

ANÀLISI ECONÒMICA I RECURSOS NO RENOVABLES

Joaquim Solà i Solà

JOAQUIM SOLÀ I SOLÀ

ANÀLISI ECONÒMICA I RECURSOS NO RENOVABLES

Tesi doctoral dirigida pel Dr. Joan Hortalà i Arau

Departament de Teoria Econòmica
Facultat de Ciències Econòmiques
Universitat de Barcelona
Març de 1996

Agraïments.

Com en qualsevol treball de recerca, la realització d'aquesta tesi ha comptat amb la col·laboració de diverses persones i institucions amb les que em sento obligat a compartir els resultats.

En l'àmbit acadèmic crec necessari esmentar el Dr. Joan Hortalà, pel compromís assumit en la direcció del treball i haver sabut compatibilitzar el necessari encoratjament amb l'elevat grau de llibertat de que he gaudit en la seva realització. També he rebut l'estímul constant dels meus companys de departament. Sense pretendre ser exhaustiu, voldria assenyalar en J.A. García-Durán, Juan Tugores, Eduard Berenguer i Alfons Barceló. Amb els tres primers he coincidit com a secretari del departament quan ells n'eren els directors i amb tots he mantingut una excel·lent relació personal i acadèmica que estic segur continuarà en el futur.

La realització d'aquest treball també ha tingut el suport de diverses institucions catalanes que l'han considerat d'interès dins dels seus programes d'ajut a la recerca. La fase inicial del projecte va comptar amb una beca de la Fundació Bofill per a la realització de tesis doctorals. La seva contribució fou important perquè va permetre acotar la temàtica i descartar alguns plantejaments que inicialment semblaven viables però que en la pràctica no ho eren.

El desenvolupament de la tesi s'ha dut a terme a la Universitat de Barcelona, però una part no menyspreable de la recerca ha tingut lloc en diverses estades com a "visitor scholar" a la Universitat de Stanford, aprofitant les possibilitats que ofereix el nou pla d'estudis pel que fa a la combinació de la investigació i la docència i els períodes no lectius de l'estiu. La primera estada (gener-març 93) va comptar amb un ajut de la Caixa de Manresa. Una posterior estada el mateix any (juliol-setembre) va gaudir d'una beca de la Comissió per a la Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT). Les dues darreres estades, quan la investigació ja es trobava en una fase més avançada (juny-setembre del 94 i juny-setembre del 95) van comptar amb sengles bosses de viatge de la Divisió II de la Universitat de Barcelona.

En els diferents períodes de treball a l'estranger vaig establir contactes amb diversos acadèmics als que és de justícia reconèixer la seva col·laboració. En primer lloc, Nathan Rosenberg, director del programa de Tecnologia i Creixement Econòmic del Center for Economic Policy Research (CEPR) de la Universitat de Stanford, per acceptar la supervisió del treball durant les dues primeres estades a aquella universitat i per la informació que hem va facilitar, especialment en els aspectes relacionats amb el canvi tecnològic. A Stanford també van ser útils els suggeriments de James Sweeney, professor del departament de Sistemes Econòmics i Energètics de l'Escola d'Enginyeria, i de Robert Lindblom, del departament de Recursos Petrolífers de la Facultat de Geologia. A la veïna Universitat de Berkeley, van ser igualment profitoses les indicacions del professor Anthony Fisher, del departament d'Agricultura i Recursos Naturals.

En les diverses estades a l'estranger ha estat essencial el suport logístic, imprescindible quan s'ha de treballar en una universitat externa. La tasca duta a terme a Stanford no hauria estat del tot possible sense la col·laboració de Donna Holm, de l'àrea administrativa del CEPR, que amb una inusual eficiència per resoldre tot tipus de problemes mundans va permetre que podés centrar la meua atenció en els aspectes estrictament acadèmics.

En el terreny més personal voldria destacar el suport que he rebut de manera continuada del meu entorn familiar i d'amistats, pels qui la realització d'una tesi constitueix una fita en la carrera acadèmica, i que per això han atorgat a aquest treball -i ben segur de manera justificada- una importància àdhuc superior a la que li donen els mateixos professionals del ram, començant per mi mateix. Finalment, haig de destacar l'esforç d'en Francesc, que ha tingut cura de convertir a una forma llegible els succesius esborranys que li he presentat. Sense comptar amb algú capaç de desxifrar els meus manuscrits i simbologia potser encara no hauria finalitzat el procés de producció d'aquest treball.

ÍNDIX

Introducció	1
1. Una visió retrospectiva del tractament dels recursos naturals en la ciència econòmica	10
1.1. Es pioners: Petty i els fisiòcrates	11
1.2. Els clàssics anglesos	13
1.3. L'escola neoclàssica	19
1.4. Els conservacionistes	22
1.5. Les anàlisi formals: Gray i Hotelling	25
1.6. Els recursos naturals en l'anàlisi macroeconòmica del creixement.	33
1.7. Els recursos naturals i el desenvolupament.	36
1.8. Un nou paradigma: l'enfocament integrador.	42
1.9. El debat actual.	49
2. Els recursos no renovables en la teoria econòmica convencional	62
2.1. L'eficiència en l'explotació dels recursos no renovables.	63
2.2. Fonts d'ineficiència	68
2.2.1. Estructures de mercat no competitives.	69
2.2.2. Altres imperfeccions (diferents de l'estructura de mercat).	72
• Incertesa i risc.	72
• Situacions de desequilibri	77
• Efectes externs	79
• Aspectes institucionals	82
2.3. L'optimalitat en l'explotació dels recursos no renovables	84
3. Algunes implicacions de la teoria econòmica convencional sobre l'explotació dels recursos no renovables	96
3.1. Les simulacions	97
3.2. Les contrastacions d'hipòtesi	108

4. L'escassetat física dels recursos no renovables. Indicadors i evidència empírica.	118
4.1. Eficiència i escassetat	119
4.2. Indicadors sobre l'escassetat dels recursos individuals.	123
4.2.1. Indicadors físics	124
4.2.2. Indicadors econòmics	128
• Preu del recurs	130
• Cost marginal d'extracció	134
• Renda d'escassetat	137
4.3. L'escassetat en funció del tipus de recurs	140
4.4. Treballs aplicats i resultats	142
4.4.1. Anàlisi generals de tipus tendencial en el marc de l'anàlisi convencional	145
4.4.2. Anàlisi generals de tipus tendencial des de la perspectiva biofísica	155
4.4.3. Anàlisi individuals a partir de trajectòries de variables econòmiques	164
5. Conseqüències l'escassetat física dels recursos no renovables per a l'activitat econòmica. Evidència empírica	166
5.1. La funció dels recursos no renovables en l'activitat econòmica	167
5.2. Indicadors de les possibilitats de substitució entre inputs	170
5.3. Tipus i característiques de les funcions de producció. Conseqüències per a l'anàlisi de la substitució entre inputs.	176
5.4. L'evidència empírica de la substitució de recursos no renovables (energia i materials) per factors produïts	181
5.4.1. Primeres controvèrsies	181
5.4.2. L'extensió de les anàlisi.	190
5.5. Síntesi de resultats	204

6. La determinació dels preus dels recursos no renovables en el curt termini	210
6.1. El procés d'oferta	212
6.2. Característiques de la demanda	218
6.3. La formació dels preus a curt termini.	224
6.4. La utilització de la capacitat	234
6.5. Els recursos no renovables i l'estructura de mercat	239
7. La determinació dels preus d'un recurs no renovable en el mig termini: el cas del petroli.	249
7.1. Els fets. El comportament del mercat del petroli	251
7.2. Les explicacions teòriques: plantejaments, resultats i limitacions	261
7.2.1. L'anàlisi convencional: la teoria de l'esgotament	261
7.2.2. Les aportacions de l'economia industrial	270
• Les aproximacions basades en el poder de mercat	271
• Les aproximacions de tipus competitiu	280
7.2.3. L'aproximació a partir dels enfocaments neoricardians	284
7.2.4. La integració dels factors econòmics i polítics en l'anàlisi	294
8. Resum i conclusions	308

INTRODUCCIÓ.

Aquesta tesi és el resultat d'una preocupació per la funció i la importància dels recursos naturals en l'activitat econòmica. En origen respon a aquelles inquietuds acadèmiques pròpies de qualsevol estudiant d'economia i de les que s'espera -sovint amb ingenuïtat- una resposta al llarg de la llicenciatura.

A les facultats s'ensenya el funcionament de l'activitat econòmica des de diferents perspectives -micro, macro-, posant l'èmfasi en la producció i el consum, i admetent de manera implícita que aquests processos es poden dur a terme de manera indefinida. S'atorga poca importància a la base material sobre la que es realitza l'activitat econòmica, i els recursos naturals, que constitueixen l'element imprescindible dels processos productius, sovint tenen un caràcter exogen. En aquest sentit, la definició de Robins, no ha arribat fins molt recentment allà on la seva manifestació és més directa: en els béns que proporciona el medi físic, que presenten una dotació limitada.

Amb el desenvolupament de la ciència econòmica s'han consolidat diferents aproximacions analítiques per explicar el funcionament dels mercats dels béns normals (reproduïbles) així com la determinació dels preus. L'enfocament neoclàssic és el que té més predicament, però també les contribucions des d'una perspectiva neoricardiana ofereixen alguns resultats interessants. Una pregunta rellevant, és, doncs, si aquests mateixos esquemes serveixen per explicar el funcionament dels mercats i la determinació dels preus en el cas dels recursos no renovables, i situant-nos un xic més enllà, si la pròpia ciència econòmica disposa d'instruments vàlids per afrontar l'anàlisi d'aquests recursos. No és superflu recordar al respecte que existeix una creença -cada cop més generalitzada- que considera que en allò que afecta el medi físic cal atorgar algun tipus de protagonisme a les ciències naturals. Aquesta és, sense dubte, una idea vàlida i està avalada pels avenços dels enfocaments interdisciplinaris que es consoliden els darrers 25 anys i que doten l'anàlisi d'una major versemblança. D'altra banda, també és indubtable que les aportacions de les ciències naturals poden ser molt útils per a l'establiment d'estratègies d'actuació (explotació, conservació) en l'àmbit dels recursos no renovables.

La meva idea, tanmateix, és que abans de passar al terreny de la intervenció és necessari tractar els recursos naturals (en aquest cas els recursos no renovables) com a béns econòmics. Si als economistes ens interessen els recursos naturals és precisament perquè són uns béns que acompleixen funcions econòmiques, i que per tant, són objecte de producció (els més heterodoxes dirien extracció) i intercanvi (encara que tinguin unes propietats físiques especials). Com aquests recursos tenen una dimensió econòmica es justifica la seva anàlisi en termes econòmics. Un dels objectius d'aquest treball és precisament mostrar que dins de la ciència econòmica existeixen enfocaments que permeten fer-ho amb garanties.

La manera com la ciència econòmica afronta l'anàlisi dels recursos no renovables està condicionada per les pròpies inèrcies en la seva evolució. Degut a l'hegemonia de l'enfocament neoclàssic, aquesta anàlisi ha adoptat una línia "normativa", amb l'extensió dels plantejaments basats en els conceptes d'equilibri i d'eficiència als recursos no renovables. Enfront de posicions globalment desqualificadores envers la teoria convencional dels recursos no renovables, crec que aquesta teoria és útil, ja que proporciona uns referents vàlids (l'equilibri, l'eficiència) per iniciar l'anàlisi. Però dit això cal reconèixer que poques vegades constitueix una bona aproximació als fets. Per les seves connotacions "normatives", presenta clares limitacions per explicar la realitat, i especialment el funcionament dels mercats.

En aquest punt convé recordar que com en qualsevol àrea de coneixement, la utilitat d'un paradigma científic està limitada pel seu àmbit d'aplicació. I identificar aquest àmbit és important abans d'acusar una teoria de no oferir respostes per a les que no ha estat concebuda. Un dels problemes que ha d'afrontar l'estudi dels recursos no renovables des d'una perspectiva econòmica és que degut al predomini dels plantejaments optimitzadors, el gruix de l'anàlisi es planteja com si aquest fos l'únic tema d'interès. Al meu entendre això només constitueix un primer pas, i cal incidir també en els aspectes positius: l'evolució de l'escassetat, les possibilitats de substitució i la formació dels preus, per citar-ne els més importants. Tanmateix, les inèrcies pesen i es difícil nedar contracorrent. La gran majoria de cursos que s'imparteixen arreu del món -i amb ells, els coneixements que es transmeten a

les noves generacions-, segueixen l'enfocament estandard i les publicacions en aquesta línia (articles, llibres de text) mantenen una hegemonia aclaparadora.

La universitat espanyola no escapa a aquesta dinàmica, amb dificultats afegides. Una limitació per explicar l'economia dels recursos no renovables ha estat l'absència, fins fa pocs anys, d'aquesta matèria en els plans d'estudi, i també la inexistència de texts traduïts al castellà que fossin accessibles als estudiants de la llicenciatura. L'única excepció era el llibre de Pearce (1985) sobre economia ambiental, que dedica els quatre capítols finals a l'anàlisi dels recursos no renovables i a l'impacte de la seva disponibilitat sobre el creixement econòmic. Més recentment la gamma s'ha ampliat i apareixen noves versions en castellà de texts d'àmplia difusió a nivell internacional (Pearce i Turner, 1995), a l'hora que els universitaris espanyols comencen a publicar texts propis. És el cas d'Azqueta i Ferreiro (1994), Romero (1994) i Surís i Varela (1995). Aquests llibres abasten temàtiques diferents -dins d'un tronc comú- i presenten uns nivells de formalització desiguals, però tots ells es mantenen dins de la perspectiva optimitzadora de l'anàlisi convencional. Les qüestions aplicades es deixen de banda i el funcionament dels mercats no és objecte d'estudi.

Curiosament, a Espanya la iniciativa en l'anàlisi dels mercats de recursos no renovables correspon als enginyers, que s'han avançat als economistes. Recordem en aquest sentit les aportacions de Centeno (1979, 1982), i més recentment, de Vela (1995). Es tracta d'obres que són útils per conèixer la problemàtica dels mercats, però el seu enfocament és essencialment descriptiu i no incorporen esquemes teòrics que serveixin per a la comprensió de la realitat. Trobar els lligams entre la teoria i la realitat ha estat un altre dels objectius del treball.

Aquesta tesi ha tingut un període de maduració relativament llarg fins assolir la forma que finalment presenta. Els primers guions han canviat substancialment i diverses idees s'han quedat pel camí. Algunes, simplement perquè amb el decurs del temps s'han relativitzat i ja no semblen tan importants com en un primer moment. D'altres es mantenen per a futurs projectes de recerca, ja que es troben en el nucli de l'anàlisi sobre els recursos no renovables. És el que succeeix amb l'impacte del canvi tecnològic. En aquest sentit assumeixo

totalment l'afirmació de Rosenberg (1991) de que no es pot entendre la problemàtica dels recursos no renovables sense considerar explícitament la funció de les innovacions (i aquí l'anàlisi històrica juga un paper fonamental). Sobre la base d'aquest treball, la meua intenció és profunditzar en aquesta qüestió aprofitant els contactes i la documentació que he obtingut en les diferents estades a la Universitat de Stanford.

La configuració de la tesi té lloc amb dues aportacions meves sobre la importància dels recursos no renovables en l'activitat econòmica (Solà, 1992,1993) i es consolida quan assolixo la responsabilitat (compartida amb Jordi Roca) de l'assignatura *Economia dels Recursos Naturals i del Medi Ambient* el curs 1993-94, en el marc del nou pla d'estudis de la nostra facultat. Els tres anys que he impartit aquesta matèria també han contribuït a perfilar la forma definitiva del treball. És un clar exemple dels efectes externs de la docència sobre la recerca.

La tesi s'estructura en set capítols. En el capítol primer es presenta una visió retrospectiva sobre el tractament que han rebut els recursos naturals dins de la ciència econòmica des dels seus orígens fins a l'actualitat. Crec que en l'anàlisi econòmica la millor manera d'introduir un tema és mitjançant una exposició històrica, ja que permet veure els problemes que es plantejen, com es resolen i quins són els principals motius pels que l'anàlisi adopta una línia determinada. Aquest enfocament permet obviar un capítol dedicat a les definicions -sempre farragoses, encara que imprescindibles- sobre els diversos tipus de recursos i la manera com evolucionen els diferents conceptes. També serveix per veure que algunes discussions actuals -per exemple, les que fan referència al desenvolupament sostenible- tenen uns antecedents llunyans i que, de vegades la ciència econòmica presenta una evolució circular: bastants dels plantejaments contemporanis recuperen idees que ja es trobaven en les primeres aportacions i que després, a l'ombra d'influències externes, quedaren diluïdes -o, simplement, desplaçades- de les noves corrents analítiques.

En el capítol segon s'exposen les principals contribucions de l'anàlisi neoclàssica dels recursos no renovables, que es desenvolupa amb les aportacions de Gray i Hotelling sobre la

teoria de l'esgotament. La raó per atorgar a aquest enfocament una atenció específica és essencialment pràctica (o "de quota", com es diria actualment en alguns sectors). Com en altres àmbits de la ciència econòmica, en el cas dels recursos no renovables la teoria neoclàssica també ha esdevingut dominant i, malgrat que el seu desenvolupament sistemàtic és bastant recent (s'inicia en la segona meitat dels 60 i es consolida en la dècada dels 70), és la que ha generat més contribucions i la que presenta un major grau de desenvolupament formal, pel que és necessari referir-s'hi de manera expressa. Val a dir, però, que en l'exposició he evitat la formalització -que entenc acompanya una funció purament instrumental- i l'èmfasi es posa en els plantejaments analítics i en els resultats. Aquest capítol es desplega en dos grans blocs, que fan referència a les principals línies d'anàlisi de la teoria neoclàssica. D'una banda, l'anàlisi en termes d'eficiència, i que es basa en un criteri que podríem denominar de "normativitat feble". Aquí el que interessa determinar són les condicions que garanteixen un resultat eficient així com les conseqüències de les ineficiències. D'altra part, l'anàlisi en termes d'optimalitat, que comporta passar de la "normativitat feble" pròpia de l'eficiència a la "normativitat forta", amb la introducció expressa dels judicis de valor.

El tercer capítol es dedica a les implicacions pràctiques de la teoria econòmica neoclàssica dels recursos no renovables. El seu desenvolupament gira al voltant de dues qüestions. La primera d'elles és si l'explotació d'aquests recursos té lloc de manera eficient. I cas de no ser així, quines són les causes de les ineficiències i quina és la seva magnitud. Per respondre a aquesta qüestió cal recórrer als exercicis de simulació i en aquest capítol es comenten els resultats dels principals treballs. La segona qüestió afecta directament a la versemblança de la pròpia teoria i el que es planteja és si efectivament els models neoclàssics sobre l'explotació dels recursos no renovables constitueixen una bona aproximació a la realitat. És a dir, si els models que, amb diferents variants, s'han desenvolupat a partir del model simple de Hotelling, són útils per explicar el funcionament dels mercats i la determinació dels preus. La resposta a aquest interrogant requereix contrastar estadísticament aquells models, i en la part final del capítol s'exposen els resultats més rellevants.

