

# ANÀLISI ECONÒMICA I RECURSOS NO RENOVABLES

Joaquim Solà i Solà

IBERCA  
IBERCA  
IBERCA  
IBERCA  
IBERCA

per a l'escassetat malthussiana de flux resulta:

$$P = C' + \text{valor actual de l'augment en els costos futurs} + \text{Renda d'escassetat.}$$

En el cas de l'escassetat ricardiana de flux :  $P = C'$

I finalment, en l'escassetat ricardiana d'estoc:

$$P = C' + \text{valor actual de l'augment en els costos futurs}$$

D'acord amb aquest plantejament, els indicadors ideals són la renda en el cas de l'escassetat malthussiana d'estoc, el cost marginal d'extracció per a l'escassetat ricardiana de flux i el preu del recurs natural en les dues situacions restants. En la pràctica, però, l'aplicació d'aquests criteris tampoc està exempta de problemes. Com ha assenyalat Norgaard (1990), una qüestió -crucial- és la identificació del tipus d'escassetat que afecta cada recurs, la qual cosa exigeix disposar d'informació prèvia sobre -precisament- la seva escassetat, que és el que es vol mesurar (59).

#### 4.4. Treballs aplicats i resultats.

Les anàlisi aplicades per mesurar la disponibilitat de recursos naturals també adopten una doble modalitat. D'una banda, les que es basen en indicadors físics, i d'altra part, les que es desenvolupen a partir d'indicadors econòmics.

Els estudis que utilitzen indicadors físics -més limitats en nombre- ténen una funció essencialment predictiva i el seu objectiu principal ha estat determinar la vida útil de l'estoc de diferents recursos. El treball pioner -i més conegut- en aquesta línia va ser el primer infor-

(59) A banda dels problemes conceptuals, a nivell operatiu es tornen a manifestar algunes de les dificultats que hem exposat anteriorment. És el cas de les dificultats per obtenir dades de la renda -o de la seva variable substituïda, el cost marginal de descobriment- que poden obligar a utilitzar el preu com a indicador alternatiu en una situació d'escassetat malthussiana d'estoc.

me del Club de Roma. Per fer les prediccions sobre la durada dels principals recursos naturals els autors van utilitzar com a úniques variables rellevants les dades sobre reserves provades el 1970 i la taxa d'utilització del mateix any. Les carències d'aquest mètode d'anàlisi ja han estat comentades amb anterioritat, pel que no mereixen més atenció. Simplement constatar l'elevat risc de les prediccions fetes considerant un context econòmic estàtic.

Un procediment semblant és el que va adoptar Leontief (1977) en la realització d'un informe sobre el futur de l'economia mundial per a les Nacions Unides. Leontief també es basa en indicadors físics però introdueix els mecanismes adaptatius pel que fa al ritme d'utilització dels recursos al considerar que la demanda és sensible als canvis en els preus i que hi poden haver millores en la tecnologia d'ús. Com a conseqüència d'aquestes modificacions, els resultats són menys pessimistes que en el cas anterior (60).

Aquestes experiències suggereixen que els exercicis de prospectiva consistents en l'extrapolació del passat -amb diverses variants- cap el futur potser no són els més idonis per avaluar la disponibilitat dels recursos naturals, ja que el propi sistema activa mecanismes adaptatius que invaliden les prediccions basades en un determinisme mecanicista. Per això enlloc d'intentar predir el futur sembla més adient analitzar el comportament d'aquelles variables econòmiques que -amb totes les limitacions que es vulgui- informen de diverses maneres sobre l'escassetat dels recursos al llarg del temps. Aquest és el plantejament dels diferents estudis que, en major nombre, avaluen la disponibilitat dels recursos a partir d'indicadors econòmics. A continuació s'exposen les principals aportacions en aquesta línia, la qual cosa permetrà avaluar la significabilitat dels seus resultats en relació a la capacitat explicativa dels diversos indicadors.

La disponibilitat de recursos naturals des d'una perspectiva econòmica es pot avaluar de dues maneres. D'una banda, pel mètode estructural, i d'altra part, pel mètode dels resultats

(60) Val a dir, tanmateix, que l'horitzó temporal de referència en aquest cas és l'any 2000.

