaria funcionant d'acord amb la proposta de Rudolf Clausius al 1885: "En l'economia nacional, hi ha una regla general. No hauriem de consumir en cada període més del que es produeix en aquest període. Per tant hauriem de consumir tant combustible com és possible reproduir amb el creixement dels arbres". (cit. per Martínez-Alier, 1987). Clausius afegeix que de fet estem actuant com a hereus inconscients, consumint grans estocs de carbó acumulats previament.

Podem relacionar l'equació anterior (I) amb la "taxa de descompte" dels valors presents per a futurs usos, tal i com ha estat definida pels economistes.

La taxa de descompte serveix per a actualitzar el valor d'un consum futur. El seu objectiu és l'estudi de l'assignació intergeneracional dels recursos. La qüestió fonamental és com establir un ritme òptim de consum d'un recurs no renovable. Un descompte positiu implica determinar la durabilitat de l'estoc, i conseqüentment, suprimir una fracció de possibles usos futurs.

A major velocitat en el consum dels estocs disponibles, més gran és la taxa de descompte. Per tant, quan estem tractant amb un recurs que és fonamental per a un sistema productiu, quan augmenta la seva taxa de descompte, també augmenta la inestabilitat del propi sistema.

En la formulació econòmica (Gray, 1913,1914; Hotelling, 1931; Dasgupta,1982), es considera com a objectiu fonamental l'obtenció del màxim benefici durant el conjunt del període de consum de l'estoc del recurs. Se suposa que el venedor del recurs o el planificador social coneixen els costos de producció, les condicions de la demanda al llarg del temps, etc. El ritme de consum es determina d'acord amb la fórmula:

$$a(1+r) = b \text{ (II)}$$

On (a) és el benefici net produït per la venda d'una unitat més del recurs en el moment actual  $T^0$  i (b) és la pèrdua neta de benefici per la venda d'una unitat menys en el moment  $T^1$ . El que significa que per el venedor/planificador, (a) unitats monetàries actuals, més l'interés que produiran, són iguals a (b) unitats monetàries futures. En conseqüència en la formulació econòmica, es fa equivaldre la taxa de descompte amb la taxa real d'interés del diner, deixant a part expectatives inflacionàries.

### ***La productivitat de l'agricultura espanyola***

Podem comparar ara les dades de la taula IV amb l'evolució de la productivitat de l'agricultura espanyola, mesurada d'acord amb el ratio entre la producció agrícola i la força de treball utilitzada.

Per a fer aquests càlculs podem tenir en compte només els treballadors del sector agrari, o podem comptabilitzar també els treballadors dels sectors industrials i dels serveis que han pres part en la producció de productes o serveis que han estat utilitzats en el sector agrari (maquinària, pesticides, etc. ). El càlcul del volum de treballadors d'aquest segon grup (indústria i serveis) pot obtenir-se relacionant les dades de les taules input-output de l'economia espanyola, amb les dades de població activa per branques d'activitat.

Si relacionem la producció de kcal de l'agricultura espanyola al 1950-51 i 1977-78 amb el volum de treballadors de dintre i de fora del sector, obtenim les dades de la taula V. Si tenim en compte només els treballadors agrícoles, obtenim la taula VI. En ambdós casos obtenim resultats similars, que provenen que la productivitat per treballador ha augmentat tres o quatre cops en el període considerat.

Aquestes dades, que l'economia tradicional explicaria com un resultat del desenvolupament de les forces productives, està en total contradicció amb les dades que obtenim amb l'anàlisi energètica i amb l'estudi del cost ecològic, i per tant hem de considerar que probablement no ens ajudarien a estudiar la qüestió de la comptabilitat dels recursos naturals.

**Taula V. Productivitat agrícola considerant el conjunt dels treballadors agrícoles i els dels sectors industrials i de serveis relacionats amb l'agricultura**

	1950-51	1977-78
Anys de treball (tots els treballadors)	5.626.425 anys	3.248.310 anys
Producció agrícola final (x10 <sup>6</sup> kcal)	26.872.141	49.217.890
Valor de 10 <sup>6</sup> kcal	75,38 dies	24,09 dies

**Taula VI. Productivitat per agricultor**

	1950-51	1977-78
Anys de treball (només agricultors)	5.358.500 anys	2.498.700 anys
Producció agrícola final (x10 <sup>6</sup> kcal)	26.872.141	49.217.890
Valor de 10 <sup>6</sup> kcal	72,78 dies	18,53 dies

## Bibliografia

- Campos, P. i Naredo, J.M. La energía en los sistemas agrarios, *Agricultura y Sociedad*, Madrid, 15: 17-114, 1980.
- Chapman, P., *Fuel's paradise, energy options for Britain*, Penguin Books, New York, 1975.
- Dasgupta, P., *The control of resources*, Basil Blackwell, Oxford, 1982.
- Fluck, R.C., Baird, D.C. *Agricultural energetics*, AVI, Westport Connecticut, 1982.
- Gray, L.C. The economic possibilities of conservation, *Quarterly Journal of Economics*, 27, 1913.
- Gray, L.C. Rent under the assumption of exhaustibility, *Quarterly Journal of Economics*, 28, 1914.
- Hall, Charles A.S., Cleveland, Cutler J., Kaufmann, R. (1986). *Energy and resource quality (the ecology of the economic process)*, John Wiley & Sons, New York.
- Hotelling, H. The economics of the exhaustible resources, *The Journal of Political Economy*, vol. 39, n.º 2: 137-175, 1931.
- Hubbert, King. *Energy resources*, National Academy of Sciences, National Research Council, Publication 1000-D, 1962.
- Leach, G., *Energy and food production*, Science and Technology, I.P.C., Press Limited, Guilford, Surrey, Anglaterra, 1976.
- Loomis, R.S. Traditional agriculture in America, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: pp. 449-478.
- Martinez-Alier, J. *La estabilidad del latifundismo*, Ruedo Ibérico, Paris, 1968.
- Martinez-Alier, J., Naredo, J.M. A marxist precursor of energy economics: Podolinsky, *The Journal of Peasant Studies*, 9, 1982.
- Martinez-Alier, J., *Ecological economics*, Blackwell, Oxford, 1987.
- Marx, K., *El capital*, (vol. I) Siglo XXI, Madrid, 1867, 1975.
- Naredo, J.M., Campos, P. Los balances energéticos de la agricultura española, *Agricultura y Sociedad*, 15, Madrid, pp. 163-256, 1980.
- Odum, H.T., *Environment, power and society*, John Wiley & Sons, Inc., 1971.



- Pimentel D. & M., *Food, energy and society*, Edward Arnold, London, 1979.
- Puntí, A. Energía y fuerza de trabajo, *Mientras tanto*, Barcelona, 15: 61-67, 1983.
- Rappaport, R.A., *Pigs for the ancestors (ritual in the ecology of a New Guinea People)*, Yale University Press, New Haven, 1968.
- Servicio Sindical de Estadística, *Estadísticas de producción industrial 1974*, Madrid, 1976.
- Slesser, M., *Energy in the economy*, Macmillan Press, London, 1978.
- O.N.U., *Statistical Yearbook*, New York, 1977.