Una de les qüestions que més debat suscita sobre els recursos no renovables és la de la seva escassetat física. I més concretament, de quina manera evoluciona aquesta escassetat al llarg del temps, aspecte que es discuteix en el capítol quart. El problema de l'escassetat es pot analitzar amb independència de l'explotació eficient dels recursos, i per això en aquest punt el treball abandona el marc de l'anàlisi neoclàssica i se situa en un terreny més positiu. Ara el que es planteja és quines conseqüències pràctiques té l'explotació dels recursos per a la seva disponibilitat física. Aquí pot aparèixer una dicotomia entre eficiència i conservació, ja que sovint les ineficiències afavoreixen la preservació dels recursos, i per tant, contribueixen a una major abundància relativa. El que es discuteix en aquest capítol és precisament a partir de quins indicadors es pot mesurar la disponibilitat/escassetat dels recursos, tenint en compte les diferents circumstàncies en que té lloc la seva explotació. Primer es fa referència als indicadors físics, per passar a continuació als indicadors econòmics, tot posant l'èmfasi en els avantatges i inconvenients relatius d'aquests indicadors. En la part final del capítol es comenten els principals treballs empírics sobre l'escassetat dels recursos no renovables, per veure si efectivament aquests recursos han esdevingut més escassos (abundants) al llarg del temps. Aquesta qüestió es tracta a un doble nivell, la qual cosa permet comparar els resultats d'enfocaments/mètodes diferents. D'una banda, mitjançant anàlisi tendencials per grups de recursos. I d'altra part, a partir de les trajectòries de les variables rellevants (preus, costos, renda d'escassetat) per alguns recursos individuals.

En el capítol cinquè s'analitzen les conseqüències econòmiques de l'escassetat física dels recursos no renovables. La qüestió que es planteja és en quins casos la escassetat física afecta l'activitat econòmica (és a dir, al creixement i el benestar presents i futurs), i més concretament, quan els seus efectes tenen un caràcter irreversible. Això comporta passar de l'anàlisi dels recursos no renovables "en singular" a un plantejament més ampli en que s'han de considerar, d'una banda, les relacions que existeixen entre els diferents recursos no renovables, entre els recursos no renovables i la resta de recursos naturals, entre els recursos no renovables i els altres inputs productius, i d'altra part, les característiques dels béns i serveis que els recursos contribueixen a obtenir. En aquesta anàlisi l'elasticitat de

substitució a compleix una funció semblant a la dels diferents indicadors econòmics per mesurar l'escassetat física dels recursos individuals, ja que permet detectar quina és la capacitat d'una economia per adaptar-se a eventuais situacions d'escassetat dels recursos. Bona part del capítol es dedica a comentar els principals treballs empírics sobre la relació -de substituïbilitat o complementarietat- entre els recursos no renovables (principalment l'energia) i els factors produïts (sobretot el capital) per veure quines implicacions se'n deriven per l'activitat econòmica i les possibilitats de creixement.

En els dos darrers capítols el treball adopta un enfocament diferent i se centra plenament en els aspectes positius. L'objectiu és analitzar com funcionen els mercats dels recursos no renovables i quins són els principals elements que influeixen en els preus. Aquí una distinció essencial és la del curt, mig i llarg termini, ja que els factors determinants són diferents en cada cas.

L'anàlisi de la formació dels preus en el curt termini es du a terme en el capítol sisè, en el que s'aplica l'esquema marshallià a l'àmbit dels recursos no renovables amb les variants que són inherents a aquesta activitat. Primer es fa referència al procés d'oferta dels recursos no renovables i a les característiques de la seva demanda, i seguidament s'analitza com la interacció d'ambdues influeix en els preus en diferents formes de mercat. Es comença per les configuracions pures, cas de la competència perfecta i dels mercats de preus administrats, i a continuació s'introdueixen les configuracions mixtes, més habituals en la realitat, en les que coexisteixen empreses que formen part d'un grup oligopolístic amb d'altres que actuen com una oferta marginal competitiva. Com en aquestes configuracions l'excés de capacitat sembla ser un factor important en la formació dels preus, tot seguit es comenten alguns treballs empírics que es refereixen a aquesta qüestió, per veure si efectivament el manteniment d'una capacitat estratègica excedentària influeix en el resultat del mercat. Finalment, després d'exposar els diversos factors que poden influir individualment en el comportament dels preus, l'anàlisi se centra en les característiques bàsiques dels recursos no renovables i la forma com aquestes característiques modulen l'estructura del mercat a partir de les interaccions que tenen lloc entre els diferents agents (estats hostes,

empreses explotadores, països consumidors), i com les diverses estructures de mercat, al seu torn, també influeixen en el comportament dels preus a curt termini.

En el capítol setè i últim, s'analitza l'evolució dels preus d'un recurs no renovable en el mig termini a partir de les teories que proporciona la ciència econòmica, exercici que es du a terme pel cas concret del petroli. Per disposar d'un referent vàlid per valorar els diferents esquemes explicatius, primer s'exposa -de la manera més objectiva que ha estat possible- quin ha estat el comportament del mercat del petroli des de la dècada dels 60, posant l'èmfasi en els principals esdeveniments que han succeït al llarg d'aquests anys i que han marcat una inflexió en el seu funcionament. En la segona part del capítol la discussió gira al voltant dels diferents enfocaments existents per explicar la seva evolució: la teoria neoclàssica (de l'esgotament), les aportacions de l'economia industrial, tant les que es basen en el poder de mercat com les que consideren un entorn competitiu, els enfocaments basats en els plantejaments neoricardians i els esquemes que integren els factors econòmics i polítics en l'anàlisi. Per cadascun d'aquests enfocaments s'incideix en els seus plantejaments i limitacions, i mitjançant una anàlisi comparativa s'intenta avaluar la seva capacitat explicativa. La idea és que aquesta aproximació servís també -amb les degudes correccions- per estendre l'anàlisi a d'altres recursos no renovables.

Referències.

- Azqueta, D. i Ferreiro, A. (Eds) (1994). Análisis Económico y Gestión de Recursos Naturales, Alianza Editorial.
- Centeno, R. (1979). Economía del Petróleo y del Gas Natural, Tecnos.
- Centeno, R. (1982). El Petróleo y la Crisis Mundial, Alianza Universidad.
- Pearce, D.W. (1985). Economía Ambiental, Fondo de Cultura Económica.
- Pearce, D.W. i Turner, K. (1995). Economía de los Recursos Baturales y del Medio Ambiente, Celeste Ediciones.
- Romero, C. (1994). Economía de los Recursos Medioambientales y Naturales, Alianza Economía.
- Rosenberg, N. (1991). The Impact of Technological Changes on Resources for Growing Populations, Mimeo, Stanford University.
- Solà, J. (1992). "Algunas consideraciones sobre la asignación de los recursos no renovables", IV Congreso Nacional de Economía, Desarrollo Económico y Medio Ambiente, Sevilla, vol annex, pp. 49-52.
- Solà, J. (1993). Recensió del llibre La Ecología y La Economía, de J. Martínez Alier i K. Schlüpman (FCE), Recerques, vol 27, N° 1492, pp. 112-114.
- Surís, J.C. i Varela, M.M. (1995). Introducción a la Economía de los Recursos Naturales, Civitas.
- Vela, A. (1995). El Gas como Alternativa Energética, Alianza Editorial.

Capítol 1.

UNA VISIÓ RETROSPECTIVA DEL TRACTAMENT DELS RECURSOS NATURALS EN LA CIÈNCIA ECONÒMICA.

1. UNA VISIÓ RETROSPECTIVA DEL TRACTAMENT DELS RECURSOS NATURALS EN LA CIÈNCIA ECONÒMICA.

1.1. Els pioners: Petty i els fisiòcrates.

Les referències a la funció econòmica dels recursos naturals en un marc analític general es remunten al segle XVII amb les aportacions de William Petty ⁽¹⁾, qui també està considerat el principal precursor de l'economia política. En aquest sentit -i més si hom se situa en la perspectiva actual-, no deixa de ser significatiu que les primeres formulacions sobre el funcionament del sistema econòmic atorguessin un paper rellevant al medi natural.

Petty es refereix a dos elements, el treball i la naturalesa, com la font de la riquesa (o valor). L'agricultura és l'activitat clau en el funcionament del sistema (com havia de correspondre, d'altra banda, a l'etapa prèvia a la Revolució Industrial), i l'única que, degut a la generositat de la naturalesa, permet obtenir un excedent. Petty considera la renda de la terra la forma normal d'obtenció de l'excedent i introdueix la idea de la renda diferencial, que es deu tant a la desigual fertilitat de la terra com a la seva localització en relació al mercat. El concepte de renda diferencial serveix a Petty per explicar com augmenta al llarg del temps la remuneració d'un bé no produïble i limitat en quantitat quan ho fa la seva demanda, i al mateix temps palesa el paper estratègic que atorga a la terra en l'activitat econòmica.

En el context que acabem d'exposar, la producció passa a ser el nucli de l'anàlisi de Petty, que contempla aquesta activitat com un seguit de processos seqüencials. L'inici del procés té lloc amb l'extracció de materials i l'obtenció d'aliments del medi natural i la seva conclusió es du a terme amb la transformació d'aquests béns. Petty també distingeix els factors

(1) Una exposició acurada de la contribució de Petty es pot trobar a Brewer (1992).

que s'utilitzen en l'activitat productiva segons les seves característiques. D'una banda, la terra, que per les seves propietats naturals s'associa a la generació de l'excedent. I d'altra part, la maquinària emprada en la manufactura, que es dedica a la transformació de les primeres matèries. A partir d'aquestes consideracions de Petty, la diferenciació dels factors productius d'acord amb les seves funcions -que mantindrien posteriorment els fisiòcrates i economistes clàssics-, així com la identificació del tipus de relació que s'estableix entre ells constituirà una de les constants de l'anàlisi econòmica fins a mitjan del segle XIX.

Les aportacions de Petty tenen continuïtat en l'escola fisiòcrata francesa, de la qual el representant més destacat és François Quesnay. En el pensament fisiòcrata es reflecteixen les influències de la corrent intel·lectual que s'imposava en l'Edat Moderna i que tendeix a la recerca de les explicacions últimes dels fets en la Naturalesa: "Per a nosaltres, tot és físic. I lo físic, en l'ordre social, és senzillament l'econòmic" (2).

La generació del producte net (o excedent) en un marc reproductiu constitueix el centre d'interès dels fisiòcrates i el "Tableau Économique", desenvolupat inicialment per Quesnay, és l'instrument que utilitzen per explicar el funcionament de l'activitat econòmica (3). Aquesta es concebeix com un flux circular, amb una clara interdependència entre la producció i el consum al llarg d'un procés que es repeteix periodicament. La variable clau per determinar l'expansió o contracció de les dimensions del cercle -és a dir, el volum d'activitat- és el producte net generat per la terra: el remanent disponible sobre el cost necessari per a la reproducció del sistema. L'agricultura, per les seves característiques naturals, es converteix novament en l'única activitat capaç de proporcionar un excedent en termes físics, i per tant, es considera l'únic sector productiu. Pels fisiòcrates, la riquesa material se sustenta en les lleis físiques, que es concreten en la força productiva i reproductiva de la Naturalesa

(2) L'afirmació correspon a Quesnay, en una carta a Mirabeau (Meek, 1962).

(3) Un recull complet de la seva aportació, amb especial referència al "Tableau Économique" es troba a Quesnay (1974).

Aleshores, el nivell de riquesa generada pel sistema econòmic depèn de la capacitat de renovar i augmentar la producció agrícola en cada període a partir de llur infraestructura natural que és la terra, i d'una eficient gestió d'aquest recurs se'n derivarà un major benefici social.

1.2. Els clàssics anglesos

Com en els casos anteriors, les preocupacions dels economistes clàssics es troben mediatitzades per l'entorn socioeconòmic que varen conèixer, i en particular, per la transició d'una societat agrària a un altra d'industrial. Un dels principals punts d'interès dels economistes clàssics és determinar les causes de l'expansió econòmica i l'evolució a llarg termini del sistema. Tanmateix, l'explicació d'aquest fenomen requeria d'una anàlisi prèvia dels mecanismes de producció i distribució en termes dinàmics, i és en aquesta anàlisi on apareixen els recursos naturals, que per la seva funció en l'activitat econòmica juguen un paper instrumental de primer ordre. En el tractament dels recursos naturals la majoria d'economistes clàssics segueixen la mateixa línia dels pensadors anteriors i contempen la terra com un factor productiu amb dos atributs. D'una banda, es tracta d'un factor inesgotable, degut a la seva capacitat de regenerar-se després de cada cicle productiu. D'altra part, la terra també és un factor no produïble pel que presenta clares limitacions pel que fa a la seva disponibilitat, circumstància que es considera la causa última de les possibles restriccions al creixement. A partir d'aquest plantejament general les aportacions dels diferents economistes clàssics presenten unes singularitats que fan necessària una exposició individualitzada.

Fortament influït per l'escola fisiòcrata, A. Smith (1976) va destacar la importància de la terra en el procés econòmic, fins al punt de considerar que l'agricultura -degut a la generositat de la naturalesa- era l'única activitat capaç de produir un output per sobre dels inputs que utilitzava. Smith atribueix al sector agrari la capacitat de generar una renda absoluta

-en el sentit de permanent- que prové conjuntament de les propietats intrínseques del sòl i de la funció estratègica de la terra en l'activitat econòmica, i a la que contribueixen especialment les terres millor localitzades en relació al mercat, que són les que determinen els preus dels aliments. En canvi, considerà que la resta d'activitats vinculades a l'explotació dels recursos naturals (boscos, mines, pedreres), al desenvolupar una funció secundària en la producció, només proporcionaven una renda de manera excepcional, i atribuï a aquesta renda un caràcter diferencial, en funció de la seva fertilitat i localització. Tot això explicava que la classe social més afavorida fossin els terratinents, perceptors de les rendes generades en el sector agrari, situació que s'accentuaria quan l'expansió de la demanda pressionés els preus agrícoles a l'alça.

En l'aportació de Smith es troben alguns indicis de l'evolució del sistema econòmic cap un estat estacionari, ja que si una part creixent del producte es redistribuïa a favor dels terratinents en detriment dels capitalistes, es limitava capacitat d'inversió del sistema, i per tant, les seves possibilitats d'expansió. Tanmateix, això només es contempla com una possibilitat llunyana. En el plantejament de Smith sobre el creixement les restriccions físiques es dil·luïxen, ja que el principal input productiu, la terra, es considera un recurs il·limitat. Serà amb els altres economistes clàssics, Ricardo, Malthus i Mill, quan aquesta qüestió es manifesti obertament.

D'altra banda, Smith també profunditza en la diferenciació dels factors reprenent el camí iniciat per Petty. En aquest sentit, la terra es considera novament un cas singular. D'altra part, estableix una distinció entre els diversos tipus de capital. Així, el capital fix s'associa a la maquinària mentre que el capital circulant inclou tant els aliments com les primeres matèries utilitzades en la producció. Aquesta distinció es troba en la base de la complementarietat entre les diverses formes de capital que els economistes clàssics posteriors extendran a la relació entre els diferents factors productius, i en particular, a la relació entre el treball i el capital, que se suposarà de proporcions fixes.

Si en Smith es manifesten especialment les influències de l'escola fisiòcrata, els plantejaments de Ricardo (1817) mostren una major continuïtat amb les aportacions de Petty, i els

recursos naturals passen al centre del seu esquema analític per explicar el comportament de la producció, la distribució de la renda, i a partir d'aquí, l'evolució del sistema econòmic.

L'agricultura continua al nucli de l'aparell productiu, però en la formulació de Ricardo el factor terra adopta unes altres característiques, ja que segons ell la mesquindesa de la naturalesa l'ha fet limitada en quantitat i, sobretot, de qualitat diversa. Aquesta darrera circumstància explica els rendiments decreixents extensius en l'agricultura, que són la causa última de l'estancament de l'activitat econòmica en el llarg termini. En la lògica ricardiana, les terres d'elevada fertilitat -o les millor situades en relació al mercat- són les primeres en conrear-se i generen una renda extraordinària de tipus diferencial. A mesura que la demanda s'expandeix, l'escassetat de terres d'elevada qualitat obliga a estendre el conreu de manera gradual a superfícies menys fèrtils, que exigeixen una major dotació de capital i treball per unitat d'output, i per tant, augmenten els costos de producció. Així, des de la perspectiva ricardiana els efectes de l'escassetat apareixen ràpidament. L'escassetat física esdevé escassetat econòmica i comença a produir els efectes de l'escassetat econòmica (augment dels preus, costos i rendes) tot just després de conrear-se el ventall de terres de qualitat superior. Però a l'hora, els efectes d'aquesta escassetat es manifesten de manera gradual en el temps, intensificant-se amb l'esgotament de les terres d'una determinada qualitat. Una de les conseqüències d'aquest procés és la disminució de la participació dels beneficis dels capitalistes en la distribució de l'excedent, mentre augmenta la part corresponent a la renda de la terra en el producte total.

L'escassetat de la terra permetia als seus propietaris mantenir una posició privilegiada en la distribució de l'output, però Ricardo descartà que els augments continuats en el valor dels productes agraris fossin una conseqüència directa de l'increment de les rendes que rebien els terratinents. La causa última es troba en les lleis físiques de la producció. Ricardo considerava la terra un recurs natural original i indestructible, però al tractar-se també d'un recurs no produïble, el flux de serveis derivat de la seva explotació tenia uns límits naturals. Això significa que en un procés d'expansió de l'activitat econòmica s'arribaria a un punt en que la totalitat de l'excedent quedaria absorbit per la renda de la terra. Al desaparèixer els beneficis extraordinaris, la inversió es redueix a la simple reposició del capital consumit en el període anterior i s'atura el creixement. La conclusió és que el sistema

econòmic, degut a la restricció imposada per la terra, queda confinat a llarg termini a l'estat estacionari.

Tanmateix, el propi Ricardo introduí alguns matisos a aquest raonament. D'una banda, reconegué la possibilitat de retardar l'arribada de l'estat estacionari mitjançant l'augment de la productivitat agrària degut als avenços científics i a la millora de l'equipament utilitzat, la qual cosa permetria disminuir la relació capital/producte i augmentar la taxa de beneficis. D'altra part, les importacions d'aliments podrien apaivagar els efectes dels rendiments decreixents, el que també incrementaria la participació dels capitalistes en l'output global. En el nou context, l'estat estacionari no seria el resultat inevitable de l'evolució econòmica a llarg termini a causa de les restriccions de la naturalesa, sino més aviat una possibilitat teòrica.

En una extensió de la seva anàlisi, Ricardo va considerar que els recursos no renovables i exhauribles per l'ús, com els minerals, presentaven una escassetat idèntica a la de la terra conreuable, pel que aquí també és aplicable el principi dels rendiments decreixents en el marge extensiu, de manera que la determinació de la renda en el sector miner segueix unes pautes similars a les de l'agricultura. En aquest sentit, Ricardo rebutjà la distinció de Smith entre la renda provinent de l'agricultura (absoluta) i la que s'obtenia de l'extracció dels recursos no renovables (excepcional i de caràcter diferencial). Les explotacions en el marge extensiu, que no generen renda, són les que determinen els preus tant dels productes agraris com dels minerals, ja que els mecanismes que provoquen l'escassetat són els mateixos en ambos casos. Pel que fa als minerals, Ricardo també es referí a la possibilitat de descobrir nous dipòsits i millorar les tècniques d'extracció, la qual cosa -al igual que succeïa amb la terra- retardaria els efectes de la seva escassetat natural.

De l'anàlisi ricardiana se'n deriven quatre aspectes essencials en els àmbits de la producció, de la determinació dels preus i de la distribució. (Quadrio Qurzio, 1986). En primer lloc, la renda de la terra varia amb la seva productivitat, i aquesta, al seu torn, està condicionada per l'escassetat relativa. En segon lloc, l'escassetat dels recursos naturals obliga a treballar en el marge extensiu, que és el que determina els preus dels productes generats a partir d'aquells recursos. En tercer lloc, la producció segueix unes pautes d'eficiència, de manera que els recursos naturals -i especialment la terra- s'utilitzen en ordre de qualitat

decreixent, condició imprescindible per formular el principi dels rendiments decreixents. I en quart lloc, existeix una interdependència entre les primeres matèries i els béns produïts que comporta restriccions en el procés de producció degudes a les limitacions en les substituibilitats entre els factors, especialment pel que fa als inputs no produïbles.

L'anàlisi de Malthus (1798), també es fonamenta en les condicions de producció en l'agricultura, que combinades amb la dinàmica demogràfica serveixen per formular la seva aportació més coneguda, el principi de la població.