(Smith, 1978). El mètode estructural és el més sòlid conceptualment, però en la pràctica presenta considerables dificultats. Aquest mètode consisteix en identificar la funció dels recursos naturals en els diferents processos productius, i un cop quantificada aquesta informació es podria inferir en quines circumstàncies es presenten dificultats pel seu ús. En aquest sentit, el mètode estructural trascendeix l'àmbit dels recursos individuals i comporta determinar les possibilitats de substitució en sentit ampli. Kay i Mirrlees (1975) han dut a terme un dels pocs exercicis a partir de l'aproximació estructural amb l'anàlisi de la utilització dels recursos naturals en els principals països desenvolupats. Els resultats que obtenen assenyalen que pel conjunt de països considerats hi han diferències significatives en l'ús dels recursos a nivell agregat: el consum per càpita de recursos naturals als Estats Units dobla el d'Holanda, per exemple. A nivell sectorial, la utilització de recursos també presenta sensibles diferències entre països (61). L'establiment d'una jerarquia de sectors utilitzadors (per cada país) en funció de la intensitat del consum permet detectar aquelles activitats més vulnerables a eventuais escassetats dels recursos i és el punt de partida per avaluar les possibilitats de substitució, exercici que per les dificultats pràctiques que abans hem esmentat Kay i Mirrlees no duen a terme.

El mètode dels resultats és conceptual i instrumentalment més simple i es basa en la idea, desenvolupada al llarg d'aquest capítol, que els indicadors econòmics informen sobre la disponibilitat dels recursos naturals, pel que a través d'ells es pot detectar l'escassetat física. Aquest enfocament és el que segueixen la majoria de treballs aplicats ja des dels seus inicis. En aquest sentit, és remarcable que la preocupació per la dotació de recursos naturals i les seves implicacions pel creixement s'anticipés a la proliferació d'aportacions teòriques que tenen lloc a partir dels 70. En una etapa de forta expansió econòmica -dècades dels 50 i 60- aquesta preocupació sorgeix de l'entorn institucional (62), però l'interès transcendeix d'inmediat al món acadèmic i és en aquest àmbit on tenen lloc les primeres recer-

(61) Un cas significatiu en aquella època pel que fa al consum de recursos naturals corresponia al sector de l'automòbil als Estats Units. Mitjançant l'anàlisi de les taules input-output, Kay i Mirless imputen al consum d'acer el 35% del preu final d'un vehicle.

ques per mesurar la disponibilitat dels recursos naturals. Les anàlisi se situen en el llarg termini per captar moviments tendencials, defugint dels moviments cíclics o conjunturals, i adopten una doble modalitat. D'una banda, les anàlisi que tenen com a objectiu mesurar directament l'escassetat (o més correctament, la seva evolució en el temps) per un recurs individual o per grups de recursos. I d'altra part, les anàlisi que es basen en la determinació de trajectòries de variables econòmiques (preus, costos, renda) per recursos individuals, per inferir possibles situacions d'escassetat a partir de les seves característiques.

#### **4.4.1. Anàlisi generals de tipus tendencial en el marc de l'anàlisi convencional.**

Un dels treballs pioners en aquesta línia correspon a Herfindahl (1959), i es refereix a la disponibilitat del coure refinat als Estats Units en el període 1870-1957. L'indicador que va utilitzar Herfindahl és el preu del coure en relació als preus a l'engrós i la seva evolució indica una disminució de l'escassetat en els anys 1870-1920 i una estabilització en els anys 1920-1957.

Després d'aquest treball sobre un recurs individual els estudis adopten una dimensió més àmplia i se centren en la mesura de l'escassetat per les diverses categories de recursos imprescindibles per l'activitat econòmica. Així, Potter i Christy (1962) analitzen -també pels Estats Units- la tendència dels preus reals per una extensa mostra de productes intensius en la utilització de recursos naturals durant el període 1870-1957. El resultat que obtenen és una evolució decreixent en el comportament d'aquesta variable per totes les mercaderies llevat els productes forestals.

A partir de la sèrie de dades utilitzada per Potter i Christy, Barnett i Morse (1963) duen a terme el treball que es considera seminal en les anàlisi empíriques sobre la disponibilitat

(62) Així varen ser importants diversos informes realitzats sota els auspicis de l'Administració dels Estats Units. L'Informe Paley, que es publicà el 1952 va ser el pioner i més influent.

dels recursos naturals i que posteriorment donaria lloc a diverses extensions. La contribució de Barnett i Morse ha significat pels treballs aplicats -per la metodologia i àmbit d'actuació- el que l'aportació de Hotelling representa en la vessant teòrica. Rosenberg ha comentat que cap estudi rigorós sobre els recursos naturals pot obviar -pel que representa i per les seves implicacions- una referència a aquesta contribució, pel que la indicació té gairebé un caràcter imperatiu.

L'objectiu de Barnett i Morse és avaluar la capacitat dels recursos naturals per a dur a terme la seva funció en el conjunt de l'activitat econòmica, deixant de banda l'anàlisi parcial que posa l'èmfasi en les respostes de les empreses representatives. Per això parteixen dels conceptes clàssics d'escassetat i busquen una mesura que sigui independent dels valors de mercat. El criteri de partida és que els indicadors de l'escassetat han de capturar els esforços necessaris per extreure una unitat del recurs sense estar influïts pels costos d'oportunitat assignats als usos dels inputs. La idea en que es basa aquest plantejament és clara: si l'explotació té lloc en ordre de qualitat decreixent, l'escassetat es reflectirà en una major quantitat de capital i treball per unitat d'output, i en aquestes circumstàncies hom esperaria que els costos unitaris (és a dir, els costos per unitat de l'output "recurs") augmentessin al llarg del temps. D'altra banda, Barnett i Morse també estudien el comportament dels costos relatius dels recursos naturals (en relació als costos de la resta de béns). Però l'anàlisi no es limita als costos. Per cobrir el major nombre d'eventualitats i dotar de més consistència als resultats, Barnett i Morse incorporen un altre indicador, els preus relatius dels recursos naturals (preus dels recursos naturals/preus de la resta de béns).

Les sèries de dades que utilitzen Barnett i Morse s'obtenen del treball anterior de Potter i Christy, pel que la seva anàlisi abasta el mateix període. Els recursos naturals es desagreguen en quatre grans categories: productes agrícoles, productes forestals, productes de la pesca i minerals. Aquests darrers, al seu torn, comprenen 11 grups de productes diferents en els que s'inclouen els principals combustibles fòssils i minerals no combustibles. Els resultats, però, es presenten de manera conjunta. En el que segueix ens referirem exclusivament als recursos no renovables és a dir, a la categoria de "minerals" en la terminologia dels autors.

Barnett i Morse formulen tres hipòtesis sobre l'escassetat. La primera d'elles és que la relació dels preus productes extractius/productes no extractius augmenta, hipòtesi que es rebutja, el que s'interpreta en el sentit que, prenent com a referència els preus, els recursos no renovables no han esdevingut més escassos que la resta de béns al llarg dels quasi 90 anys que constitueixen el període mostrat.

L'anàlisi dels costos serveix per explicar el comportament dels preus dels productes extractius, i indirectament, la seva relació amb els preus dels productes no extractius. En relació als costos, Barnett i Morse formulen dues hipòtesis. La primera d'elles és la hipòtesi forta, que es refereix a l'escassetat absoluta dels recursos no renovables: la tendència al llarg del temps dels costos reals unitaris augmenta. La contrastació d'aquesta hipòtesi requereix resoldre el problema de la mesura dels inputs, aspecte que no van considerar Potter i Christy. Per obtenir l'índex del cost real unitari els inputs han de ser de qualitat constant. En aquest sentit, les dades del treball es poden desagregar pels diferents tipus de recursos, però les del capital s'han d'utilitzar a nivell agregat, amb els problemes de mesura que això comporta. A desgrat de les limitacions que acabem d'exposar, la hipòtesi forta també es rebutja i els resultats són contundents. Pel conjunt del sector extractiu la disminució dels costos reals unitaris és -en termes anuals- d'un 1% en el període 1870-1920 i de quasi el 3% en el període 1920-1957. En conjunt, la disminució de costos és d'un 1,7% anual. L'índex de costos reals unitaris dels recursos minerals al final del període havia disminuït per un factor superior a cinc.

Finalment, Barnett i Morse contrasten la hipòtesi feble sobre els costos, que es refereix a les escassetats relatives en els sectors extractiu i no extractiu: els costos unitaris del sector extractiu augmenten en relació als del sector no extractiu. Aquesta hipòtesi també es rebutja.

És remarcable que els resultats obtinguts siguin insensibles a tractaments alternatius de les dades, incloent-hi diferents tipus de deflactors. Aquesta circumstància i la coincidència en els resultats de les tres contrastacions condueixen Barnett i Morse a concloure que al llarg del període 1870-1957, als Estats Units els recursos no renovables no havien esdevingut més escassos, sino més abundosos, tant en termes absoluts com relatius (en relació a la resta de béns). Segons Barnett i Morse, aquesta situació s'explicava per quatre causes:

a) l'accés a concentracions més baixes però més abundants de bastants recursos; b) els descobriments de nous dipòsits, en part com a resposta a una eventual pressió a l'alça dels preus; c) la substitució de recursos relativament escassos per d'altres de més abundants; i d) el progrés tècnic en les diferents fases de les indústries de recursos naturals, que ha estat una constant al llarg del període considerat. Amb aquests resultats, Barnett i Morse s'avancen una dècada als desenvolupaments teòrics per explicar els possibles comportaments dels preus i costos dels recursos no renovables en situacions diferents a les que havia plantejat inicialment Hotelling.