Enfront del plantejament de Ricardo, que es basa en la desigual qualitat de la terra i en la seva explotació extensiva, Malthus considera la terra homogènia i limitada en termes absoluts i posa l'èmfasi en el seu ús intensiu. Aleshores, les restriccions al creixement de la producció agrícola vindrien donades més per l'existència d'una superfície fixa de terra que per l'heterogeneïtat de la seva qualitat. És clar que Malthus era conscient que les diferents qualitats de la terra també afectarien a la seva productivitat, tanmateix el límit absolut és l'element singular de la seva anàlisi, pel que en aquest cas -a diferència del que succeïa en el plantejament ricardià- els rendiments decreixents operen en el marge intensiu. Això significa que en la versió malthussiana el cost del factor capital-treball per unitat d'output es manté constant fins que tota la terra està explotada. Però un cop s'ha arribat a aquest punt, els costos per unitat de producte augmenten degut a la intensificació en l'explotació de les terres ja conreudes. Per això en el cas malthussià la limitada disponibilitat física de recursos naturals només comporta una escassetat econòmica quan la seva explotació esdevé intensiva. Però mentre en la situació imaginada per Ricardo l'aproximació als límits físics és gradual, en la versió malthussiana l'escassetat física i econòmica apareixen de manera simultània i sobtada.

En aquest context, la formulació del principi de la població es basa en dos fenòmens que Malthus considerava naturals, i per tant, difícilment modificables. D'una banda, la limitació física dels recursos naturals imprescindibles pel manteniment de l'activitat econòmica, cas de la terra. I d'altra part, la tendència al creixement geomètric de la població (en absència de mesures reguladores o preventives). La interacció simultània d'aquests dos fenòmens

conduïx a una disminució progressiva de la producció per càpita i confina a la població a un nivell permanent de subsistència, arribant-se per un camí paral·lel al que havia utilitzat Ricardo a una situació d'estat estacionari. De fet, és en la formulació malthussiana quan per primera vegada apareix de forma explícita la idea de la capacitat de sosteniment de l'activitat econòmica, aspecte que recentment ha estat molt divulgat. Malthus també deixà una porta oberta -segurament sense massa confiança- a les conseqüències positives que se'n podrien derivar del canvi tecnològic (4), però això no canvia el seu missatge essencialment pessimista sobre el futur del sistema econòmic.

Després de les contribucions de Smith, Ricardo i Malthus, les aportacions dels darrers economistes clàssics completen el cos analític existent. És el cas de Senior, que amplia l'abast de la teoria de la producció, incorporant les noves fonts d'energia inanimada -cas del carbó- i es refereix explícitament a tres factors productius: el treball i les habilitats de les persones, els agents naturals, i l'abstinència, que considerava la font del capital (fix i circulant). Els recursos naturals s'inclouen en el capital fix, ja que no s'incorporen directament a l'output.

Per la seva part, la contribució de J.S.Mill és una continuació dels plantejaments de Ricardo, especialment pel que fa a l'evolució de l'activitat econòmica a llarg termini. En l'àmbit de la producció, Mill va mantenir la taxonomia de Senior en el tractament dels factors. Tanmateix, en el cas dels recursos naturals, després d'admetre l'existència de rendes diferencials degudes a la seva qualitat desigual o a la seva localització, Mill introdueix algunes qualificacions. Així, pel que fa als minerals contempla la possibilitat de descobrir nous jaciments de qualitat/localització superior, el que comportaria abandonar les explotacions marginals i invalidaria el principi de la utilització dels recursos naturals en ordre de qualitat de-

(4) En paraules del propi Malthus: "L'home està obligadament confinat a una habitació. Quan una hectàrea ha estat afegida a un altre fins que tota la terra fèrtil ha estat ocupada, l'increment en la quantitat d'aliments depèn de les millores que es facin a la terra existent".

creixent. Davant d'aquesta eventualitat, Mill planteja el problema de la determinació de la seqüència idònia de l'explotació d'un conjunt de dipòsits de qualitat variable, qüestió que no resolgué i que constituirà un dels punts d'interès de les anàlisi posteriors.

Com a conseqüència de l'enfocament que adopten els economistes clàssics, la discussió sobre els recursos naturals al llarg del segle XIX gira definitivament al voltant de la naturalesa de les rendes que es generen en la seva explotació. La principal modificació de les anàlisi posteriors és l'objecte d'estudi, que passa de ser la terra a centrar-se en els minerals així que s'avança en el procés industrialitzador. A nivell analític, la primera extensió post-clàssica correspon a Sorely que atribueix dos components a l'excedent obtingut en l'extracció dels minerals. El primer és el que correspon a la renda diferencial, mentre l'altra part s'associa a una compensació pel valor del recurs extret, idea que desenvoluparan més tard alguns economistes neoclàssics, cas de Marshall, i -introduint-hi algunes variacions- Taussing (5).

1.3. L'escola neoclàssica.

Amb la irrupció de l'escola neoclàssica té lloc un canvi d'enfocament. Es deixa de banda l'evolució a llarg termini del sistema econòmic i l'èmfasi es posa en l'anàlisi estàtica dels intercanvis de béns i serveis (Naredo, 1987). En el nou paradigma es considera que tots els

(5) Marshall va adoptar la idea de Sorely de distingir els dos components, la renda diferencial estricta i el cost associat a la seva explotació, i considerarà que aquest darrer era el que s'havia d'imputar en la determinació dels preus. Per la seva part, Taussig aprofundeix en aquesta idea al considerar que degut a les seves característiques, la renda que generen els recursos exhauribles, a més dels costos d'extracció també havia d'incloure els costos d'exploració. Una visió retrospectiva sobre el concepte de renda aplicat als recursos naturals es pot trobar a Amundsen (1992).

recursos són escassos, dil·luïnt-se la relativa autonomia que mantienien els béns no produïts, com els recursos naturals, en els esquemes clàssics. El que ara interessa és determinar l'assignació de qualsevol tipus de bé a partir del comportament maximitzador dels agents. Les preferències individuals es consideren donades i el mercat és el mecanisme que les canalitza (6).

Un aspecte remarcable és que malgrat la nova orientació de la ciència econòmica, en l'àmbit de la producció l'escola neoclàssica continua sent deutora de la teoria ricardiana. La principal raó és que l'escola neoclàssica es desenvolupa a partir de les aportacions dels economistes marginalistes, pels que l'anàlisi de la producció és essencialment un mitjà per explicar la distribució de l'output entre els factors (Christensen, 1989). Una idea fonamental dels economistes marginalistes és la contribució decreixent a l'output de cada factor individual, que serveix per generalitzar la teoria ricardiana de la renda diferencial de la terra a la resta d'inputs. Des d'aquesta perspectiva, els factors produïts, com el capital, reben la mateixa consideració que els recursos no produïbles, cas de la terra. Les productivitats marginals es consideren independents dels inputs individuals, pel que les complementarietats entre factors -dins d'una tècnica- desapareixen dels esquemes analítics, així com l'heterogeneïtat inherent a cada factor. En definitiva, heterogeneïtat i complementarietat se substitueixen per homogeneïtat i separabilitat.

D'acord amb Christensen, a aquesta visió de la producció s'hi arribà de manera gradual. Així, Jevons en el seu tractat sobre el capital del 1871 suprimeix la distinció entre capital fix i capital circulant, al considerar el primer com una versió de llarga durada del segon i obvia les diferents formes que el capital pot adoptar (equipaments, combustibles). Quasi al mateix temps, Menger du a terme una anàlisi més desagregada de la importància dels dife-

(6) Una qüestió interessant -bé que colateral en aquest treball- és per què va tenir lloc aquest canvi d'enfocament, que ha resultat transcendent per a la ciència econòmica. L'explicació més versemblant és la que es refereix als aspectes factuais. Com han assenyalat diversos historiadors (Landes, 1969), el segle XIX constitueix un període d'èxit en el procés de substitució de recursos, i a l'inrevés del que succeí en el segle XVIII, s'allunya el fantasma de l'escassetat. L'anàlisi econòmica, doncs, no havia de preocupar-se per situacions hipotètiques.

rents factors productius, i malgrat el reconeixement de les proporcions fixes entre inputs -es refereix a les reaccions químiques, per exemple-, universalitza les proporcions variables pròpies de l'agricultura. El pas decisiu sobre la contribució independent dels factors de producció individuals a l'output correspon a Walras el 1874 (en la formulació de la teoria de l'equilibri general): l'homogeneització del capital i la terra possibilita l'agregació vertical de l'agricultura i la indústria i consolida l'eliminació dels recursos naturals dels esquemes explicatius de l'activitat econòmica. Totes aquestes consideracions les recullen cap el 1890 Wicksted i Wicksell quan elaboraren la primera teoria neoclàssica de la producció, en la que la primacia correspon als aspectes distributius. Finalment, Marshall (1920) manté la distinció ricardiana entre els rendiments decreixents en l'agricultura i els rendiments creixents en la manufactura, però en la discussió sobre aquesta darrera activitat es refereix essencialment a l'àmbit organitzatiu, sense considerar els aspectes físics de la producció i sense distingir entre els diferents inputs, pel que els recursos naturals es dilueixen en el conjunt de "factors de producció".

El resultat de l'evolució conceptual i analítica que té lloc en el si de l'escola neoclàssica és que la producció esdevé un aspecte de l'assignació i determinació dels preus dels factors. L'atenció es posa en la distribució de l'output, que es considera regulat pel valor del producte marginal -decreixent- dels diferents inputs que han contribuït a la seva obtenció, és a dir, per la llei de proporcions variables que opera en el curt termini. I a partir d'aquest plantejament es construeix una teoria general de la substituïbilitat entre els inputs sense discutir expressament els trets físics rellevants de l'activitat productiva.

Robinson (1986) s'ha referit a la importància que varen tenir els rendiments decreixents de tipus ricardià (en el marge extensiu) en la corrent econòmica dominant a partir de la segona meitat del segle XIX, tant en els plantejaments dels mateixos economistes marginalistes com en les contribucions específiques sobre els recursos no renovables que es desenvoluparien poc després. En aquest sentit destaca l'escàs èxit dels pensadors que al llarg del segle XIX i començament del segle actual es referiren a la possibilitat que en les activitats vinculades a l'explotació dels recursos naturals poguessin existir rendiments creixents com a conseqüència del progrés tècnic (Carey), i també com a resultat de l'extensió de l'activitat econòmica a noves àrees (Courtney i Chapman). Només s'acceptà l'existència de rendi-

ments creixents en l'agricultura, però no en les activitats dedicades a l'extracció dels recursos minerals. Amb l'auge dels economistes marginalistes, els rendiments decreixents aplicats a l'explotació dels recursos naturals donen lloc a la idea que l'extracció d'aquests recursos té un cost d'oportunitat intertemporal, circumstància que afecta la determinació dels preus i de la que, a més, se'n derivaran conseqüències pel que fa a la distribució intergeneracional. En aquesta idea es troba la base de la teoria econòmica convencional sobre els recursos no renovables (la teoria de l'esgotament), que es configura de manera autònoma a començament de segle amb les aportacions de Gray. Com ja hem assenyalat, fins llavors, l'anàlisi econòmica dels recursos no renovables va ser essencialment un apèndix de la teoria de la renda.

1.4. Els conservacionistes.

En els plantejaments clàssics els recursos naturals -essencialment la terra- juguen un paper instrumental. Aquests recursos són imprescindibles en la producció però no constitueixen directament l'objecte de la seva anàlisi. L'explicació dels fenòmens econòmics té lloc a partir de l'entorn físic i són les seves limitacions -dotació fixa de terra en quantitat i qualitats- que condicionen els resultats de l'activitat econòmica, que es tradueixen en l'evolució cap un estat estacionari. D'altra banda, el canvi d'enfocament dels economistes marginalistes i neoclàssics dil·luí la funció dels recursos naturals, al associar-los a la resta d'inputs productius. Amb aquests antecedents, el moviment conservacionista que sorgí a finals del segle XIX als Estats Units constitueix una fita en l'anàlisi econòmica dels recursos naturals per la importància que atorga "per se" a aquests recursos (7).

El desenvolupament del moviment conservacionista té lloc -paradoxalment- en un país en el que la dotació de recursos per càpita era una de les més elevades del món però en el qual el ritme d'explotació de determinats actius naturals provocava incerteses sobre la viabilitat a llarg termini d'aquestes intervencions. Val a dir que la qüestió que plantejaven els conservacionistes no era nova. Pocs anys abans, Jevons (1864), ja s'havia formulat un

interrogant semblant sobre la disponibilitat de carbó per mantenir el creixement econòmic en el temps a la Gran Bretanya. La preocupació de Jevons estava motivada per les conseqüències que s'en derivarien de l'eventual carència d'aquell input per a l'expansió industrial i la seva aportació té una vessant essencialment empírica. En el cas del moviment conservacionista, tanmateix, no es tracta tant d'una reacció enfront de previsibles escassetats, sino d'un posicionament acadèmic -del que se'n deriven propostes d'actuació- davant la impossibilitat d'explotar indefinidament els recursos naturals (8).

Un aspecte remarcable és que els conservacionistes tenien una visió estàtica dels recursos naturals, que associaven a una disponibilitat fixa, mesurable en unitats físiques. Per això atorguen una atenció especial a les qüestions pràctiques, com la determinació de la taxa "adequada" d'explotació d'aquests recursos i l'establiment de mecanismes per garantir la seva preservació. És des d'aquesta perspectiva que hom pot considerar els conservacionistes els precursors immediats de l'anàlisi econòmica dels recursos no renovables i de la problemàtica derivada de la seva explotació.

(7) Abans dels conservacionistes, i de manera paral·lela a les grans corrents de pensament del segle XIX, també es desenvolupen algunes contribucions aïllades a l'anàlisi econòmica dels recursos naturals com a matèria específica, però les anàlisi se centren -per raons pràctiques- en els recursos renovables. Les principals aportacions corresponen als economistes alemanys, que en el marc de l'escola cameralista posen l'atenció en la gestió dels boscos, la qual cosa dona lloc al desenvolupament de diferents mètodes de càlcul (per determinar la seva valoració, rotació adequada, etc), aspecte en el que es beneficien de les teories de la renda de la terra de Smith i Ricardo. La contribució pionera correspon a Von Thünen (1826), qui establí com a criteri per a la gestió d'un bosc la igualació de l'increment relatiu del seu valor (capital) al tipus d'interès. Posteriorment, Faustmann va perfeccionar el mètode del valor esperat, i Köing i Pressler desenvolupen el mètode de la taxa interna de retorn amb aplicació als recursos forestals. És probable que els economistes alemanys del segle XIX també influïssin en els plantejaments dels conservacionistes americans. En aquest sentit, la principal novetat que introdueixen els conservacionistes és l'extensió de l'anàlisi als recursos no renovables.

(8) Això no significa que la situació dels recursos naturals als Estats Units no influís en l'aparició del moviment conservacionista. Un factor d'alerta important va ser l'explotació intensiva des boscos durant el segle XIX i el seu impacte sobre la disponibilitat futura dels recursos forestals. La consolidació del moviment conservacionista té lloc a començament del segle XX, quan aquesta preocupació s'esten als recursos no renovables.

Un dels capdavanters d'aquest moviment va ser Fernow, que va desenvolupar la seva tasca -acadèmica i aplicada- en l'àmbit dels recursos forestals i publicà un dels primers tractats sobre l'economia dels boscos (Fernow, 1902). A ell correspon la classificació dels recursos naturals en quatre grans grups: a) recursos inexhauribles; b) recursos exhauribles i no renovables; c) recursos renovables però que es deterioren amb la intensificació de l'activitat econòmica, i d) recursos renovables quina productivitat es pot augmentar al gestionar-los amb criteris científics.

Els conservacionistes duen a terme la seva anàlisi a partir de tres consideracions. En primer lloc, que els recursos naturals, per les seves característiques, són uns bens singulars i diferenciats en l'activitat econòmica. En segon lloc, que per les funcions que desenvolupen són imprescindibles en la societat industrial. I en tercer lloc, que molts d'aquests recursos són esgotables i difícilment substituïbles, almenys a curt termini. Un cop establertes les propietats diferencials dels recursos naturals, i en particular dels recursos no renovables, l'interès dels conservacionistes passa a ser la seva gestió: comença a discutir-se quins són els criteris que han de regir l'ús d'aquests recursos, la qual cosa comporta resoldre la possible dicotomia entre la seva preservació i la seva explotació eficient d'acord amb els plantejaments de la teoria econòmica basats en la maximització del valor actual. Amb els conservacionistes apareix obertament la problemàtica de la relació entre les generacions actuals i les generacions futures. Gray -al que ens referirem de manera individualitzada en el següent apartat- va ser el primer economista que va afrontar aquest problema d'una manera formal.

La dicotomia que acabem d'exposar entre preservació i eficiència constitueix la pedra de toc dels plantejaments conservacionistes pel que fa als recursos no renovables. Així, Ely va preconitzar la intervenció pública davant la possibilitat que la maximització del valor actual d'un recurs conduís a una explotació excessiva en detriment del benestar de les generacions futures. En la mateixa línia se situen les contribucions d'Ise, que vincula la conservació dels recursos amb el manteniment del nivell de vida a llarg termini (Ise, 1925). En aquest sentit, Ise va incidir especialment en la importància del petroli -que ja s'havia consolidat com el principal recurs no renovable de l'activitat econòmica-, amb uns plantejaments que recorden els de Jevons sobre el carbó 50 anys abans: "El sistema ha utilitzat

més petroli en els darrers 10/12 anys i més minerals en els darrers 25 anys dels que s'han utilitzat al llarg de tota la història" (Ise, 1926). I és la inviabilitat de mantenir en el temps aquesta situació el que justifica novament la intervenció pública per preservar uns inputs bàsics per a la societat moderna. Per Ise aquesta intervenció passava per la regulació dels preus: el sector públic havia de garantir mitjançant l'establiment d'un impost que els preus dels recursos no renovables cobrissin el cost d'obtenir recursos alternatius que fossin renovables per dur a terme la mateixa funció (9). Segons Ise, la fixació de preus d'acord amb aquest criteri desestimularia l'explotació intensiva dels recursos no renovables i afavoriria la recerca de substituïts renovables, contribuïnt a la resolució del problema sobre la disponibilitat d'aquells recursos en el llarg termini.

Aquesta idea va ser desenvolupada posteriorment -amb algunes variants- pels economistes institucionalistes, el principal representant dels quals és Ciriacy-Wantrup (1952). En la mateixa línia, diverses propostes actuals sobre la gestió dels recursos no renovables són clarament deutores d'aquest plantejament (10).

1.5. Les anàlisi formals: Gray i Hotelling.

La influència acadèmica dels plantejaments conservacionistes es palesa en les contribucions de Gray, a qui correspon la primera anàlisi de la gestió dels recursos no renovables des d'una òptica neoclàssica.

(9) Així, en el cas del petroli el preu hauria de cobrir el cost d'obtenir els seus serveis -o més concretament, els dels seus derivats- utilitzant un recurs alternatiu que fos renovable. Lògicament, el cost d'aquests serveis diferirà segons l'aplicació considerada. En l'aplicació del transport, per exemple, el preu dels derivats del petroli s'hauria d'establir en funció del cost d'obtenir un input substitutiu, com pot ser l'alcohol, a partir d'un recurs renovable, cas de la canya de sucre.

(10) És el cas de Daly (1979).

En un primer article Gray planteja la qüestió macroeconòmica de l'equidat intergeneracional i introdueix la relació entre els recursos no renovables i la teoria del capital (Gray, 1913). El seu objectiu és determinar una estratègia de conservació òptima que faci compatibles l'eficiència econòmica i l'equidat intergeneracional, la qual cosa requereix resoldre els conflictes d'interessos entre el present i el futur. Tanmateix, en aquesta primera anàlisi Gray només albira solucions temptatives.

L'enfrontament entre el present i el futur és una conseqüència dels plantejaments oposats entre la teoria econòmica i les idees conservacionistes. D'una banda, la utilització de la teoria neoclàssica comporta estendre a l'anàlisi dinàmica dels recursos no renovables els criteris assignatius d'eficiència estàtica, i d'això en resulta aplicar el principi de la maximització del valor actual per determinar l'ús d'aquests recursos, amb independència de les conseqüències redistributives que se'n derivin. En aquesta aproximació el tipus d'interès juga un paper crucial i Gray destaca la relació directa que existeix entre el seu nivell i la taxa "òptima" d'extracció del recurs. En aquest sentit, cap atribuir a Gray la paternitat d'introduir el tipus d'interès com a variable estratègica en l'anàlisi econòmica dels recursos no renovables. D'altra part, enfront del criteri "economicista" de la maximització del valor actual, es troben les posicions conservacionistes, que propugnen la preservació d'aquells recursos que es consideren imprescindibles per a l'activitat econòmica.

La presència d'aquests dos objectius aparentment oposats -la maximització del valor actual i la conservació dels recursos- dona lloc a la qüestió essencial: trobar el punt d'equilibri que els faci compatibles. Segons Gray, la conservació -basada en l'ètica igualitària- com a principi d'acció comporta atorgar una importància equivalent al present i al futur llunyà, però ell mateix considerarà que l'actuació a partir d'aquest principi no tindria massa sentit. L'homogeneïtzació dels interessos de la generació present i de les generacions futures -és a dir, la consideració d'una taxa de descompte nul·la- condueix a la preservació total del recurs, situació que planteja problemes pràctics, especialment si es tracta de béns insubstituïbles en l'activitat econòmica. D'altra banda, Gray tampoc es mostra partidari de centrar l'atenció únicament en la maximització del valor actual, doncs "màxima producció no necessàriament significa més progrés. No és segur que la màxima producció condueixi al desenvolupament

lupament social més elevat". I com exemple d'aquesta situació es refereix a les conseqüències negatives -que tècnicament es definirien com externalitats pocs anys més tard- associades a l'explotació de determinats recursos, cas dels residus derivats de la combustió del carbó per a la generació d'electricitat. La conclusió és, doncs, que cal estudiar les necessitats humanes de la manera més objectiva possible abans de donar una resposta definitiva a aquesta qüestió. Amb la irresolució en aquests termes del problema plantejat, Gray deixava una porta oberta a les aportacions de l'ecologia humana, algunes de les quals ja s'havien desenvolupat -o es formulaven llavors- d'una manera paral·lela (11).

Si en l'article de 1913 Gray es fa ressó del possible conflicte entre l'eficiència econòmica i l'equitat intergeneracional, un any després adopta una posició més pragmàtica (Gray, 1914) i a partir dels instruments que proporciona la teoria econòmica convencional desenvolupa la primera anàlisi microeconòmica a curt termini de l'explotació d'un recurs exhaustible (una mina de carbó) per part d'una empresa individual en una situació perfectament competitiva. Aquesta és l'aportació seminal sobre la determinació de les condicions òptimes d'explotació dels recursos no renovables, tant pels elements que introdueix com pels resultats assolits, que resolgueren els diferents problemes plantejats.

En concret, Gray fou pioner en el reconeixement de la validesa general de la llei de proporcions variables aplicada a l'explotació de les mines i modificà el criteri d'eficiència estàtica

(11) El desenvolupament de l'ecologia humana correspongué essencialment a químics, biòlegs i enginyers que consideraren la problemàtica relacionada amb la dotació i ús dels recursos naturals l'objecte essencial de les seves anàlisis, sovint a partir dels interrogants, estímuls i inquietuds que els hi provocava l'activitat en llurs respectives especialitats. Les ciències naturals foren pioneres en aquest àmbit i científics com Podolsky, Sacher, Clasius, Geddes, Soddy, Pfandler i Adams, entre d'altres, obriren una línia de recerca que fins molt recentment -possiblement degut al desconeixement de les aportacions originals- no ha tingut continuïtat per part dels economistes. Avui sembla clar que aquest desconeixement va ser la conseqüència de plantejaments divergents, ja que enfront la visió més "material" de l'ecologia humana, els economistes neoclàssics estaven interesats únicament en la determinació de situacions d'equilibri -general o parcial- i d'eficiència a partir del comportament maximitzador dels agents econòmics mitjançant el mercat. Martínez Alier (1984) i Martínez Alier i Schlüpman (1991) han dut a terme una anàlisi exhaustiva de les principals aportacions de l'ecologia humana.

habitual (que iguala el preu al cost marginal) per determinar el marge intensiu dels recursos no renovables introduïnt el concepte de cost d'oportunitat intertemporal (que després es definiria com a renda d'escassetat), que passarà a ser l'element clau de l'anàlisi. Així, en el cas dels recursos no renovables, degut al cost d'oportunitat intertemporal, el nou criteri d'eficiència estàtica indica que el preu ha d'igualar el cost marginal d'extracció més el valor imputat a aquell cost d'oportunitat. A partir d'aquest plantejament i amb la utilització d'exemples aritmètics, Gray resol el problema de l'empresa maximitzadora de beneficis a curt termini en un horitzó temporal indeterminat. D'igual manera, Gray també determina la condició d'eficiència dinàmica (associada a la maximització del valor actual), que indica quin ha de ser l'evolució del rendiment net del recurs al llarg del temps.

En una primera aproximació Gray contempla la possibilitat que el recurs fos inesgotable, circumstància en la que preval el criteri d'optimització habitual (aplicable als béns reproduïbles) i la quantitat extreta és la que iguala els costos marginals amb el preu. A continuació considera la situació en que l'estoc del recurs és limitat però es fa abstracció del tipus d'interès. En aquest cas mostra que la quantitat que maximitza els beneficis és la que minimitza els costos mitjans. Finalment, amb la introducció del tipus d'interès el problema es planteja en termes dinàmics i Gray mostra que la maximització del valor actual comporta que el rendiment net del recurs augmenti precisament a una taxa equivalent al tipus d'interès (12). En la pràctica això requereix una disminució dels costos marginals, el que s'aconsegueix reduïnt de manera gradual el ritme d'explotació del dipòsit.

L'aportació de Gray -tant pel que fa al plantejament com als resultats- constitueix una fita en el desenvolupament de la teoria econòmica dels recursos no renovables. Com ha assenyalat Crabbé (1983), malgrat la simplicitat analítica, la seva contribució permeté per primera vegada establir proposicions de tipus general sobre l'explotació d'aquests recursos i definí clarament una línia per tractar aquesta qüestió. Les aportacions posteriors varen

(12) El rendiment net del recurs és la diferència entre el preu i el cost marginal d'extracció, diferència que reflecteix exactament el cost d'oportunitat intertemporal de diferir l'explotació del recurs.

consistir sobretot en el refinament d'alguns conceptes i en la introducció de l'aparellatge formal, que va facilitar l'extensió de l'anàlisi a un major nombre de situacions.

L'entorn conservacionista i la sistematització de Gray conflueixen en l'aportació de Hotelling (1931) sobre els recursos no renovables. El punt de partida de la seva anàlisi és novament el dilema explotació/preservació dels actius naturals. D'una banda, la progressiva desaparició d'aquests recursos suggeria que els seus preus eren excessivament baixos i estimulava l'interès per la seva conservació. D'altra part, la presència de monopolis es traduïa en restriccions a l'explotació, preus innecessàriament elevats i una pèrdua de benestar social. Per Hotelling la resolució d'aquest dilema requeria de la teoria econòmica i la seva contribució consistí essencialment en marcar el camí que havia de seguir l'anàlisi. Així, Hotelling reprèn el plantejament de Gray però introdueix dues modificacions substancials. En primer lloc, amplia l'horitzó temporal del curt termini al llarg termini. I en segon lloc, substitueix les representacions gràfiques i els exemples numèrics pels instruments matemàtics que permeten la universalització dels resultats: els mètodes d'optimització dinàmica basats en el càlcul variacional (13).

(13) Hotelling va introduir la dinàmica en l'àmbit dels recursos no renovables perquè considerava que l'anàlisi d'equilibri en termes estàtics que proporcionava la teoria econòmica era inadequat en una activitat en la que el manteniment d'una taxa constant de producció indefinidament és físicament impossible. En aquest sentit, l'aportació d'Hotelling es deutora de la contribució de Ramsey sobre l'estalvi que s'havia publicat pocs anys abans i que constituï una "innovació" en el tractament dels problemes econòmics en el llarg termini pels mètodes matemàtics emprats, aleshores de difícil comprensió per a la majoria dels economistes. Al mateix temps, la contribució de Hotelling també constitueix un exemple de les vicissituds en que sovint es troben inmersos els articles científics. Com ha assenyalat Heal (1993), és significatiu que Hotelling enviés el seu article en primera instància al *Economic Journal*, que era la revista on s'havia publicat l'article de Ramsey. Tanmateix, Keynes, que aleshores n'era l'editor, el va rebutjar adduint dues raons. La primera, que el problema que plantejava era bastant semblant al que havia tractat Ramsey, el que implícitament qüestionava l'interès que podria tenir. La segona, que el mètode emprat també era similar i, per tant, difícilment accessible als lectors, suggerint que la quota d'articles formals ja estava coberta amb l'aportació de Ramsey. Finalment, l'article de Hotelling es va publicar al *Journal of Political Economy*.

Hotelling considera els recursos no renovables uns actius que generen unes rendes als seus propietaris mitjançant la revalorització (que es deu a la seva creixent escassetat), i el problema que enfronta és el de l'assignació eficient d'un estoc limitat i conegut d'aquests recursos al llarg del temps (el famós "eat cake problem"). En una primera aproximació Hotelling analitza una situació competitiva i amb costos d'extracció nuls, el que significa que el rendiment net o renda d'escassetat que reb el propietari del recurs és equivalent al seu preu (14). En aquestes condicions Hotelling mostra que per garantir l'equilibri en el mercat d'actius l'explotació del recurs s'ha de regir per una regla bàsica, segons la qual el preu del recurs natural ha d'augmentar a una taxa igual al tipus d'interès del mercat -que en la pràctica indica quin és el cost d'oportunitat de mantenir el recurs sense explotar al llarg del temps. En una situació competitiva, l'equilibri del mercat queda garantit per l'arbitratge entre l'actiu "recurs natural" i la resta d'actius.

Però això només és el primer pas. A més de la dimensió estoc, en la que els recursos naturals s'associen a una forma de capital que es revaloritza al llarg del temps degut a una escassetat creixent, aquests béns també tenen una dimensió flux, ja que s'utilitzen com a inputs productius en l'activitat econòmica. Això significa que s'enfronten a una corba de demanda convencional, amb pendent negativa, de manera que per preus molt baixos la quantitat demandada de recursos naturals per explotar serà elevada i es reduirà així que els preus augmentin, arribant-se a un punt en que la demanda és nul·la. Per garantir un resultat eficient, una condició necessària és que la demanda nul·la coincideixi amb l'exhauriment físic del recurs. Si el recurs s'esgota abans d'assolir el preu màxim, una part de la demanda resta per ser satisfeta, i si al arribar a aquest preu existeixen excedents, una part del recurs es malbarata ja que no ha estat utilitzat. Aleshores, el que cal identificar és el preu inicial que, amb un tipus d'interès fixat, determini una seqüència de preus futurs tals que la demanda acumulada fins que s'assoleixi el preu màxim coincideixi amb la quantitat

(14) Com ja hem vist al referir-nos a Gray, el rendiment net o renda d'escassetat equival al cost d'oportunitat intertemporal de mantenir el recurs, pel que quan no existeixen costos d'extracció el preu del recurs reflecteix únicament aquell cost d'oportunitat.

total disponible del recurs. A continuació Hotelling mostra que una situació competitiva determina un preu inicial -que té lloc en funció de l'oferta i demanda del recurs com a input productiu- que condueix a un resultat eficient, entès com el que maximitza el valor actual del recurs en termes socials. En aquest cas, doncs, serien innecessàries mesures reguladores, que només es justifiquen quan les trajectòries efectives dels preus es desvien de les ideals.

Aquesta eventualitat condueix Hotelling a analitzar les situacions de monopoli, més properes a la realitat, i mostra que amb la nova configuració es modifica la regla bàsica. Per mantenir l'equilibri en el mercat d'actius, la renda d'escassetat també ha d'augmentar a una taxa equivalent al tipus d'interès, però ara la maximització del valor actual del recurs exigeix que la renda d'escassetat s'iguali a l'ingrés marginal del monopolista. La conseqüència d'això és que la trajectòria de preus canvia, desviant-se de la solució eficient. En aquest sentit Hotelling mostra mitjançant un exemple numèric que els resultats de l'anàlisi estàtica són extensibles en l'àmbit dinàmic i que en una situació monopòlica en l'explotació dels recursos naturals, la maximització de beneficis no és compatible amb un resultat eficient: en monopoli els preus inicials són més elevats i es redueix la quantitat demandada, pel que per esgotar el recurs quan s'arribi al preu màxim els preus dels períodes finals han de ser més baixos que en el cas competitiu, el que significa que en algun moment del temps ambdues trajectòries es creuen. La nova trajectòria dels preus que maximitza els beneficis reflecteix que l'efecte d'una monopolització dels recursos naturals és ralentir la seva explotació, un resultat que, sens dubte, hauria satisfet els conservacionistes (15). Tanmateix, Hotelling no estava gaire preocupat per les qüestions d'equitat intergeneracional que havien centrat l'atenció d'aquells i es mostrà partidari de descomptar el futur. El seu interès era utilitzar les eines de l'anàlisi econòmica per determinar el valor màxim de l'explotació d'un recurs no renovable i identificar les trajectòries de preus (eficients) compatibles

(15) Com tots els resultats que s'obtenen a partir d'exemples numèrics, la seva validesa és únicament temptativa, sense que tingui caràcter general. Anàlisi posteriors mostren que en un monopoli també pot tenir lloc la situació contrària, amb una utilització del recurs més ràpida que en una situació competitiva.

amb aquest objectiu. Per això insistí en la reducció dels beneficis socials degut a les situacions monopòliques (16).

Amb l'aportació de Hotelling es configura l'anàlisi convencional dels recursos no renovables, tant pel que fa als seus plantejaments com al mètode emprat. Malgrat que el seu article no va tenir una continuïtat immediata en el temps, fixà les directrius pel futur i d'ell en són deutors tots els desenvolupaments posteriors dins de l'òptica maximitzadora (17).

Després de Hotelling l'interès pels recursos no renovables esdevé secundari en l'àmbit de la ciència econòmica, que centra l'atenció en les qüestions dinàmiques de tipus macroeconòmic. L'anàlisi microeconòmica dels recursos no renovables es reprèn en la dècada dels 50, però ho fa amb un caràcter puntual i esporàdic fins a començament dels 70. Les raons d'aquest ostracisme responen tant a factors de tipus intern -referits a la pròpia evolució de la ciència econòmica- com externs -relacionats amb la situació econòmica- bé que ambdós presenten interdependències. Així, en un primer moment va ser determinant el canvi d'enfocament de l'anàlisi, més orientat cap els problemes generals del creixement i el desenvolupament. Però a l'hora també va influir la creença -bastant generalitzada- que l'evolució de l'activitat econòmica a llarg termini, almenys en els països avançats, no estava condicionada per la disponibilitat de recursos naturals, pel que la qüestió sobre la seva assignació passa a un segon terme. El context econòmic dels anys 50 i 60 afavoreix aquest posicionament, ja que els preus baixos de la pràctica totalitat de primeres matèries en una situació d'expansió econòmica s'associa a una disponibilitat adequada de recursos i a un funcionament eficient dels mercats. Addicionalment, els primers treballs empírics que es duen a terme sobre l'escassetat dels recursos naturals reforcen aquestes impressions.

(16) En el seu article Hotelling també considera altres aspectes relacionats amb l'explotació dels recursos no renovables. És el cas dels costos d'extracció creixents així que l'explotació progressa, la influència de la producció acumulada sobre la demanda, la importància de la inversió i la incidència dels impostos. Una exposició sintètica de les principals contribucions de Hotelling es pot trobar a Devarajan i Fisher (1981)

(17) A títol indicatiu assenyalarem que Heal, un dels economistes neoclàssics que més ha contribuït a la teoria dels recursos no renovables, atribueix a Hotelling el 25% de l'aportació en aquesta àrea (Heal, 1993).

En el vessant teòric, les anàlisi dels anys 50 i 60 aprofundeixen en alguns dels aspectes que Hotelling ja va considerar però que no arribà a presentar de manera formal i comencen a desenvolupar-se els exercicis de dinàmica comparativa. Així, Scott (1955, 1967) reprèn l'anàlisi amb la discussió dels efectes dels canvis en el tipus d'interès sobre l'explo-tació del recurs i conclou que el resultat és indeterminat. La raó és que una elevació en el tipus d'interès es manifesta per una doble via. D'una banda, tendeix a desplaçar l'explo-tació cap el present, ja que, "ceteris paribus", augmenta el cost d'oportunitat de mantenir els recursos sense explotar. Però d'altra part, un tipus d'interès més alt també desincentiva la inversió, la qual cosa pot ralentitzar el ritme d'extracció. En una línia similar se situen les contribucions de Herfindahl (1967), Gordon (1967) i Smith (1968). Per la seva part, Cum-mings (1969) i Koopmans (1973) determinen les condicions d'optimització en un marc més general. A començament dels 70, un cop establertes les bases teòriques, i també per la in-fluència de factors externs (la publicació del primer informe del Club de Roma el 1972, l'im-pacte de la primera crisi del petroli), l'anàlisi formal experimenta una expansió que es manté fins a l'actualitat. En les dècades dels 70 i 80 es multipliquen els treballs en la línia iniciada per Gray i Hotelling i es completen els resultats que constitueixen el cos de la lite-ratura acadèmica convencional sobre els recursos no renovables.

1.6. Els recursos naturals en l'anàlisi macroeconòmica del creixement.

Les aportacions clàssiques al creixement, i en especial l'atenció atorgada a les restriccions imposades pel medi natural en l'evolució a llarg termini de l'activitat econòmica, s'esvaïren amb els pensadors que les havien desenvolupat. Kindleberger (1965) considera que això és una conseqüència de la situació econòmica a Europa i Amèrica del Nord a partir de mi-tjan del segle XIX, que semblava desmentir l'existència de limitacions insuperables per as-solir una expansió ininterrompuda. La batalla s'havia decantat a favor dels elements que apaïvagaven eventuais restriccions, com el progrés tecnològic, que continuament millorava

la productivitat i qualitat dels factors i feia possible una major eficiència en els processos de producció.

Després de la Gran Depressió la ciència econòmica recupera l'interès pels problemes macroeconòmics del llarg termini, i l'anàlisi dinàmica experimenta un impuls, retornant el protagonisme a algunes de les qüestions que havien preocupat els economistes clàssics. Així, un dels objectius de la dinàmica macroeconòmica és la determinació de les condicions necessàries pel creixement. Aquest canvi d'enfocament dona lloc a dues línies teòriques. Per un costat, les formulacions dinàmiques de tipus post-keynesià i post-clàssic, que són les que duen la iniciativa en el reposicionament acadèmic. Per altra banda, la línia neoclàssica, que es configura com una resposta als plantejaments post-keynesians i post-clàssics i que enfronta els problemes econòmics a llarg termini a partir del cos teòric convencional. En aquest cas l'anàlisi en termes d'equilibri i d'eficiència de tipus estàtic adopta un caire dinàmic.

Tanmateix, en el context econòmic que abans hem assenyalat, no és estrany que un cop descartada la importància del medi físic com un factor limitador de l'expansió de la producció, el retorn a l'interès pel llarg termini es tradueix en models de creixement en els que els inputs rellevants són el capital i el treball, exclouent-hi explícitament els recursos naturals. I aquesta circumstància es palesa tant en la línia post-keynesiana i post-clàssica com en les aportacions neoclàssiques.