El treball de Barnett i Morse ha tingut continuïtat per una doble via. D'una banda, mitjançant l'extensió temporal en els Estats Units, i d'altra part, amb la seva aplicabilitat a la resta del món. En el primer cas Johnson et al. (1980) han allargat l'anàlisi al període 1957-1970, uns anys en els que l'entorn macroeconòmic que podia afectar l'explotació i l'ús dels recursos no renovables es mantingué bastant estable. La metodologia és la mateixa que en el treball original, però en aquest cas els autors limiten la contrastació a la hipòtesi forta (l'augment dels costos reals unitaris al llarg dels 14 anys considerats), que consideren la més significativa de totes. El resultat que obtenen corrobora que en el nou període continua la disminució en els costos unitaris de l'output extractiu, que s'intensifica durant aquests anys. Així, la reducció mitjana anual passa del 1,7% en el treball original al 2,1% en el període addicional. La tendència a la baixa es manifesta en 10 dels 11 recursos considerats; l'única excepció és el coure. Els resultats estadístics tampoc evidencien que la disminució en els costos reals hagi estat causada per possibles substitucions entre recursos, pel que l'explicació adduïda és, novament, la continuïtat en el progrés tècnic, que hauria facilitat un augment ràpid de la productivitat en els sectors extractius durant la dècada dels 60.

La segona extensió de l'estudi inicial l'ha dut a terme el propi Barnett (1979), amb una anàlisi aplicada a d'altres àrees geogràfiques. Les regions considerades són: 1) el món; 2) les economies de mercat desenvolupades; 3) els països en vies de desenvolupament; i 4) les economies de planificació central. En aquest cas el període de referència són els anys 1958-1973 i els recursos no renovables es limiten a quatre categories de productes: carbó,



petroli i gas, minerals metàl·lics, i el conjunt de recursos extractius. Barnett utilitza dades de les Nacions Unides per obtenir 20 sèries temporals (cinc àrees geogràfiques per quatre categories de productes) a partir de les quals contrasta les hipòtesis forta i feble sobre els costos, bé que en aquest cas degut a limitacions estadístiques només s'imputen els costos laborals. La hipòtesi forta (augment dels costos reals unitaris en els sectors de recursos no renovables) es rebutja per a les 20 sèries. Totes les regions i categories de recursos mostren un increment en la productivitat de manera continuada en el període de referència. Pel que fa a la hipòtesi feble, els resultats estadístics tampoc permeten globalment la seva acceptació. L'evolució dels costos reals del treball en el sector extractiu és més esmorteïda que per les activitats no extractives. Només es detecta una excepció: el cas del carbó en les economies planificades. Tanmateix, anàlisi parcials suggereixen que hi podria haver un canvi de tendència per alguns minerals a començament dels 70, ja que els dos darrers anys (1972 i 1973) considerats aïlladament són favorables a la hipòtesi feble. En aquest sentit, el treball de Barnett anticipava una inflexió que confirmarien estudis posteriors.

Amb la mateixa finalitat que Barnett i Morse, Nordhaus (1974) ha dut a terme una anàlisi de l'escassetat dels recursos no renovables per un període bastant semblant (1900-1970) que aplica igualment als Estats Units, bé que només considera els anys decenals. Tanmateix, tractant-se d'un període bastant llarg no sembla probable que l'anàlisi en termes discrets distorsioni els resultats. Nordhaus selecciona una mostra d'onze recursos no renovables entre els que s'inclouen els combustibles fòssils i metalls més importants per a l'activitat econòmica. Una diferència substancial del seu treball respecte el de Barnett i Morse és que l'indicador que utilitza per mesurar l'escassetat és el preu dels recursos no renovables deflactat pel cost del treball, que aproxima pel salari/hora en l'activitat manufacturera. Abans ja ens hem referit a les limitacions dels costos com indicadors de l'escassetat. En la pràctica -a banda de les disquisicions conceptuals-, els preus tampoc estan exempts de dificultats, com el treball de Nordhaus s'encarregà d'evidenciar.

Una primera consideració que cal tenir present és que per que l'anàlisi basat en els preus reals permeti una comparança entre diferents recursos no renovables les condicions en que operen les empreses de cada subsector han de ser semblants. Aquesta no és una

dificultat insalvable, ja que en bastants casos l'explotació té lloc en estructures de mercat bastant similars, especialment mitjançant formes oligopolístiques. Com abans hem observat, això pot desnaturalitzar el resultat final en la seva dimensió absoluta, però no en termes relatius si l'entorn per cada activitat no és molt diferent (63).

Un altre aspecte que influeix en el resultat final quan l'indicador és el preu és l'elecció del deflactor. Els preus absoluts no signifiquen res i els preus relatius ho són en relació a alguna altra variable. Barnett i Morse van aproximar els preus dels recursos no renovables prenent com a referència els preus dels productes no extractius, i els resultats obtinguts van ser confirmats pels altres dos indicadors. En aquest cas, la idea que -davant de les limitacions que pot presentar un indicador individual- la coincidència en la direcció de diferents indicadors serveix per corroborar un resultat juga al seu favor. En el treball de Nordhaus la situació és quelcom diferent. Prenent com a deflactor el salari/hora en la manufactura, Nordhaus arriba a la conclusió que pel període considerat tots els recursos mostren una disminució continuada en els preus reals, bé que amb caràcter decreixent així que s'apropa el 1970 (l'única excepció es el coure, que presenta una inflexió a partir del 1950).