La influència keynesiana es manifesta en les contribucions de Harrod, Kalecki i Kaldor. La represa d'aquesta línia analítica correspon a Harrod (1939, 1948), amb el desenvolupament d'un model unisectorial de creixement en el que els únics factors de producció són el capital i el treball. Ambdós factors estan subjectes a rendiments constants a escala, però la seva utilització té lloc en proporcions fixes, recuperant així la idea de complementarietat dels economistes clàssics. A partir d'aquest plantejament, Harrod mostra que si la taxa d'acumulació del capital creix al mateix ritme que la mà d'obra, l'economia s'expandirà a una taxa de creixement constant. Aleshores, les restriccions al creixement econòmic no es troben tant en la dotació de recursos naturals -Harrod descartà explícitament la llei de rendiments decreixents com a factor limitador- sino més aviat en la dotació de capital.

Paral·lelament a l'aportació de Harrod té lloc una recuperació progressiva dels principis analítics dels economistes pre-clàssics i clàssics, i en particular, de les contribucions de Ricardo en l'àmbit de la producció, configurant-se les teories post-clàssiques. Així, Von Neumann (1945) i Leontief (1951) reconstrueixen en termes dinàmics i discrets esquemes multisectorials fonamentats en les aportacions de Quesnay i Ricardo que posen l'èmfasi en les interrelacions entre els mitjans de producció (mantenint la idea de complementaritat), els processos productius i els béns produïts, però sense considerar expressament la funció dels recursos naturals (béns no produïts). De manera implícita, doncs, se suposava que l'eventual escassetat d'aquests recursos naturals no alterava el funcionament del sistema. Sraffa (1960) dona un pas endavant i és el primer economista post-clàssic que integra en una teoria circular de la producció, els mitjans de producció, els béns produïts i els recursos no produïbles, al incorporar la terra en el seu marc analític. L'esquema sraffià permet obtenir els "preus de reproducció", que són aquells compatibles amb la continuïtat de l'activitat econòmica en el llarg termini. La determinació d'aquests preus està condicionada pels requeriments físics per substituir les mercaderies utilitzades en la producció. Però els factors no produïbles i exhauribles per l'ús (com els recursos energètics i els minerals no combustibles) continuen quedant al marge. Reprenent el plantejament de Sraffa, Quadrio Qurzio (1967) publica un treball basat en les teories circulars de la producció que inclou tant les primeres matèries com els mitjans de producció no produïts i que serveix per determinar la renda i el preu de la terra, una línia d'anàlisi que continuarien poc després Metcalfe i Steedman (1972). Per la seva part, Parrinelo (1983) introdueix explícitament els recursos no renovables i exhauribles per l'ús en un esquema productiu multisectorial de tipus sraffià i considera les implicacions que se'n deriven en el conjunt del sistema, especialment pel que fa a la determinació dels preus i de les variables distributives (salaris i taxa de benefici). Més recentment, Kurz i Salvadori (1995) ~~han~~ analitzen la mateixa qüestió d'una manera més formal.

La resposta als esquemes neokeynesianes i post-clàssics correspongué als economistes neoclàssics, que s'introdueixen en l'anàlisi del creixement amb la contribució de Solow (1956), a partir de la qual s'han desenvolupat nombroses extensions. Solow presenta un

model amb rendiments constants a escala en el que el capital i el treball són els únics inputs que contribueixen a la producció, es poden expandir tant ràpidament com sigui necessari, i a més, són perfectament substituïbles. Una situació molt allunyada de les idees clàssiques de rendiments decreixents i complementarietat entre els factors en la producció. Amb aquest plantejament no és sorprenent que els resultats també siguin totalment oposats als dels economistes clàssics. Així, una de les principals implicacions del model es que, amb el supòsit que la mà d'obra és una proporció constant de la població, el creixement econòmic es pot mantenir indefinidament a una taxa igual a la del creixement de la població. No seria fins quasi 20 anys més tard, després de la publicació del primer informe del Club de Roma i de la crisi energètica del 1973/74 quan Solow, i amb ell la resta d'economistes neoclàssics, varen introduir els recursos no renovables en l'anàlisi del creixement econòmic.

1.7. Els recursos naturals i el desenvolupament.

A diferència del que succeí en les anàlisi teòriques dels anys 40 i 50, en el terreny empíric les diferents contribucions sobre les causes del creixement econòmic consideren de manera expressa la funció dels recursos naturals, i el debat gira al voltant de la importància d'aquests recursos -juntament amb la de la resta de factors productius- en els processos de desenvolupament. En aquest sentit, un dels aspectes més discutits és precisament la relació entre la disponibilitat de recursos i el nivell de desenvolupament assolit per un país.

Una de les primeres aportacions empíriques sobre la importància dels recursos naturals en els processos de creixement correspon a Colin Clark (1943), que va construir un model per predir les conseqüències de la limitada disponibilitat de la terra agrícola sobre el creixement dels Estats Units fins el 1960. Clark parteix d'un plantejament que recorda el dels economistes clàssics, ja que també presuposava l'existència de rendiments decreixents de la terra. Per això no és sorprenent que els resultats se situessin en la mateixa direcció. El més destacable és la previsió d'un augment espectacular dels preus de la terra agrícola,

circumstància que es considerava extrapolable a d'altres recursos naturals degut a la seva dotació limitada. Aquesta predicció -bé que després es va manifestar incorrecte- durant un temps va sustentar la creença que una de les conseqüències dels processos de creixement era que els preus dels serveis dels recursos naturals havien d'augmentar en relació als dels factors reproduïbles.

La idea de Clark va ser desmentida posteriorment per Schultz (1951), que va mostrar que la contribució dels recursos naturals al creixement en els països desenvolupats disminuïa de manera continuada, situació que afectava especialment a la terra. En una nova anàlisi sobre l'agricultura, Schultz atribueix aquesta circumstància tant a factors d'oferta com de demanda. Pel costat de l'oferta la principal raó es troba en les millores de la tecnologia, que permeten augmentar ràpidament la productivitat dels recursos existents, i que en el cas de la terra es tradueixen en un seguit d'innovacions que economitzen el seu ús. Pel costat de la demanda, l'explicació rau en la baixa elasticitat-renda dels productes agrícoles (inferior a l'unitat), que fa que la contribució de la terra al PNB d'un país al llarg del temps creixi menys que la de la resta de factors, i per tant, disminueixi en termes percentuals.

En un estudi més general, el propi Schultz (1962) aprofundeix sobre la contribució dels recursos naturals al creixement a partir de la doble dimensió, de flux i d'estoc, d'aquests recursos. La dimensió flux s'associa al valor econòmic dels serveis dels recursos naturals en relació al total, mentre que la dimensió estoc reflecteix la participació de l'actiu de recursos naturals en la riquesa d'un país. Schultz addueix que en qualsevol moment del temps la proporció recursos naturals/recursos totals utilitzats per generar el producte brut és més elevada en els països en vies de desenvolupament que en els països avançats i que la contribució relativa dels recursos naturals disminueix així que un país es desenvolupa. D'acord amb Schultz, això reflecteix la pèrdua d'importància de les activitats vinculades als recursos naturals en relació al PNB en els processos de desenvolupament, que es tradueix en una participació decreixent del flux de serveis provinents d'aquests recursos. I una de les conseqüències és que el valor inventariable dels recursos naturals en relació a la riquesa total d'un país també es redueix (la terra és el millor exemple d'aquesta situació).

Sobre la contribució específica dels recursos naturals al creixement Schultz matisa dues idees que induïen a la confusió. En primer lloc, que l'oferta fixa de treball i el seu ús intensiu comportés un rendiment marginal nul en l'agricultura, argument que s'utilitzava per afavorir la inversió en el sector industrial en els països en vies de desenvolupament. I en segon lloc, que desigualtats en la dotació de recursos naturals entre països impliquessin diferències en les possibilitats de creixement, afirmació que considerava sense suport empíric.

Pel que fa a la primera qüestió, Schultz atribueix la confusió a la manca de distinció entre la taxa de retorn deguda al capital físic addicional en les formes ja existents i la taxa de retorn que es pot obtenir de noves i millors formes de capital físic, ja que les propietats tècniques d'aquestes dues formes de capital són distintes i també ho són els seus atributs econòmics. Així, si les noves formes de capital -que presenten una rendibilitat més elevada que les formes existents- s'apliquen als sectors de recursos naturals, aquests es revaloritzen i una menor dotació absoluta de recursos naturals no necessàriament és un obstacle pel desenvolupament d'un país. Segons Schultz, la relació entre recursos naturals, capital físic i treball canvia al llarg del temps com a conseqüència del creixement econòmic, que genera unes situacions de desequilibri dinàmic degudes a la introducció de nous i superiors recursos -en sentit ampli- que substitueixen als existents, i el cas més clar era, novament, l'agricultura (18).

L'aprofitament d'aquestes possibilitats obria unes favorables perspectives als països en vies de desenvolupament. Però, a més, el fet que en els països avançats els recursos naturals mesurats en costos dels factors haguessin disminuït al llarg del temps en relació al valor del conjunt de factors productius, i també que els preus dels serveis dels recursos naturals no augmentessin en relació als preus dels serveis d'altres recursos, indicava que la

(18) En aquesta activitat els estudis de Griliches indicaven que la maquinària substituïa el treball, però també la terra. Les llavors millorades substituïen igualment la terra, i les noves formes de capital en la producció de fertilitzants disminuïen el seu preu. Tot això, al seu torn, comportava una reducció dels preus dels serveis de la terra.

contribució marginal dels recursos naturals al llarg del temps no s'havia incrementat. I aquesta era una raó addicional per concloure que en els països en vies de desenvolupament les possibilitats de creixement no estaven limitades per la dotació de recursos naturals.

Davant de l'optimisme de Schultz, Abramovitz (1962) adopta una posició més cauta i es mostra escèptic sobre la idea que la pèrdua d'importància dels recursos naturals en els processos de desenvolupament respongui a una tendència que reflecteix els efectes de forces estables. En concret, considera que la disminució de la importància dels recursos naturals en relació a l'output -en termes de la part de la renda necessària per obtenir els seus serveis- pot ser consistent amb els fets de manera general, però no necessàriament s'acompleix per tots els recursos naturals i en totes les fases del procés de desenvolupament.

Per analitzar aquesta qüestió, Abramovitz distingeix la terra de la resta de recursos naturals, i en particular, dels recursos no renovables. La situació de la terra és consistent amb la tendència general, ja que la part de la renda necessària per obtenir els seus serveis disminueix quan el nivell de desenvolupament -mesurat per la renda per càpita- augmenta. En canvi, pels recursos no renovables, encara que la tendència general sigui decreixent, durant períodes llargs de temps les forces poden operar en sentit contrari (com havia succeït als Estats Units després de 1870 amb els combustibles fòssils).

Feta aquesta qualificació, Abramovitz passa a discutir si, com havia suggerit Schultz, la forta disminució en la part del PIB que correspon als recursos naturals en els països desenvolupats es pot utilitzar per calibrar la possible evolució dels fets en els països enrederits així que aquests es desenvolupin. Segons Abramovitz, la pèrdua d'importància dels recursos naturals en l'output pot haver estat un fenomen específic d'uns pocs països i en un context històric determinat. L'evidència disponible -a partir dels treballs de Chenery- assenyalava que aquest fet era característic dels països desenvolupats involucrats en el comerç internacional, i per tant, la disminució de l'aportació dels recursos naturals al PIB reflectiria -almenys parcialment- un canvi en l'avantatge comparatiu simultani al creixement

en l'output. Un aspecte crucial en aquest sentit podia haver estat la ràpida expansió del sector industrial, que era el que contribuïa en major proporció al creixement del producte brut. Això suggeria que en el passat el model de desenvolupament s'havia fonamentat en la industrialització dels actuals països avançats i el desplaçament als nous territoris de les activitats vinculades a l'explotació dels recursos naturals, però aquesta situació difícilment es podria mantenir ja que cada cop és més difícil descobrir nous recursos naturals i noves àrees per a l'agricultura en regions no explotades. Abramovitz sembla indicar, doncs, que a nivell mundial l'activitat econòmica ja es trobava en l'esgraó superior del marge extensiu pel que fa a l'explotació dels recursos naturals, la qual cosa planteja reserves sobre la disminució al llarg del temps de la importància d'aquells recursos i questiona que es pugui utilitzar directament l'experiència passada, com indicava Schultz, per predir l'evolució econòmica dels països en vies de desenvolupament.

D'acord amb Abramovitz, la mesura de la contribució dels recursos naturals al creixement s'ha de plantejar en altres termes. El que cal determinar és la importància de la dotació d'aquests recursos en les diferències de les taxes de creixement entre països. I en aquest punt convé distingir dues formes per les que la disponibilitat de recursos naturals pot afectar la taxa de creixement.

En primer lloc, mitjançant la incidència de la dotació de recursos en el nivell de renda, i a través de la influència en la renda, en la d'aquells factors que contribueixen al creixement, com la taxa d'estalvi. Abramovitz argumenta que, tot i que aquesta és una connexió indirecta -i en general, feble- entre recursos naturals i creixement, la vinculació sembla confirmar-se per determinats grups de països amb institucions polítiques i econòmiques similars, com els països del Nord i Oest d'Europa i les noves nacions d'inmigrants que procedien d'aquells països (19).

El segon mecanisme pel que els recursos naturals poden influir en el creixement és mitjançant els efectes diferencials de la tecnologia sobre les seves potencialitats. En aquest sentit Abramovitz destaca dos aspectes. D'una banda, que els recursos naturals estan desigualment distribuïts, i d'altra part, que el canvi tecnològic té un caràcter específic al llarg

del temps, de manera que en cada moment hi haurà un grup de països amb un millor potencial de creixement degut al desigual impacte de la tecnologia sobre la valorització dels seus recursos. Aquest és el tipus d'impacte que segons Abramovitz s'ha manifestat històricament, però per aprofitar-ho cal un entorn institucional adequat que permeti engegar un procés de creixement, com havia succeït en el segle XIX en els territoris de l'hemisferi occidental i del Pacífic, ocupats per emigrants europeus i sota la influència de les institucions i cultura europees. L'evidència històrica condueix Abramovitz a concloure que en el passat els recursos naturals han contribuït de manera més decisiva al creixement de la renda en els països en que l'entorn institucional predisposava a utilitzar de manera eficient aquells recursos, mentre que la seva incidència va ser molt limitada en els territoris en que les institucions eren menys favorables al creixement. Per això, en la pràctica, sense un entorn institucional que estimuli la utilització dels coneixements i la tecnologia disponible de manera eficient és difícil determinar amb claredat la influència dels recursos naturals sobre el creixement dels països en vies de desenvolupament.

A partir de l'experiència històrica Kuznets (1964) també relativitza la importància dels recursos naturals en els processos de desenvolupament i considera que difícilment un creixement continuat pot tenir lloc únicament sobre avantatges de tipus natural. Amb un plantejament que presenta notòries coincidències amb el d'Abramovitz, Kuznets atribueix a aquests avantatges un caràcter variable, al estar modulats per factors externs, i a més

(19) En aquests casos, una millor dotació de recursos naturals havia comportat un nivell més elevat de renda per càpita, cas dels Estats Units, Canadà, Austràlia i Nova Zelanda. En canvi, en països amb altres característiques (per exemple, amb una tecnologia diferent) era més dubtós que les diferències en la renda es poguessin explicar per la desigual disponibilitat de recursos naturals. El cas d'Amèrica Llatina serveix per il·lustrar aquesta situació. Així, els països amb una dotació més favorable de recursos (Argentina, Xile, Veneçuela) tenien una renda per càpita considerablement inferior a la del grup anterior de països. D'altra part, és cert que la seva renda per càpita era superior a la de la resta de països d'Amèrica Llatina, però els estudis de Chennery indicaven que no era la carència de recursos naturals el que explicava els nivells més baixos de la renda per càpita d'aquests països. I en sentit contrari, d'altres països amb una feble dotació de recursos gaudien d'una elevada renda per càpita.

transitori. Una favorable dotació de recursos naturals pot impulsar un creixement puntual, com havia succeït en alguns països amb la transició de la fase pre-industrial a la fase industrial. Però el creixement sostingut només és possible amb unes institucions que permetin l'adaptació a noves circumstàncies quan factors exògens (per exemple, canvis en la tecnologia, descobriment de nous recursos) modifiquin la posició d'aquest país -en el sentit d'alterar avantatges comparatius- pel que fa a la seva dotació inicial de recursos naturals.

De les aportacions prèvies sobre la relació entre els recursos naturals i el creixement econòmic se'n deriven dos resultats amb caràcter general que trascendeixen les discrepàncies que puguin existir entre els diferents plantejaments. D'una banda, que la contribució d'aquests recursos varia inversament amb el nivell de renda per càpita d'un país. I d'altra part, que la seva capacitat per impulsar processos de desenvolupament depèn de l'entorn institucional, pel que la favorable dotació de recursos naturals no és, per ella mateixa, una condició suficient. Al relativitzar-se la importància de la disponibilitat de recursos en els treballs empírics que es duen a terme després de la Segona Guerra Mundial, no és estrany que els models de desenvolupament que apareixen durant la dècada dels 60 atorguessin un paper secundari a la funció dels recursos naturals, a l'igual que havia succeït amb anterioritat amb les anàlisi teòriques del creixement.

1.8. Un nou paradigma: l'enfocament integrador.

Després de dues dècades d'expansió econòmica als països desenvolupats, a mitjan dels 60 apareixen diversos treballs en els que es qüestiona la viabilitat del creixement ininterromput, i, àdhuc, la desitjabilitat del propi creixement com a fita última de l'activitat productiva. D'una banda, s'incideix en els efectes negatius sobre el medi ambient de l'expansió incontrolada, i d'altra part, en les limitacions de la dotació de recursos per sostenir un ritme continuat de creixement. L'èmfasi en l'entorn natural com a suport i condicionant del sistema econòmic dona lloc a un nou enfocament que es consolida en la dècada dels 70 i que

es basa en la integració en un únic esquema analític de les diferents relacions entre l'activitat econòmica i el medi físic. Fins llavors, la ciència econòmica convencional havia considerat l'explotació dels recursos no renovables i l'impacte mediambiental com dos àmbits independents. Així, l'economia dels recursos no renovables es desenvolupava a partir de les aportacions de Gray i Hotelling i l'economia del medi ambient ho feia de manera paral·lela amb la continuïtat dels plantejaments de Pigou sobre les externalitats.

Les contribucions que apareixen en els anys 60 a banda de la corrent dominant situen l'anàlisi més en el terreny conceptual que en el formal i constitueixen la base d'una nova línia de pensament, crítica amb les propostes convencionals, que preconitza la necessitat d'un enfocament globalitzador. L'activitat econòmica s'ubica en un marc més ampli, que ve definit per l'entorn natural, enfront els plantejaments internalistes i optimitzadors de la teoria neoclàssica. Amb el nou enfocament, el sistema econòmic passa a ser un subconjunt del sistema natural i l'atenció es desplaça cap a les interrelacions entre l'activitat econòmica i el medi físic, car es considera que només si es tenen en compte aquestes interrelacions es pot dur a terme una anàlisi completa de problemes com la disponibilitat de recursos naturals o l'impacte mediambiental. A partir d'aquestes premisses, la interdisciplinarietat constituirà un dels eixos del nou paradigma.

Un dels antecedents immediats en aquesta línia es troba en l'aportació de Kapp, que el 1950 publica "Els costos socials de l'empresa privada", un llibre que en aquell moment va passar gairebé desapercebut. I una edició corregida i revisada el 1963 tampoc no va tenir excessiu impacte entre la professió. Com ha assenyalat Hueting (1980), no va ser fins el 1967, amb la publicació de "Els costos del creixement econòmic" de Mishan, quan la degradació del medi natural esdevé una matèria d'interès sistemàtic per a la ciència econòmica. D'altra banda, tampoc és del tot segur que l'aportació de Kapp influís en el desenvolupament de la nova corrent, ja que la seva anàlisi -al igual que el cas de Mishan- se situa estrictament en l'àmbit econòmic, però té el mèrit d'anticipar diversos problemes que constituïran el nucli de la discussió 20 anys més tard.

Kapp es refereix, en primera instància, a les conseqüències de l'expansió continuada de la producció i alerta sobre la degradació del medi ambient i el possible esgotament dels recursos naturals (renovables i no renovables). En aquest sentit, un primer efecte del creixement ininterromput és la intensificació de la competència per l'ús d'uns béns cada cop més escassos. En el treball de Kapp, tanmateix, els efectes de l'activitat econòmica sobre l'entorn natural (degradació de la qualitat ambiental, esgotament dels recursos) es consideren de manera independent, sense arribar a sistematitzar les relacions que existeixen entre ambdós fenòmens mitjançant els processos productius. Després d'identificar les conseqüències de l'activitat econòmica moderna, el pas següent consisteix en avaluar els seus costos. En aquest punt Kapp qüestiona els conceptes de la teoria convencional, que considera excessivament restrictius. Així, Kapp atorga als costos socials un sentit més ampli que el concepte habitual d'externalitats, i associa aquests costos a totes les pèrdues directes i indirectes suportades per tercers. Això significa que en el cas dels recursos no renovables els costos s'extenen també a les generacions futures, que veurien limitades les seves possibilitats de creixement (i per tant, experimenten una pèrdua de benestar com a conseqüència d'una producció excessiva en el present), una idea amb la que Kapp reprèn el plantejament dels conservacionistes.

Tot i la dimensió crítica de la seva aportació, convé remarcar que Kapp no es refereix a les limitacions de l'entorn natural sobre el creixement, sino a les conseqüències de l'expansió incontrolada, i considera que la minimització d'aquests efectes requereix d'una regulació adequada dels costos socials. En aquest sentit, la solució proposada se situa en l'esfera econòmica, però per a la seva implementació Kapp advocà pel suport de les ciències naturals.

Boulding (1967) avança en la línia dels plantejaments crítics i du a terme una anàlisi dels processos que configuren l'activitat econòmica i la seva relació amb el medi físic. Aquesta anàlisi serveix per destacar les interrelacions entre els recursos naturals i la degradació ambiental i d'ella se'n deriva una reconsideració dels conceptes de producte nacional brut (PNB) i creixement econòmic.

Segons Boulding el sistema econòmic tradicionalment s'ha associat a un sistema obert, en el que l'activitat productiva i consuptiva té lloc a partir d'una suposada dotació il·limitada de recursos, mentre els residus que es generen es poden abocar sense restricció a l'entorn natural. Al no considerar les limitacions físiques, l'anàlisi convencional centra l'atenció en els fluxes de producció i de consum, que s'utilitzen com una aproximació al nivell d'activitat econòmica i serveixen per mesurar l'eficiència del sistema. Tanmateix, en la pràctica, degut a la dependència del medi natural, l'activitat econòmica troba límits a la seva expansió. La quantitat de recursos que es poden utilitzar com a inputs ve donada per la dotació existent i la capacitat d'absorció de residus per part de l'entorn físic presenta un nivell de saturació. Així, el sistema econòmic no és un sistema obert que pot funcionar al marge del medi natural, sino un subconjunt d'aquest, en el que es troba integrat i del qual només reb un input inexhaurible, l'energia solar. La resta d'inputs, contràriament a la creença habitual, no són lliures. Això fa necessari redefinir el procés econòmic, que s'ha d'entendre com un procés circular que comença i acaba en el medi natural. En la simbologia de Boulding es tracta d'un procés que té lloc en una nau espacial -la terra- amb una dotació finita de recursos i una limitada capacitat d'absorció de residus. Una part dels inputs utilitzats es poden reincorporar al circuit mitjançant el reciclatge, però això només afecta la matèria. Els inputs energètics estan subjectes a una degradació entròpica, i per tant són irrecuperables. Addicionalment, la degradació entròpica també afecta la capacitat de recuperació de la matèria, que només és factible amb una despesa energètica creixent. En aquest context, els conceptes de producte brut i creixement perden la seva significabilitat habitual. L'objectiu del sistema econòmic deixa de ser la maximització dels fluxes de producció i de consum i guanya importància la conservació de l'estoc de capital (en sentit ampli). Aleshores, l'eficiència del sistema econòmic depèn de la seva capacitat per reproduir-se amb la depreciació mínima del capital existent, és a dir, amb la menor utilització possible dels inputs que proporciona el sistema natural.

La idea de Boulding de concebir el sistema econòmic com un sistema tancat en el que alguns inputs essencials s'obtenen de l'entorn natural i els residus que es generen en les activitats de producció i consum s'aboquen al mateix medi, es pot precisar més amb el recurs

a les ciències físiques, i en particular a la primera llei de la termodinàmica, segons la qual l'energia no es crea ni es destrueix, simplement es transforma. La traslació d'aquesta llei al món econòmic significa que en els processos de producció i consum només tenen lloc canvis qualitius, que es manifesten en la transformació d'inputs en outputs i en la generació de residus en les diferents fases del procés, mantenint-se la igualtat entre les entrades i les sortides en termes físics (de massa o de materials). L'extensió de la primera llei de la termodinàmica a l'anàlisi econòmica es concreta en el balanç de materials, introduït per Ayres i Kneese (1969). El balanç de materials permet identificar, en unitats físiques, els fluxes d'entrades (recursos naturals en forma d'inputs) i sortides (béns econòmics de valor zero en forma de residus) del procés econòmic, així com la interrelació existent entre la utilització dels recursos naturals i els efectes mediambientals, i és l'instrument bàsic per analitzar de manera sistemàtica les relacions entre l'activitat econòmica i el medi físic.

La consolidació del paradigma integrador reb un nou impuls amb les aportacions de Georgescu-Roegen, qui reprenent uns plantejaments que amb anterioritat ja havia desenvolupat ell mateix (Georgescu-Roegen, 1966), el 1971 publica "La llei de l'entropia i el procés econòmic", treball en el que completa l'anàlisi de les relacions entre l'activitat productiva i el medi natural a partir de les lleis físiques que la mediatitzen. En aquest sentit, l'element clau és la segona llei de la termodinàmica, que fa del procés econòmic un procés entròpic, és a dir, un procés que es desenvolupa de manera unidireccional. Si la primera llei de la termodinàmica reflecteix l'equivalència entre inputs materials i residus generats en el procés econòmic, la segona llei alerta sobre la degradació qualitativa d'aquests inputs degut a les activitats productiva i consumptiva, que converteixen inputs de baixa entropia en outputs d'alta entropia sense possibilitat de retornar-los al seu estat original per reiniciar el procés en les mateixes condicions. Dit d'altra manera, el flux d'inputs naturals (matèria i energia) que sustenten l'activitat econòmica té un caràcter irreversible. Com la dotació natural de matèria i energia en un estat de baixa entropia és limitada, el procés econòmic és "per se", un procés finit, sense possibilitat d'expandir-se de manera continuada. Aquesta idea suggereix que la causa última de l'escassetat natural és la segona llei de la termodinàmica, que comporta una degradació inevitable i irreversible dels recursos que

s'incorporen en el procés de transformació. Segons Georgescu-Roegen, negligir les lleis físiques que condicionen l'activitat econòmica té com a conseqüència formular models que condueixen a resultats lògicament impossibles, models de "paper i llapis" (Georgescu-Roegen, 1979), dels que se'n deriva un creixement continuat i una utilització il·limitada de recursos i que desafien els principis bàsics que regulen el medi natural.

La visió de l'activitat productiva com un procés totalment integrat en el medi natural i regulat per lleis físiques conduí a qüestionar els mateixos fonaments de la ciència econòmica convencional, i en particular, la funció assignativa dels preus. En el nou enfocament s'accepta que els preus són indicadors de les escassetats relatives dels béns (en el sentit que els hi atorgà Robbins), però deixen de funcionar en presència d'escassetats absolutes. D'acord amb Daly (1977), com el medi físic presenta una escassetat absoluta, els inputs que proporciona no es poden assignar de manera adequada mitjançant els preus, pel que la resposta als problemes assignatius dels inputs provinents de l'entorn natural (recursos, capacitat d'absorció) s'han de buscar en els indicadors físics que proporciona l'ecologia. Sobre aquesta premisa, Daly planteja la necessitat de desenvolupar l'ecologia humana, que concebeix l'activitat econòmica i el funcionament del medi natural com dues realitats inseparables i recupera la idea, expressada pocs anys abans (Daly, 1968), de l'economia com una ciència vital, que presenta nombrosos paral·lelismes amb la biologia. D'aquesta manera, Daly reprén la línia -perduda pels economistes- de la bioeconomia, que els científics naturals havien començat a desenvolupar fa més de 100 anys.

Un tret destacable d'aquest ventall de plantejaments crítics és que el seu abast no es limita a les formulacions conceptuals, sino que d'ells se'n deriven igualment diferents propostes d'actuació. La més radical correspon a Georgescu-Roegen, en consonància amb la pròpia percepció de la relació entre activitat econòmica i medi natural. Degut a la preeminència de la llei de l'entropia, Georgescu-Roegen (1975) considera que per mantenir indefinidament el funcionament d'ambdós sistemes és imprescindible reduir la població i l'activitat econòmica a aquells nivells que serien compatibles amb la utilització exclusiva de recursos

renovables. En el cas de l'agricultura, per exemple, això significària limitar-la a les activitats estrictament orgàniques. La justificació d'aquest posicionament és que ni un progrés tècnic continuat podria compensar els efectes de la segona llei de la termodinàmica, pel que la única solució viable a llarg termini és l'adaptació de l'activitat humana als cicles naturals.

Enfront d'aquesta proposta, Daly (1979, 1980) recupera la visió clàssica de l'estat estacionari i el completa amb la idea de l'estat estacionari en sentit físic desenvolupant una proposta inicial de Boulding. Daly defineix tres magnituds bàsiques en aquest context d'estat estacionari. En primer lloc, l'estoc, que és el conjunt d'actius materials i humans del sistema econòmic. En segon lloc el servei, que és la satisfacció experimentada per la utilització de l'estoc. I en tercer lloc el "throughput", que és el flux físic de matèria i energia del sistema natural cap al sistema econòmic, i que en la terminologia de Boulding s'associa a la capacitat productiva i s'aproxima pel producte brut. La relació entre les tres magnituds és del tipus:

$$\frac{\text{Servei}}{\text{Throughput}} = \frac{\text{Servei}}{\text{Estoc}} \times \frac{\text{Estoc}}{\text{Throughput}}$$

i l'estat estacionari s'assoleix quan, mantenint l'estoc constant a un nivell suficient, es maximitza el servei i es minimitzen els fluxes físics del medi natural cap al sistema econòmic. Una idea molt semblant a la que suggereix Boulding quan planteja la necessitat de passar d'una economia de fluxes a una economia d'estocs.

La conservació de l'estoc és essencial en el plantejament de Daly, però a diferència de Georgescu-Roegen, la seva aproximació no és absolutista i contempla les possibilitats de substitució entre recursos naturals, que constitueixen la base última de l'estoc. En aquest sentit, Daly proposa que la intervenció pública garanteixi, mitjançant el sistema impositiu, que el valor de cada unitat consumida d'un recurs no renovable iguali el valor del recurs renovable que el pot substituir, condició indispensable per mantenir l'estoc qualitativament constant. Amb aquest plantejament Daly recupera les propostes que els conservacionistes havien presentat 50 anys enrera i introdueix un dels principals elements de controvèrsia en l'incipient debat sobre el desenvolupament sostenible.

1.9. El debat actual.

A començament dels anys 70 tenen lloc diversos esdeveniments que fan replantejar la discussió sobre la importància dels recursos naturals en l'activitat econòmica. Alguns d'aquests esdeveniments corresponen a la pròpia evolució de la ciència econòmica, com és el cas de la consolidació de l'enfocament integrador al que ens hem referit en l'apartat anterior. D'altres responen més a la categoria de fenòmens de masses, com la publicació dels dos informes del Club de Roma sobre els límits del creixement el 1972 i 1974, que van tenir un impacte considerable en el món acadèmic i fora d'ell. Finalment, els esdeveniments externs també contribuïren a intensificar el debat, com succeí amb l'augment dels preus del petroli del setembre de 1973. La posició estratègica d'aquest recurs en els processos de producció, del que els països desenvolupats n'eren totalment dependents, i el fet que el seu control es concentrés en unes poques mans, van alertar sobre les conseqüències d'eventuals escassetats.

En el context que acabem de descriure l'anàlisi dels recursos naturals tendeix a vincular-se amb el creixement econòmic, aspecte que es manifesta tant en els plantejaments de tipus convencional com en els heterodoxes. En el primer cas, com s'exposa en el següent capítol, es reformulen els models de creixement incorporant-hi els recursos naturals com a factor de producció per determinar les conseqüències que això comporta sobre les possibilitats d'expansió econòmica a llarg termini. I quan apareixen restriccions al creixement l'interès de l'anàlisi se centra en la manera de solventar-les. En el si de la corrent heterodoxa, en canvi, l'èmfasi es posa en la impossibilitat de mantenir un creixement continuat amb una disponibilitat limitada de recursos i el que es discuteix són les actuacions necessàries per assegurar la continuïtat del cicle econòmic en un sistema tancat. Però en qualsevol cas, la qüestió que plana darrera de les discussions acadèmiques és la viabilitat i desitjabilitat del creixement. És a dir, si la millor opció per evitar les conseqüències d'escassetats futures de recursos naturals és precisament intensificar el ritme de creixement perquè això significa una major acumulació de capital i de coneixements, i al capdavall, més possibilitats d'afrontar amb èxit eventuals restriccions en la dotació física d'inputs, o, en sentit contrari, si un major creixement avui simplement agreuja el problema

perquè comporta una disminució de l'estoc de recursos naturals en el futur. Aquesta qüestió no admet una única resposta, i pel que fa a la implicació dels recursos naturals, més enllà de debats conceptuals, requereix sustentar les argumentacions en l'anàlisi teòric, però sobretot, exigeix de la contrastació empírica. En els capítols següents es presenten alguns resultats al respecte. L'objectiu d'aquest apartat és simplement situar la controvèrsia en el marc en que s'ha desenvolupat, tant en l'àmbit acadèmic com institucional.

Un dels desencadenants del debat sobre la viabilitat del creixement i les possibles restriccions del medi natural va ser la publicació del primer informe del Club de Roma (Meadows et al, 1972). Malgrat que aquest informe no constitueix una aportació conceptual i teòrica a la problemàtica sobre el creixement ni a la funció econòmica dels recursos naturals, ha tingut un gran impacte per les seves conclusions i durant la dècada dels 70 va ser un referent fix de discussió en l'àmbit acadèmic i fora d'ell, pel que és obligat referir-s'hi ni que sigui breument. Un cop reconduït el debat, la publicació d'una versió actualitzada el 1991 -en la que es matitzen algunes de les consideracions fetes 20 anys abans, però es manté el nucli de l'argument- va passar més desapercebuda (Meadows et al, 1991).

El missatge central de l'informe és la inviabilitat de l'expansió econòmica continuada en un món finit i la tècnica emprada per mostrar-ho consisteix en la construcció de models numèrics en els que un conjunt de variables operen de manera interrelacionada i serveixen de base pels exercicis de simulació per ordinador. Aquests models generen prediccions sobre l'evolució de cinc variables estratègiques (recursos naturals, població, contaminació, aliments per càpita i producció industrial per càpita), i a partir del seu comportament s'inferixen les conseqüències per la continuïtat del creixement econòmic a nivell global. Pel que fa als recursos no renovables es determina la seva evolució en el temps sobre la base de les reserves probades del 1970 i la taxa de creixement del consum en aquell any. En una primera estimació els resultats indiquen que l'esgotament d'aquests recursos tindria lloc cap a l'any 2025 i això provocaria una interrupció sobtada del creixement. En una segona estimació s'introdueix el supòsit que l'estoc de recursos es pot multiplicar per dos, la qual cosa permet dilatar el col·lapse, però no l'evita. Des d'aquesta perspectiva, l'informe presenta una certa similitud amb els plantejaments de Malthus, i han estat nombroses les

referències a "Els límits del creixement" com a paradigma del neomalthussianisme. Tanmateix, convé assenyalar dues diferències en relació als resultats obtinguts per Malthus. En aquest cas la variable crítica que bloqueja en primer lloc el funcionament del sistema és la disponibilitat de recursos no renovables, no la terra ni la població. I l'efecte no és el confinament del sistema a un estat estacionari sino simplement el col·lapse (que comportaria el retorn a una societat preindustrial).

Les reaccions a l'Informe Meadows van ser immediates. Només un any després de la seva publicació, un grup de científics de diversos àmbits va presentar un contrainforme en el que, amb una visió interdisciplinària, s'emfasitzaven les principals carències d'aquell treball. (Cole et al, 1973). Des d'una òptica estrictament econòmica, Rosenberg (1973 i 1976) i Nordhaus (1973) també han fet palès les limitacions de l'Informe Meadows. Pel que fa a Rosenberg, la principal crítica es refereix al mètode emprat, basat en un determinisme que simplement projecta el passat cap al futur, sense considerar la funció dels mecanismes adaptatius (el mercat i les innovacions tecnològiques, principalment). En aquest sentit, les conclusions que s'obtenen són, simplement, la conseqüència lògica i inevitable del plantejament -erroni- que sustenta el treball. Per la seva part, Nordhaus argumenta que els resultats de les simulacions depenen crucialment de l'especificació del model, i que simples canvis en els supòsits sobre el comportament d'algunes variables alterarien substancialment les prediccions (20).

El mateix Club de Roma publicà un altre informe dos anys després (Meserovic i Pestel, 1974), en part degut a l'àmplia repercusió -i resposta- que havia tingut el primer treball, i en ell s'introdueixen algunes modificacions substancials. El més significatiu és que l'activitat econòmica ja no es considera de manera global i homogènia, sino que s'analitza per 10

(20) Enfront de les desqualificacions que va rebre l'Informe Meadows per les seves prediccions catastrofistes sobre l'evolució de l'activitat econòmica, és significatiu que diversos naturalistes, tot i discrepar del mètode emprat, avalessin les seves implicacions, que consideraven consistents amb els mecanismes que regulen les relacions entre l'activitat econòmica i el medi físic. Odum, que havia expressat idees semblants poc abans (Odum, 1971) constitueix un bon exemple d'aquest posicionament.

àrees diferents. Els resultats també es matitzen. Es manté una elevada probabilitat de col·lapse, però d'abast regional: el seu impacte es limita a les zones superpoblades i amb un dèficit de producció alimentària. A l'hora, se suavitza la importància dels recursos no renovables com a factor desencadenant de la crisi.

En aquest context de convulsions externes, corrents analítiques crítiques i una major conscienciació sobre les limitacions del medi físic, el debat sobre el creixement assoleix una nova perspectiva i es planteja en termes de sostenibilitat. En general s'accepta que el creixement pot ser imprescindible -i sovint, inevitable-, i que l'important és que sigui sostenible. Tanmateix, la qüestió de la sostenibilitat del creixement trascendeix l'àmbit econòmic i adquireix una dimensió més àmplia. La idea de la sostenibilitat s'exten també als efectes del creixement i l'objecte de discussió passa a ser el desenvolupament sostenible, que apareix com un producte de les implicacions de tipus ecològic-biològic en el debat sobre el creixement.