En alguns casos, com l'alumini i el petroli, la reducció de preus és espectacular (64), i en d'altres (ferro, carbó, zinc, plom) és quelcom menor però igualment notòria.

El més remarcable, però, és que amb les mateixes dades Brown i Field (1979) dugueren a terme un exercici idèntic pel període 1920-1950, deflactant els preus dels recursos naturals pel preu del capital a partir de les mesures de Jorgenson i Griliches, i el resultat que obtinueren canvià de manera significativa. Amb el nou deflactor tres recursos (carbó, plom i zinc) presenten una major escassetat en relació al moment inicial, tres més (coure, fòsfor i molibdeni) esdevenen més escassos a partir del 1940 i en la resta la disminució de preus és bastant menys acusada que en el treball original de Nordhaus.

(63) En les anàlisi a llarg termini la consistència dels resultats està subjecte a un altre restricció: no hi poden haver canvis significatius en les condicions en que operen les indústries. En el cas que ens ocupa, aquests canvis, quan s'han produït, no han estat d'ampli abast.

(64) Per aquests dos recursos els preus disminueixen per un factor de 30 i de 10 respectivament.

Brown i Field també analitzen la tendència dels preus pel conjunt de recursos no renovables dels Estats Units pel període 1890-1970, però per carència de dades, les sèries de preus reals -ajustats pel preu del treball de qualitat constant a partir de les estimacions de Denison- només són efectives a partir del 1910. Brown i Field consideren que la taxa de salari de qualitat ajustada és el deflactor idoni, ja que el numerador és el preu d'un mineral quina qualitat s'ha mantingut constant a un determinat nivell de concentració durant tot el període de referència. El resultat que obtenen reflecteix una forta disminució dels preus els primers anys (1910-1920), que és quan s'assoleixen els majors guanys, i una reducció molt més suau en el període 1920-1970. La conclusió és, doncs, que el conjunt de recursos no renovables ha esdevingut més abundant al llarg d'aquest període, però ara la progressió en la disminució de l'escassetat és la contrària de la que obtenien Barnett i Morse. En aquest cas els majors avenços s'assoleixen els primers anys i la intensitat de la reducció és, a partir de 1920, molt menys perceptible. La dispersió de resultats condueix Brown i Field a concloure -tot acceptant el sentit de la tendència- que en la pràctica el preu és un indicador ambigu de l'escassetat.

Una temptativa quelcom diferent és la que dugué a terme Smith (1979) a partir de les sèries de Potter i Christy que Manthy havia estés fins el 1972. Mitjançant diverses anàlisi econòmiques aplicades a una mostra temporal progressiva fins abastar la totalitat del període, Smith va mostrar que la taxa de disminució dels preus dels recursos naturals era, en ella mateixa, decreixent, amb un comportament oscil·lant en el cas dels metalls i monòton pels combustibles fòssils. Però en qualsevol cas la tendència reflectia un resultat similar al que havia obtingut Nordhaus d'una manera més directa. Les conclusions de Smith semblaven indicar que la conclusió de Johnson et al. sobre una major abundància de recursos naturals durant la dècada dels 60 presentava dubtes fonamentats. Això plantejà la qüestió de la possible existència d'una inflexió en els preus dels recursos naturals cap el 1970 i, indirectament, l'interès per la determinació de les seves trajectòries, quelcom que tindria lloc poc després per diferents recursos a nivell individual.

La darrera estimació general sobre l'escassetat dels recursos naturals correspon novament a Nordhaus (1992) i forma part d'un estudi més ampli sobre el treball de Meadows i

Randers al voltant dels límits al creixement. L'àmbit temporal és d'un segle (1890-1989) i, al igual que en el cas de Smith, les dades de base corresponen als treballs de Potter-Christy i Manthy, que el mateix Nordhaus havia actualitzat fins el 1989. La novetat d'aquest treball és que inclou les dues darreres dècades, que han estat bastant convulses pel que fa al comportament dels mercats dels recursos no renovables. L'indicador utilitzat és novament el preu real dels recursos -prenent com a deflactor el salari mitjà corresponent a una quantitat de treball de qualitat constant, en la línia suggerida per Brown i Field. Nordhaus considera tres grans categories de recursos: a) els productes energètics; b) els minerals/metalls de gran consum; i c) un grup de minerals/metalls de consum més limitat però estratègics per a l'activitat econòmica.

Com era de preveure, fins el 1970 els resultats reflecteixen una tendència similar a la dels treballs anteriors. Així, pels dos recursos energètics més importants, el carbó i el petroli, el preu real disminueix en aquest període per un factor de 5 i 6 respectivament (65). Aquesta tendència s'atura cap el 1970 i els preus reals d'ambdós recursos experimenten un fort augment en el període 1970-80 per davallar en la dècada 1980-90, bé que de manera més moderada, pel que a finals dels 80 els preus reals se situen per sobre dels nivells de començament dels 70.

Per tres dels quatre minerals de major consum (ferro, zinc i plom) la tendència dels preus reals és decreixent fins el 1970, però el seu comportament divergeix en les dues darreres dècades. El plom és l'únic material que presenta una disminució en els preus reals, bé que d'una manera bastant més moderada que en el període anterior. El ferro segueix un comportament semblant al dels combustibles fòssils, mentre el zinc experimenta un augment suau però persistent. Per la seva part, els preus reals del coure enregistren una forta davallada fins el 1950, mantenint-se estabilitzats -amb oscil·lacions- des de llavors, un comportament que ja es detectava en exercicis anteriors (66).

(65) En el cas del petroli, el recurs amb un major consum, això significa una reducció mitjana del 1,6% anual.

Finalment, pels quatre minerals menors però estratègics, les dades cobreixen el període de 1920 i els resultats revelen una disminució dels preus fins el 1970 i un comportament irregular les dues darreres dècades. Així, el preu del sulfur experimenta una acusada evolució ascendent durant el període 1970-80 i una regressió els darrers 10 anys. L'alumini presenta una evolució semblant bé que més esmorteïda, mentre que els preus del fòsfor enregistren un increment continuat des del 1970 (67).

Les conclusions del treball de Nordhaus corroboren que cap el 1970 s'enregistra una inflexió en l'evolució de l'escassetat per a la majoria de recursos no renovables si hom mesura la seva disponibilitat a partir dels preus reals. Tanmateix, és igualment significatiu que durant la dècada dels 80 tingui lloc una disminució dels preus reals de la majoria de recursos que havien augmentat en la dècada anterior, i el resultat final és que en el període 1980-90 bastants recursos no renovables esdevenen menys escassos que el treball (68).

Abans ja hem comentat que la discussió sobre l'escassetat dels recursos no renovables només té sentit en el llarg termini, en un període de temps suficientment dilatat perquè les variables econòmiques captin el moviment tendencial. Per això un període de dues dècades pot ser insuficient -especialment si coincideix amb una època de convulsions econòmiques generalitzades i alteracions importants en els mercats de recursos naturals- per albirar resultats definitius, ja que els fenòmens estrictament conjunturals se sobreposen als estructurals. Llavors caldria preguntar-se si l'augment en els preus de molts minerals en els anys 1970-80 respongué a un augment de l'escassetat física o va ser simplement una conseqüència dels increments en els preus dels recursos energètics que s'utilitzen de manera intensiva en la seva obtenció. En aquest sentit, no deixa de cridar l'atenció que el retrocés

(66) Pel conjunt del període la disminució dels preus reals d'aquest recurs presenten una disminució anual que oscil·la entre el 1,6% i el 24%.

(67) Per aquest grup de recursos la disminució mitjana dels preus al llarg del període considerat oscil·la entre el 1,3% i el 2,9% anual.

(68) Els únics recursos pels que els preus reals augmenten de manera ininterrompuda des de començament dels 70 són el zinc i el fòsfor.

dels preus reals dels combustibles fòssils en el període 1980-90 també hagi coincidit amb una disminució dels preus d'alguns minerals no combustibles. Significa això que existeix una relació estreta entre l'evolució dels preus d'aquestes dues categories de recursos?. O simplement, que durant el període 1970-80 les activitats dedicades a l'extracció de minerals no combustibles ajustaren la seva tecnologia per respondre a les noves condicions dels mercats dels recursos energètics i que els efectes d'aquesta actuació s'han manifestat durant la darrera dècada?. Qüestions com aquestes difícilment admeten una resposta a nivell general. L'únic que sembla segur és que cap el 1970 té lloc un canvi de tendència en l'evolució dels preus de bastants recursos no renovables però encara es aviat per mesurar la seva magnitud, pel que a hores d'ara les valoracions sobre el comportament de l'escassetat els darrers 25 anys només tenen un caràcter temptatiu.

Tot això suggereix que en l'àmbit dels recursos no renovables les anàlisi de tipus general cal complementar-les amb estudis del comportament de recursos individuals que permetin detectar possibles tendències i regularitats en l'evolució de les principals variables (preus, costos). El desavantatge d'aquests estudis és que les seves implicacions tenen un abast més limitat, però en canvi, mostren un major grau de profunditat: a través d'ells, a més d'inferir l'evolució de les principals variables es poden identificar les causes que determinen el seu comportament, i per tant, aquells factors que modifiquen la seva disponibilitat/escassetat. El perfeccionament de les tècniques econòmiques durant els anys 60 i 70 ha permès la realització d'estimacions de trajectòries en el llarg termini i comparar les evolucions en el temps de les tendències de preus i costos de diferents recursos naturals, i a partir de les anàlisi individuals obtenir conclusions d'abast més ampli. Aquest enfocament és el que es considera al final del capítol.