Les primeres formulacions sobre el desenvolupament sostenible tenen lloc en l'àmbit institucional. Així, aquesta idea s'encunya a la Conferència de les Nacions Unides sobre el Medi Ambient del 1972 a Estocolm, es presenta com una necessitat en la reunió de la Unió Internacional per a la Conservació de la Naturalesa i els Recursos Naturals (IUCN) de Glands (Suïssa) el 1980, i s'assumeix com un objectiu i es popularitza en la reunió de la Comissió Mundial pel Medi Ambient i el Desenvolupament mitjançant l'Informe Brundtland (1987). En aquest informe el desenvolupament sostenible es defineix com aquell que permet satisfer les necessitats de les generacions actuals sense que això comprometi que les generacions futures satisfuguin les seves. Formulada en aquests termes, la noció de desenvolupament sostenible no sembla presentar problemes per a la seva acceptació, però com acostuma a succeir amb els conceptes de nova creació, encara s'està lluny del consens sobre les seves conseqüències pràctiques, pel que la concreció d'aquesta idea es manifesta en una diversitat d'opcions (21).

(21) A banda de les múltiples interpretacions que té la idea que acabem d'exposar de desenvolupament sostenible, el mateix concepte s'ha definit de diferents maneres. A tall informatiu, assenyalem que Pezzey (1989) havia identificat en aquell any 68 definicions diferents de desenvolupament sostenible.

Per veure l'abast de la idea de sostenibilitat, el primer que cal considerar són les seves implicacions analítiques en l'àmbit restringit dels recursos naturals. En la teoria econòmica convencional sobre els recursos no renovables l'èmfasi es posa en les condicions que garanteixen l'eficiència en el seu ús. Com ja hem comentat, l'eficiència s'associa amb la maximització del valor actual des del punt de vista social. Aquí es planteja la qüestió de la compatibilitat entre l'eficiència i la sostenibilitat, és a dir, si la gestió eficient d'un recurs garanteix la seva utilització de manera continuada i en les mateixes condicions per les diferents generacions. Hartwick (1977) s'ha referit a aquesta qüestió des de l'òptica neoclàssica, amb una senzilla paràbola que consisteix en imaginar una economia que funciona a partir de l'explotació i consum d'un únic bé, que és un recurs no renovable. En aquest cas la regla bàsica de Hotelling determina les condicions per a una actuació eficient: el preu del recurs, que és l'output de l'economia, hauria d'augmentar a una taxa igual al tipus d'interès. Però això comporta que al llarg del temps l'output disminueixi continuament fins que s'arriba a un nivell de producció (o explotació) nul, pel que clarament les generacions posteriors -àdhuc en el supòsit, bastant restrictiu, que la població es manté constant- empitjoren respecte les que les han precedit. Així, doncs, una estratègia eficient no sembla garantir la sostenibilitat llevat aquell cas en que el tipus d'interès és nul, situació poc freqüent en la realitat. Addicionalment, aquest resultat suggereix que el tipus d'interès juga un paper crucial en l'estratègia d'explotació dels recursos no renovables, aspecte en el que incidirem amb més detall en el proper capítol.

Si l'explotació eficient d'un recurs no necessàriament assegura la sostenibilitat, les desviacions de les trajectòries eficients poden agreujar el problema. És el que succeeix quan la maximització del valor actual en termes privats i socials difereix. Pels recursos no renovables aquesta circumstància s'esdevé, per exemple, quan el tipus d'interès és superior al rendiment net esperat del recurs. En aquest cas l'estratègia òptima des del punt de vista privat consistiria en explotar la totalitat del recurs en el període present, la qual cosa conduiria al seu exhauriment (22). Tot això indica que l'aplicació directa del criteri de la maximització del valor actual es podria trobar en conflicte amb l'assoliment de la sostenibilitat. I aquest conflicte s'accentua quan hom considera les externalitats i incerteses associades a

l'explotació del recurs. Seria el cas, per exemple, de l'impacte negatiu que el seu esgotament podria tenir sobre la producció futura per l'aparició d'uns efectes colaterals que avui són desconeguts i que, per tant, no s'imputen amb els costos que determinen el valor actual.

Les circumstàncies que acabem d'exposar fan que es questioni la idoneïtat del criteri de la maximització del valor actual per determinar l'explotació dels recursos naturals si està present algun objectiu de sostenibilitat. Tanmateix, dificultats addicionals apareixen quan no es considera que la sostenibilitat sigui un objectiu "per se". L'argument que s'addueix és que una actuació que només es basi en aquest principi podria conduir a resultats ineficients (per exemple, degut a un excés de conservació), de manera que disminuïria el benestar assolible (23). Aleshores, davant l'existència de riscos -sempre inevitables- es manté el criteri de la maximització del valor actual introduïnt-hi una ponderació -en termes probabilístics- dels esdeveniments incerts així com dels efectes externs associats a l'explotació del recurs.

Si hom accepta la idea d'algun tipus de sostenibilitat, la qüestió que es planteja és la de la seva concreció. Més enllà de les seves implicacions pel que fa a l'explotació dels recursos naturals, el concepte de sostenibilitat s'aplica a diferents àmbits com són la producció, el creixement econòmic i el desenvolupament, i això dificulta trobar un denominador comú, ja que les conseqüències en cada cas són -o poden ser- diferents. Així, els conceptes de creixement sostenible i de nivell de producció sostenible es poden precisar a partir dels termes convencionals d'equilibri i estabilitat que ja es troben en els models neoclàssics. Però definir el desenvolupament sostenible és més problemàtic, llevat que es restringeixi a la idea rígida de desenvolupament econòmic en sentit estricte, en termes de l'augment de la renda per càpita al llarg del temps (Tisdell, 1990).

(22) Aquesta situació es pot extrapolar -amb alguns matisos- als recursos renovables. Com han mostrat Clark (1976) i Barceló (1987) per les pesqueries i els boscos, l'esgotament del recurs tindria lloc si la seva taxa de creixement és inferior al tipus d'interès.

(23) És el que succeiria quan el tipus d'interès és inferior al rendiment net esperat del recurs.

En general, existeix un cert acord en atorgar a la noció de desenvolupament sostenible una dimensió més àmplia. Barbier (1987) considera que el concepte de desenvolupament sostenible s'ha d'entendre de manera integral, en els sistemes econòmic, ecològic i social. En l'àmbit econòmic, la sostenibilitat requeriria satisfer les necessitats bàsiques, en l'àmbit ecològic, la conservació de la diversitat genètica, i en l'àmbit social, el manteniment de la diversitat cultural i institucional. La qüestió de fons, tanmateix, és determinar els límits de les concessions entre el diferents sistemes (24).

Els aspectes normatius, i especialment el criteri de l'equitat intergeneracional han constituït la base de les diferents formulacions sobre el desenvolupament sostenible, que tenen el seu referent ètic en el principi de justícia de Rawls, al considerar que la sostenibilitat requereix que les generacions futures no empitjorin respecte de les actuals. Pel que fa als recursos naturals, això significa que la seva utilització per la generació present no pot disminuir el benestar de les generacions posteriors. Però com han assenyalat Pearce, Barbier i Markandya (1990) el principi d'equitat intergeneracional no necessàriament està restringit per l'ús d'uns recursos específics. Si es tracta de compensar les generacions futures per la menor disponibilitat de recursos que experimentaran degut a les activitats de les generacions actuals, una major dotació de capital físic (produït) podria ser una garantia de sostenibilitat sempre que aquell substituís les funcions del capital natural. No és casual, en aquest sentit, que la substitució entre recursos naturals i capital produït hagi estat una de les qüestions més debatudes els darrers 20 anys. En el següent capítol s'analitzen les aportacions teòriques que es refereixen a les possibilitats de substitució entre recursos naturals i capital produït en una economia dinàmica. I en el capítol cinquè es comenten els treballs empírics sobre aquesta mateixa qüestió.

(24) Sobre aquesta qüestió, veure Van den Bergh i Van der Straten (1994) i Heyes i Liston-Heyes (1995).

Bibliografia capítol 1.

- Abramovitz, M. (1962). "Comment" (on Schultz), en J.J. Spengler (Ed), Natural Resources and Economic Growth, Resources for the Future, pp. 9-16.
- Amundsen, E.S. (1992). Theorie des Ressources Epuisables et Rente Pétrolière, Economica.
- Ayres, R.V. i Kneese, A.V. (1969). "Production, consumption, and externalities", The American Economic Review, vol 59, pp. 282-297.
- Barbier, E.B. (1987). "The concept of sustainable economic development", Environmental Conservation, vol 14, N° 2, pp. 101-110.
- Barceló, A (1987). "Explotació forestal i propietat privada: conflictes potencials", Anuari de la Societat Catalana d'Economia, vol. 6.
- Boulding, K.E. (1967). "The economics of the coming spaceship earth", en H. Jarret (Ed), Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 3-20. Existeix una versió en castellà: La Economía de la Nave Espacial Tierra, Departament de Publicacions de la Facultat de Ciències Econòmiques de la U.B., 1984.
- Brewer, A. (1992). Richard Cantillon: Pioneer of Economic Theory, Routledge.
- Christensen, P.P. (1989). "Historical roots for ecological economics. Biophysical versus allocative approaches", Ecological Economics, vol 1, pp. 17-36.
- Ciriacy-Wantrup, S.V. (1952). Resource Conservation: Economics and Policies, University of California Press. Existeix una versió en castellà: Conservación de los Recursos, Fondo de Cultura Económica, 1957.
- Clark, C. (1943). The Economics of 1960, McMillan.
- Clark, C.W. (1976). Mathematical Bioeconomics, Johns Wiley & Sons.
- Cole, H.S.D., Freeman, M., Jahoda, M. i Pavitt, K.L.R. (1973). Thinking About the Future, Chatto and Windus for Sussex University Press.
- Crabbé, P.J. (1983). "The contribution of L.C. Gray to the economic theory of exhaustible natural resources and its roots in the history of economic thought", Journal of Environmental Economics and Management, vol 10, pp. 195-220.
- Cummings, R.G. (1969). "Some extensions of the economic theory of exhaustible resources", Western Economic Journal, vol 7, N° 3, pp. 201-210.
- Daly, H.E. (1968). "On economics as a life science", Journal of Political Economy, vol 76, N° 3, pp. 392-405.

- Daly, H.E. (1977). Steady-State Economics: The Economics of Biophysical Equilibrium and Moral Growth, Freeman.
- Daly, H.E. (1979). "Entropy, growth, and the political economy of scarcity", en V.K. Smith (Ed), Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 67-94.
- Daly, H.E. (1980). "The steady-state economy: toward a political economy of biophysical equilibrium and moral growth", en H.E. Daly (Ed), Economics, Ecology, Ethics: Essays Towards a Steady-State Economy, Freeman. Existeix una versió en castellà: Economía, Ecología, Ética, Fondo de Cultura Económica, 1989.
- Devarajan, S. i Fisher, A.C. (1981). "Hotelling's 'Economics of exhaustible resources': fifty years later", Journal of Economic Literature, vol 19, pp. 65-73.
- Fernow, B.E. (1902). Economics of Forestry, T.Y. Crowell & Co.
- Georgescu-Roegen, N. (1966). Analytical Economics, Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). The Entropy Law and the Economic Process, Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1975). "Energy and economic myths", Southern Economic Journal, vol 41, Nº 3. Existeix una versió en castellà: "Energía y mitos económicos", El Trimestre Económico, vol 42, Nº 4, pp. 779-836.
- Georgescu-Roegen, N. (1979). "Comments on the papers by Daly and Stiglitz", en V.K. Smith (Ed), Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 67-94.
- Gordon, R.L. (1967). "A reinterpretation of the pure theory of exhaustion", Journal of Political Economy, vol 32, Nº 3, pp. 319-326.
- Gray, C.L. (1913). "The economic possibilities of conservation", Quarterly Journal of Economics, vol 27, pp. 497-519.
- Gray, C.L. (1914). "Rent under the assumption of exhaustibility", Quarterly Journal of Economics, vol 28, pp. 466-489.
- Harrod, R.F. (1939). "An essay in dynamic theory", Economic Journal, vol 59, pp. 14-33.
- Harrod, R.F. (1948). Towards a Dynamic Economics, McMillan. Existeix una versió en castellà: Hacia una Economía Dinámica: Algunos Desarrollos Recientes de la Teoría Económica y su Aplicación a la Política, Tecnos, 1967.
- Hartwick, J.M. (1977). "Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources", The American Economic Review, vol 67, pp. 972-974.
- Heal, G.M. (Ed) (1993). The Economics of Exhaustible Resources, Edward Elgar.

- Herfindahl, O.C. (1967). "Depletion and economic theory", en M. Gaffney (Ed), Extractive Resources and Taxation, University of Wisconsin Press.
- Heyes, A.G. i Liston-Heyes, C. (1995). "Sustainable resource use: the search for meaning", Energy Policy, vol 23, N° 1, pp. 1-3
- Hotelling, H. (1931). "The economics of exhaustible resources", Journal of Political Economy, vol 39, N° 2 pp. 137-175.
- Huetting, R. (1980). New Scarcity and Growth: More Welfare Through Less Production ?, North Holland.
- Ise, J. (1925). "The theory of value as applied to natural resources", The American Economic Review, vol 15, pp. 284-291.
- Ise, J. (1926). The United States Oil Policy, Yale University Press.
- Jevons, W.S. (1864). The Coal Question: an Enquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal Mines, McMillan.
- Kapp, K.W. (1950). The Social Costs of Private Enterprise, Cambridge, Mass. Existeix una versió en castellà: Los Costes Sociales de la Empresa Privada, Oikos Tau, 1966.
- Kindleberger, C.P. (1965). Economic Development, McGraw-Hill. Existeix una versió en castellà: Desarrollo Económico, Ediciones del Castillo, 1971.
- Koopmans, T.C. (1973). "Ways of looking at future economic growth, resource and energy use", en M.S. Macrakis (Ed), Energy: Demand, Conservation, and Institutional Problems, The M.I.T. Press, pp. 3-15.
- Kurz, H.D. i Salvadori, N. (1995). Theory of Production: A Long-Period Analysis, Cambridge University Press.
- Kuznets, S (1964). "The economic growth of small nations", en E.A.G. Robinson (Ed), Economic Consequences of the Size of Nations. Existeix una versió en castellà: "El crecimiento económico de las naciones pequeñas", en E.A.G. Robinson (Ed), Consecuencias Económicas del Tamaño de las Naciones, Labor, 1971, cap. 2, pp. 39-57.
- Landes, D.S. (1969). The Unbound Prometheus, Cambridge University Press. Existeix una versió en castellà: Progreso Tecnológico y Revolución Industrial, Tecnos, 1979.
- Leontief, W.W. (1951). The Structure of the American Economy 1919-1939, Oxford University Press. Existeix una versió en castellà: La Estructura de la Economía Americana, 1919-1939. Una Aplicación Empírica del Análisis del Equilibrio, J.M. Bosch, 1958.
- Malthus, T.R. (1798). An Essay on the Principle of Population as It Affects the Future Improvement of Mankind. Existeix una versió en català: Un Assaig Sobre el Principi de la Població, Edicions 62, 1985.

- Marshall, A. (1920). Principles of Economics, McMillan. Existeix una versió en castellà: Principios de Economía: un Tratado de Introducción, Aguilar, 1954.
- Martínez Alier, J. (1984). L'Ecologisme i l'Economia: Història d'unes Relacions Amagades, Edicions 62.
- Martínez Alier, J i Schlüpmann, K. (1991). La Ecología y La Economía, Fondo de Cultura Económica.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. i Beherens, W.W. (1972). The Limits to Growth, Universe Books. Existeix una versió en castellà: Los Límites del Crecimiento, Fondo de Cultura Económica, 1972.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L. i Randers, J (1991). Beyond the Limits. Existeix una versió en castellà: Más Allá de los Límites del Crecimiento, El País-Aguilar, 1992.
- Meek, R.L. (1962). The Economics of Physiocracy, Allen & Unwin. Existeix una versió en castellà: La Fisiocracia, Ariel, 1975.
- Mesarovic, M. i Pestel, E. (1974). Mankind at the Turning Point. The Second Report to the Club of Rome, Universe Books. Existeix una versió en castellà: La Humanidad en la Encrucijada, Fondo de Cultura Económica, 1975.
- Metcalfe, J.S. i Steedman, I. (1972). "Reswitching and primary input use", Economic Journal, vol 82, pp. 140-157.
- Mishan, E.J. (1967). Growth: The Price We Pay, Staples Press. Existeix una versió en castellà: Los Costes del Desarrollo Económico, Oikos Tau, 1971.
- Naredo, J.M. (1987). La Economía en Evolución. Historia y Perspectivas de las Categorias Básicas del Pensamiento Económico, Siglo Veintiuno de España Editores.
- Nordhaus, W.D. (1973). "World dynamics-measurement without data", Economic Journal, vol 83, pp. 1156-1183.
- Odum, H.T. (1971). Environment, Power and Society, Wiley-Interscience. Existeix una versió en castellà: Ambiente, Energía y Sociedad, Blume, 1980.
- Parrinelo, S. (1983). "Exhaustible natural resources and the classical method of long period equilibrium", en J.A. Kregel (Ed), Distribution, Effective Demand and International Economic Relations, St. Martin's Press., pp. 186-199.
- Pearce, D.W. , Barbier, E.B. i Markandaya, A. (1990). Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World, Edward Elgar.
- Pezzey, J. (1989). Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development, World Bank Environment Department, Working Paper N° 15.
- Quadrio-Quozio, A. (1967). Rendita e Distribuzione in un Modelo Economico Plurisettoriale, Giuffré, Milà.

- Quadrio-Qurzio, A. (1986). "Technological scarcity: an essay on production and structural change", en M. Baranzini i R. Scazzieri (Eds), Foundations of Economics, Basil Blackwell.
- Quesnay, F. (1974). "Le Tableau Economique" y Otros Estudios Económicos, Ediciones de la Revista de Trabajo.
- Ricardo, D. (1817). On the Principles of Political Economy and Taxation. Existeix una versió en català: Els Principis d'Economic Política i Tributació, Edicions 62, 1984.
- Robinson, T.J.C. (1986). Economic Theories of Exhaustible Resources, Routledge.
- Rosenberg, N. (1973). "Innovative responses to materials shortages", The American Economic Review, vol 63, Nº 2, pp. 111-119. Existeix una versió en castellà: "Respuestas innovadoras a la escasez de materiales", en N. Rosenberg, Tecnología y Economía, Ed. Gustavo Gili, cap. 14, pp. 273-283.
- Rosenberg, N. (1976). Technological Change and Natural Resources: The Niggardliness of Nature Reconsidered, Georgia Technological University, Innovation Project, National Science Foundation. Existeix una versió en castellà: "Innovación tecnológica y recursos naturales: una reconsideración sobre la miseria de la naturaleza", en N. Rosenberg, Tecnología y Economía, Ed. Gustavo Gili, cap. 13, pp. 252-272.
- Schultz, T.W. (1951). "The declining economic importance of agricultural land", Economic Journal, desembre, vol 61, pp. 725-740.
- Schultz, T.W. (1962). "Connections between natural resources and economic growth", en J.J. Spengler (Ed), Natural Resources and Economic Growth, Resources for the Future, pp. 1-9.
- Scott, A.D. (1955). Natural Resources and the Economics of Conservation, University of Toronto Press.
- Scott, A.D. (1967). "The theory of mine under conditions of certainty", en M. Gaffney (Ed), Extractive Resources and Taxation, University of Wisconsin Press, pp. 25-62.
- Smith, A. (1776). An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Existeix una versió en català: Indagació sobre la Naturalesa i les Causes de la Riquesa de les Nacions (2 vols), Edicions 62, 1991.
- Smith, V.L. (1968). "Economics of production from natural resources", The American Economic Review, vol 58, Nº 3, pp. 409-431.
- Solow, R.M. (1956). "A contribution to the theory of economic growth", Quarterly Journal of Economics, vol 70, pp. 65-94.
- Sraffa, P. (1960). The Production of Commodities by Means of Commodities: Prelude to a Critique of Economic Theory, Cambridge University Press. Existeix una versió en català: Producció de Mercaderies per Mitjà de Mercaderies: Premises a una Crítica de la Teoria Econòmica, Edicions 62, 1985.