#### 4.4.2. Anàlisi generals de tipus tendencial des de la perspectiva biofísica.

Fins ara ens hem referit a l'avaluació de l'escassetat dels recursos naturals a partir d'indicadors econòmics en el marc de l'anàlisi convencional. I malgrat les limitacions d'aquest tipus d'anàlisi, un resultat sembla clar: fins el 1970 la disponibilitat de recursos no renovables és creixent. Però aquesta no és l'única manera d'avaluar l'escassetat des d'una aproximació econòmica. Durant els darrers anys té lloc una progressió analítica en l'àmbit dels plantejaments crítics provinents de l'economia ecològica, i més enllà de les consideracions de tipus global, comencen a desenvolupar-se esquemes alternatius per enfrontar problemes concrets.

El principal treball en aquesta línia correspon a Cleveland (1992), que analitza la disponibilitat dels recursos naturals des d'una perspectiva biofísica. Així, enfront dels plantejaments convencionals que consideren que el capital i el treball són els inputs primaris de producció i que els costos d'extracció dels recursos expressats en termes de capital i treball poden mesurar l'escassetat, l'aproximació biofísica suposa que el capital i el treball són inputs intermedis de producció que s'obtenen a partir d'un únic factor primari de producció, l'energia i matèria de baixa entropia. Aquest input és imprescindible pel funcionament del sistema econòmic, però no es pot obtenir dins del propi sistema degut a la primera llei de la termodinàmica. D'igual manera, el progrés tècnic no es considera un fenomen autònom i autogeneratiu sino un input intermedi que requereix energia directa i indirecta per a la seva materialització. A partir d'aquestes consideracions, Cleveland desenvolupa un model biofísic per inferir les tendències de l'escassetat en els sectors extractius dels Estats Units i repeteix l'anàlisi sobre la disponibilitat de recursos en la línia adoptada per Barnett i Morse, però substitueix els costos dels factors de producció convencionals (capital i treball) pels costos energètics com a mesura dels canvis en la qualitat -es a dir, com a mesura de l'escassetat- de l'output extractiu. Això permet comparar el resultat d'ambdós anàlisi.

L'anàlisi de Cleveland es basa en dos aspectes essencials del procés de producció des d'una perspectiva biofísica. En primer lloc, que cada fase del procés econòmic requereix el consum d'energia per incrementar la transformació dels recursos naturals. Llavors, la



qualitat dels recursos es pot definir en termes físics, en relació a la quantitat d'energia que s'utilitza per revaloritzar una unitat del recurs per satisfer una determinada necessitat. D'aquesta manera s'estableix una relació entre els costos energètics i la qualitat dels recursos naturals: els recursos de més baixa qualitat requereixen de més energia per a ser transformats, amb un límit absolut que determinen les lleis de la termodinàmica. El segon aspecte és que la tecnologia que subministra l'energia precisa per a revaloritzar una unitat del recurs pot utilitzar diferents combinacions d'inputs energètics, i durant els darrers 200 anys això s'ha traduït en un predomini dels combustibles fòssils degut a la substitució d'energia animada per energia inanimada.

Reprenent la idea de Barnett i Morse de considerar recursos de qualitat constant, Cleveland defineix una funció de conversió que determina la quantitat d'energia directa i indirecta per transformar una unitat de l'estoc del recurs en el seu estat natural en una unitat del recurs convencional, és a dir, l'augment d'energia requerit per revaloritzar el recurs així que l'explotació progressa. El període considerat abasta del 1918 al 1982, l'objecte d'estudi són els diferents sectors extractius dels Estats Units i la hipòtesi que es contrasta és que els costos energètics per obtenir una unitat d'output (en termes físics) s'incrementen al llarg del temps.

Amb aquest plantejament els resultats que obté Cleveland difereixen de les conclusions de les anàlisis convencionals. Així, a nivell agregat l'índex output/cost energètic presenta una forma d'U invertida: el màxim s'assoleix als anys 50 i després té lloc un descens continuat. Per recursos específics, en el cas del carbó la disminució té lloc a partir dels anys 60, mentre pel petroli es demora quelcom i comença a finals d'aquesta dècada. Però en qualsevol cas, per Cleveland el retrocés en el valor d'aquests índex és la prova del predomini de l'efecte esgotament en l'explotació dels recursos no renovables, que es reflecteix en una penalització energètica (augment en els costos energètics per unitat d'output) que a partir de cert punt no ha estat compensada pel progrés tècnic (millora en l'eficiència energètica). Aquest resultat contrasta amb els que obtingueren Barnett i Morse, Johnson et al, Nordhaus i, àdhuc, Smith, que conclouien amb una disminució de l'escassetat dels recursos fins el 1970, i sembla indicar que la inflexió en la disponibilitat de recursos naturals té lloc bastant abans, quan comencen a operar els "rendiments decreixents energètics".



Des de la perspectiva biofísica, per explicar la disminució dels costos del capital i treball per unitat d'output en el sector extractiu durant un període considerable de temps no cal recórrer al concepte de progrés tècnic autogenerat. La forma del progrés tècnic ha estat, simplement, la utilització de quantitats creixents d'energia que els combustibles fòssils aporten a les activitats extractives per subsidiar el treball, i aquesta és la causa de l'augment espectacular de la seva productivitat en termes econòmics. I com aquest procés de substitucions energètiques té lloc precisament en el període mostrat que consideren les anàlisi convencionals, la conseqüència lògica ha estat observar una reducció continuada dels costos dels factors productius clàssics (capital i treball), però això no significa que els recursos siguin menys escassos, ja que la contrapartida -que aquestes anàlisi no mesuren- ha estat un increment dels costos energètics a partir del 1950.

#### **4.4.3. Anàlisi individuals a partir de trajectòries de variables econòmiques.**

Les anàlisi sobre la disponibilitat de recursos individuals a partir de les trajectòries de les variables econòmiques tenen un desenvolupament més tardà i s'han limitat a un nombre reduït de casos, pel que els resultats obtinguts tenen un caràcter únicament orientatiu. Les variables que serveixen de base per mesurar la disponibilitat dels recursos han estat essencialment els preus i la renda d'escassetat.

En l'aproximació per la via dels preus, durant la dècada dels 80 s'enceta un debat interessant a partir d'estimacions parcials -per recursos naturals individuals- que després s'utilitzen per fer extrapolacions generals. L'aportació que origina la polèmica correspon a Slade (1982a). El seu objectiu és especificar un model per determinar l'evolució a llarg termini dels preus dels 12 recursos naturals no renovables (combustibles fòssils i minerals no combustibles) més importants en els Estats Units pel període 1880-1980 (69). El deflactor que s'utilitza és l'índex general de preus i la mesura té lloc en la fase de primera transformació dels recursos. L'argument de Slade és que d'aquesta manera els preus captaran la renda d'escassetat així com els costos d'extracció i processament dels recursos. El model que

específica Slade incorpora el progrés tècnic exogen (millora continuada en la tecnologia d'extracció a una taxa decreixent) i el canvi endogen en la qualitat dels recursos (suposa que l'explotació té lloc en ordre de qualitat decreixent). El principal resultat és que la funció quadràtica en forma d'U és la que millor s'ajusta a les dades per a la pràctica totalitat dels recursos, la qual cosa coincideix amb el que prediu en les mateixes circumstàncies la teoria de l'esgotament. Així, els paràmetres del model són estadísticament significatius per 11 dels 12 recursos que es consideren.

L'explicació a aquest comportament és que en els períodes inicials de l'explotació la reducció de costos deguda al canvi tecnològic predomina sobre l'efecte de l'extracció -o d'escassetat-, car el recurs natural encara és relativament abundant i de qualitat elevada, mentre en els períodes posteriors succeeix el contrari. La conclusió és que la trajectòria dels preus a llarg termini serà igual per cada recurs natural -és a dir, tots els recursos han de passar per les mateixes fases: decreixement, inflexió i creixement - i que l'únic que varia és l'amplada de la corba, que representa l'àmbit temporal en el que els preus disminueixen i augmenten.

Un fet destacable és que amb l'especificació que presenta Slade els resultats difereixen (i en alguns casos de manera significativa) dels que s'obtenien en les anàlisi de tipus tendencial/general que abans hem comentat. En aquest cas pel conjunt de recursos no renovables la funció ajustada presenta un aplanament considerable per tot període, però la inflexió té lloc bastant abans, en els anys 1940-50. A nivell de recursos individuals l'únic que experimenta una trajectòria decreixent dels preus per tot el període és l'alumini, que troba la inflexió els anys 1960-70. Pel ferro la inflexió té lloc en la dècada 1920-30 i en el cas del coure en els anys 1930-40. Les diferències en relació als treballs prèvis s'accentuen pels recursos energètics. Així, els preus del carbó presenten la inflexió a començament de segle i d'ençà experimenten un augment continu, bé que bastant esmorteït. Pel petroli la corba també és bastant aplanada, i la inflexió té lloc en el període 1910-30,

(69) En el cas de l'alumini la sèrie comença el 1890 i pel gas natural ho fa el 1920.