- The World Comision on Environment and Development (1987). Our Common Future, (The Bruntland Report), Oxford University Press. Existeix una versió en castellà: Nuestro Futuro Común, Alianza Editorial, 1988.
- Tisdell, C.A. (1990). Natural Resources, Growth and Development: Ecology and Resource Scarcity, Praeger.
- Van den Bergh, J. i Van der Straten, J. (1994). Toward Sustainable Development: Concepts, Methods and Policy, Island Press.
- Von Neumann, J. (1945). "A model of general equilibrium", Review of Economic Studies, vol 13, pp. 1-9.
- Von Thünen, J.H. (1826). Versió en anglès: Isolated State, Pergamon Press, 1966.

Capítol 2.

ELS RECURSOS NO RENOVABLES EN LA TEORIA ECONÒMICA CONVENCIONAL.

2. ELS RECURSOS NO RENOVABLES EN LA TEORIA ECONÒMICA CONVENCIONAL.

2.1. L'eficiència en l'explotació dels recursos no renovables.

La teoria convencional dels recursos no renovables és, amb diferència, la que ha rebut més atenció pels economistes acadèmics i la que presenta un major nombre de contribucions i un nivell de formalització més elevat. Aquesta teoria es nodreix dels plantejaments conceptuals i metodològics de Gray i Hotelling i se centra en dues qüestions. D'una banda, l'explotació eficient dels recursos. D'altra part, l'optimitat en l'ús ⁽²⁵⁾.

La primera qüestió, que és la que es considera a continuació, se situa en el marc de l'anàlisi parcial de la microeconomia, que pren com a referència la noció d'equilibri, i es desenvolupa a partir de dos interrogants. En primer lloc, quines condicions caracteritzen l'explotació eficient dels recursos no renovables (entesa com la que maximitza el valor actual social). I en segon lloc, de quina manera s'alteren els resultats quan existeixen ineficiències, tot mantenint el supòsit sobre el comportament optimitzador dels agents..

Per desenvolupar l'anàlisi en termes d'eficiència considerem, d'entrada, el cas més simple, que correspon a una situació perfectament competitiva. El primer que cal remarcar -com ja va suggerir Gray- és que la introducció dels recursos no renovables en l'anàlisi microeconòmica comporta una modificació en la condició general d'eficiència estàtica. La condició

(25) L'objectiu d'aquest capítol és exposar els principals resultats de la teoria neoclàssica dels recursos no renovables a partir dels plantejaments que li són propis, sense entrar a valorar "per se" aquest enfocament. Una valoració crítica de la teoria neoclàssica dels recursos no renovables des de la perspectiva analítica -que no dels resultats- es pot trobar a Roca (1991).

d'eficiència habitual (aplicable als béns reproduïbles), que estableix la igualació del preu al cost marginal, es modifica i esdevé $P_t = C' + \text{renda d'escassedat}$, com a conseqüència d'imputar el cost d'oportunitat intertemporal degut a la no reproductibilitat del recurs natural. Això significa que en una actuació eficient la quantitat extreta d'un recurs no renovable serà inferior i el seu preu superior que si aquest bé fos reproduïble.

Tanmateix, el problema de l'assignació dels recursos no renovables és per naturalesa dinàmic, ja que aquests béns es poden utilitzar de manera discrecional al llarg del temps, i això requereix adaptar la idea d'eficiència a les noves circumstàncies. L'explotació eficient s'associa amb aquella que maximitza el valor actual social net del recurs i les condicions d'eficiència depenen de les situacions concretes que es plantejen. Des d'aquesta perspectiva, el principal objectiu de la teoria econòmica convencional des de l'aportació de Hotelling ha consistit precisament en determinar les característiques de les trajectòries eficients en diverses circumstàncies que hom pot trobar raonablement en el món real.

Hotelling va analitzar inicialment una situació perfectament competitiva en la que els costos marginals d'extracció són constants (en el cas extrem, nuls) i va mostrar que la solució d'equilibri eficient requeria que el preu net o renda d'escassedat del recurs natural (és a dir, la diferència entre el preu de mercat i els costos marginals d'extracció) augmentés al mateix ritme que el tipus d'interès. Si es negligeixen totalment els costos d'extracció, aleshores és el preu de mercat del recurs natural (que en aquest cas coincideix amb el preu net o renda d'escassedat) el que ha d'augmentar al tipus d'interès: $\dot{P}_t = r$. Aquest resultat té una implicació important que afecta la doble dimensió, de flux i d'estoc, dels recursos no renovables.

La dimensió flux ve donada per la demanda d'aquests recursos com a inputs en la producció, que depèn -com en la resta de factors- de la seva contribució a l'output i que s'associa a la productivitat marginal. En canvi, la dimensió estoc fa referència al valor dels recursos com actius que ofereixen una determinada rendibilitat, ja que els agents esperen que -degut a la no renovabilitat- experimentin una revalorització al llarg del temps, que es manifestarà en forma de preus més elevats en el futur. I aquesta expectativa és la que fa que en el moment actual no s'exploti aquella quantitat del recurs que iguala el preu al cost marginal -com succeiria amb els béns reproduïbles- i que es restringeixi l'extracció posposant-se

una part pel futur. És a dir, els recursos no renovables -per les seves característiques- ofereixen a llurs propietaris la perspectiva d'uns guanys de capital. En una situació d'equilibri competitiu, el rendiment que proporcionen tots els actius d'una economia ha de ser el mateix, de manera que no existeixin incentius per dur a terme transaccions entre ells. Com la rendibilitat dels actius d'una economia s'associa al tipus d'interès (o taxa de retorn del capital), la revalorització (expressada en forma de guanys de capital) al llarg del temps d'un recurs no renovable -en equilibri- ha d'augmentar precisament a una taxa igual al tipus d'interès. Aquest guany de capital ve donat pel preu net del recurs, que és la diferència entre el preu de venda i el cost d'extracció. L'aspecte rellevant és que l'equilibri en el mercat d'actius també comporta un equilibri de fluxes en el mercat de recursos naturals com a inputs productius, ja que si el preu net augmenta al mateix ritme que el tipus d'interès, els propietaris del recurs seran indiferents entre la seva extracció o la seva conservació, pel que l'explotació del recurs s'ajusta perfectament a la demanda i el mercat de recursos naturals com a inputs productius es buïda. Així, doncs, en una situació d'equilibri competitiu, el preu del recurs ve donat per la interacció de l'oferta i la demanda, mentre que la seva taxa d'augment està determinada pel mercat de capitals.

Els supòsits en que es basen els resultats anteriors corresponen a situacions ideals, pel que l'àmbit de la seva aplicabilitat és quelcom limitada. L'interès d'aquests resultats rau essencialment en que proporcionen una referència comparativa per aquelles situacions més properes a la realitat (26). Per això, després de la contribució de Hotelling, els desenvolupaments teòrics s'han orientat cap a l'anàlisi de situacions més generals, de les que la situació prèvia seria un cas particular.

(26) Això no exclou la possibilitat que en el món real apareguin situacions consistentes amb algun dels supòsits en que es basa aquest model. Certament, pel que fa a l'estructura de mercat no es massa freqüent trobar configuracions de tipus competitiu en l'explotació dels recursos no renovables. En canvi, l'existència de costos d'extracció estables a uns nivells molt baixos no és inusual. És el cas, per exemple, de l'explotació de petroli en els països del Golf Pèrsic. En els jaciments d'aquesta regió els costos són negligibles en comparació amb el preu del petroli en brut, i a més, es mantenen pràcticament constants en períodes de temps bastant llargs.

Les primeres extensions del model bàsic de Hotelling mantenen l'anàlisi dins de la competència perfecta però relaxen els supòsits sobre els costos d'extracció. En aquest sentit Heal (1976) i Solow i Wan (1976) reprenen els plantejaments que havien iniciat Gordon i Cummings i presenten una variant del model bàsic en una línia que després ha tingut continuïtat en Farzin (1992). Es tracta de determinar quines són les condicions d'eficiència en l'explotació quan existeix una tecnologia alternativa amb un cost fix a partir d'un cert preu del recurs no renovable i els costos d'extracció augmenten amb la quantitat extreta del recurs, circumstància que es pot associar a les majors dificultats per accedir a unitats addicionals del recurs així que l'explotació progressa o a la disminució de la qualitat dels dipòsits. Això significa que existeixen rendiments decreixents en l'extracció: cada vegada s'han d'emprar més factors productius per obtenir una unitat del recurs. En aquestes circumstàncies, l'estratègia actual d'extracció afecta els costos futurs (la intensificació de l'explotació avui comporta uns costos més elevats demà) i el comportament de les principals variables (renda d'escassedat i preu de mercat) diferirà del cas anterior.

La trajectòria eficient dels preus requereix d'una condició necessària i d'un altra de suficient. La condició necessària és que el preu augmenti a un ritme que és una ponderació del tipus d'interès i de la taxa de variació del cost marginal d'extracció, sent les ponderacions les participacions de la renda d'escassedat i del cost en el preu. Tanmateix, aquesta evolució dels preus no garanteix per ella mateixa l'eficiència. Els preus efectius podrien ser tan elevats que la demanda del recurs fos nul·la abans del seu esgotament físic (i fora ineficient no utilitzar el recurs en la seva totalitat). La condició que cal afegir és que el recurs s'ha d'explotar íntegrament. L'establiment d'un sostre al preu del recurs no renovable obliga, doncs, a que en el moment d'iniciar l'explotació el preu del recurs sigui l'adequat, car de no ser així tindrà lloc un esgotament massa ràpid del recurs o bé la inutilització d'una part del seu estoc. Pel que fa a la renda d'escassedat, la trajectòria eficient comporta que aquella augmenti a un ritme superior al tipus d'interès, i la diferència vindria donada per l'increment en els costos marginals d'extracció en el futur com a conseqüència d'haver extret una unitat addicional del recurs avui.

En la situació que acabem d'exposar convé contemplar la possibilitat que els costos marginals d'extracció disminueixin en alguna fase de l'explotació del recurs. Dasgupta (1991) considera com el cas més habitual aquell en que els costos presenten una forma d'U. La raó és que guanys d'eficiència en l'extracció (per exemple, per l'aprenentatge per l'ús o per innovacions en el procés) permeten reduir els costos en els primers períodes, però aquestes millores tenen un límit i quan el jaciment esdevé de difícil accés els costos experimenten un augment així que l'explotació progressa. D'altra banda, en absència de descobriments, la renda d'escassetat presenta una evolució creixent, ja que l'efecte estoc sempre és positiu (la quantitat disponible del recurs disminueix continuament). Com ja hem comentat, la trajectòria eficient dels preus està determinada per la magnitud dels efectes dels costos i de l'escassetat. Així, si en els primers períodes la disminució dels costos és bastant accentuada, el seu impacte pot compensar l'augment de la renda d'escassetat i els preus experimentaran una disminució. Però al final, uns costos i una renda d'escassetat en augment fan que els preus també s'incrementin, amb el resultat que la seva trajectòria pot presentar igualment una forma d'U. Diversos autors consideren que aquesta evolució dels preus és la que regeix per la majoria de recursos no renovables. En el capítol 4 hi tornarem a incidir des de la vessant aplicada.

Un altra extensió del model bàsic és la que considera l'heterogeneïtat dels recursos no renovables i incorpora el fet que els dipòsits habitualment varien pel que fa a la seva qualitat i accessibilitat. Aquesta circumstància constitueix la base de l'explicació de la renda diferencial, que després va derivar cap a la idea de renda d'escassetat. Però malgrat la seva importància, ha estat un dels aspectes menys estudiats per la teoria convencional.

Quan s'introdueix l'heterogeneïtat dels recursos, la trajectòria eficient d'explotació pot diferir sensiblement de la que en resulta d'explotar un estoc homogeni. La nova trajectòria ha d'identificar dos aspectes. D'una banda, la taxa agregada d'extracció i els preus corresponents. I d'altra part, l'ordre de l'extracció dels dipòsits. Un factor que influeix directament en les característiques de la nova trajectòria és la variabilitat en la qualitat dels jaciments. La primera temptativa en aquest àmbit correspon a Herfindahl (1967), que estudià el problema de l'ordenació de l'explotació de diversos dipòsits de reserves conegudes i costos

d'extracció constants però diferents per cada dipòsit. Els resultats obtinguts per Herfindahl són consistents amb la versió ricardiana, de manera que l'actuació eficient és la que segueix l'ordre de la qualitat decreixent, pel que els jaciments de cost més baix seran els primers d'explotar-se. Aquest resultat és similar al que obté Solow de manera intuïtiva en el seu conegut article divulgatiu sobre l'economia dels recursos no renovables (Solow, 1974a).

En una línia complementària, Robson (1979) analitza quina seria la pauta d'explotació quan existeixen dipòsits de reserves desconegudes -suposant negligibles els costos d'extracció-, exercici que du a terme pel cas més simple. Robson mostra que si existeixen dos dipòsits, un de reserves conegudes i un altre de reserves desconegudes, el resultat eficient exigeix esgotar totalment el jaciment de grandària desconeguda abans de començar l'explotació del dipòsit de grandària coneguda.

2.2. Fonts d'ineficiència.

Les anàlisi que hem exposat fins ara se situen en un marc certament limitatiu, tot i que la regla de Hotelling modificada s'obté introduïnt uns supòsits que doten el model d'una major versemblança en relació al plantejament inicial. Les condicions, tanmateix, són encara quelcom restrictives, al referir-se a una situació de competència perfecta. El pas següent és, doncs, determinar que succeeix quan ens trobem amb imperfeccions en el mercat, amb el resultat que les trajectòries efectives es desvien de les que serien eficients. Les imperfeccions responen a dos factors (que sovint actuen de manera interrelacionada, bé que per simplicitat els exposarem de manera separada). D'una banda, la presència d'estructures de mercat diferents de la competència pura, i especialment les configuracions monopòliques i oligopòliques, consubstancials en l'explotació de molts recursos no renovables. I d'altra part, l'existència de "irregularitats" en els mateixos mercats d'aquests recursos. És el cas de la informació incompleta (que comporta incertesa i risc), les situacions de desequilibri, la intervenció pública i les externalitats.

2.2.1. Estructures de mercat no competitives.

L'anàlisi de les estructures no competitives en l'extracció dels recursos no renovables ja es troba en l'article de Hotelling, que va anticipar alguns dels resultats que es demostrarien formalment en els anys 70. En aquesta línia, les principals contribucions que completen l'aportació inicial corresponen a Stiglitz (1976), Sweeney (1977), Gilbert (1978) i Heal (1978), que estenen l'anàlisi de Hotelling referit al monopoli a una diversitat de situacions de poder de mercat.

Hotelling va mostrar, mitjançant un exemple numèric, que en presència d'un monopoli la trajectòria de preus que maximitza els beneficis es desvia de la trajectòria ideal de competència perfecta, i per tant, reflecteix una actuació no eficient socialment. Les anàlisi que es desenvolupen en la dècada dels 70 per part de Stiglitz i Heal i introdueixen una primera qualificació a aquesta idea i mostren que el resultat obtingut per Hotelling és un cas particular d'una situació més general. En aquest sentit, un factor clau per explicar les trajectòries monopòliques és el comportament de l'elasticitat de la demanda. En el cas d'un monopolista pur, la maximització de beneficis s'assoleix quan en cada període s'extreu aquella quantitat del recurs que garanteix que la taxa de variació de l'ingrés marginal s'iguali al tipus d'interès.

Com que $IMg = P\left(1 + \frac{1}{E_d}\right)$, si l'elasticitat de la demanda és constant, l'ingrés marginal és proporcional al preu i la taxa de variació d'aquest s'iguali al tipus d'interès. En aquestes circumstàncies, l'existència d'un monopoli no comporta un ús ineficient del recurs, car la trajectòria temporal del preu seria la mateixa que en el cas competitiu (27).

Un resultat diferent té lloc quan l'elasticitat de la demanda canvia al llarg del temps, situació que es presenta amb major asiduitat. El cas més habitual és aquell en el que l'elasticitat augmenta així que també ho fa el preu del recurs (és a dir, la demanda esdevé més elàstica a preus alts que a preus baixos, la qual cosa pot estar afavorida per l'existència de substituïts del recurs a partir d'un cert nivell de preus). En aquest cas, la maximització de beneficis per part del monopolista comporta que els preus del recurs augmentin a una taxa inferior al tipus d'interès: la trajectòria dels preus es trobarà per sobre de la de competència

perfecta en la fase inicial i per sota d'ella en la fase final, pel que el recurs s'exhaureix en un període de temps més dilatat. Així, té lloc un excés de conservacionisme al començament, quan el recurs s'explota a un ritme més lent (degut a uns preus més elevats), mentre que després la taxa d'explotació s'accelera (quan els preus són més baixos en relació a la situació competitiva). Es tracta, doncs, d'una assignació ineficient, però que permet allargar la vida útil del recurs i que reflecteix l'anomenada "paradoxa de Solow", qui assenyala que el monopolista era el millor amic del conservacionista (28).

El resultat contrari té lloc quan l'elasticitat de la demanda és més elevada a preus baixos que a preus alts, la qual cosa podria indicar la disponibilitat de substituïts d'un recurs no renovable a preus baixos i la inexistència d'alternatives a preus elevats, un cop exhaurits els recursos substituïts. En aquesta situació la trajectòria de preus que maximitza els beneficis d'un monopolista es caracteritzaria per que en els primers períodes els preus serien inferiors als preus competitius, però la seva taxa d'augment seria superior: el monopolista manté els preus en línia amb els dels recursos alternatius en la fase inicial, i un cop aquests recursos s'han exhaurit utilitza el poder de mercat per fixar uns preus superiors als de competència perfecta. En aquest cas, doncs, la presència d'un monopoli comportaria esgotar el recurs més ràpidament, la qual cosa desmenteix que el poder de mercat condueixi sempre a una major preservació del recurs (Heal, 1978).

Un altre escenari rellevant és l'existència d'un càrtel juntament amb un grup de productors marginals que operen en situació de competència i que prenen com a donat el preu que fixa el càrtel. En aquest cas l'anàlisi esdevé més complexa i la trajectòria temporal dels

(27) Aquesta no és una situació imaginària. Seria el cas d'un recurs que és un input poc costós però essencial per algun procés productiu, pel que no existeixen substituïts -ni es previsible que n'apareguin a curt/mig termini- en l'interval habitual del seu preu i amb una producció molt concentrada en uns pocs països. Un exemple: el crom en la fabricació d'acer inoxidable, que s'obté gairebé en la seva totalitat dels jaciments de Rússia i la República de Sudàfrica.

(28) Aquest resultat és precisament el que mitjançant un exemple numèric va obtenir Hotelling i donà lloc a la creença que els monopolis afavorien "per se" la preservació dels recursos no renovables.

preus depèn del comportament dels costos d'extracció del càrtel i dels productors marginals. Els treballs de Sweeney i Gilbert mostren que quan els costos dels productors marginals són superiors als de les empreses del càrtel -situació habitual-, el resultat més freqüent són trajectòries semblants a les dels monopolis que s'enfronten a una demanda d'elasticitat creixent, i per tant, té lloc una explotació excessivament lenta del recurs, sense que s'arribi a resultats eficients. D'aquí se'n deriva una conclusió important, i és que com aquesta configuració és bastant habitual pels recursos no renovables, l'esgotament de molts d'aquests recursos apareix com un esdeveniment més llunyà en el temps del que ho seria en una situació competitiva. Diferents anàlisi empíriques -que es comenten en el capítol següent- corroboren aquest resultat.

Un altra possibilitat és l'explotació del recurs natural en presència d'un càrtel amb una oferta marginal competitiva quan existeix un recurs alternatiu en quantitat il·limitada a un cost fix però bastant elevat per els estàndards actuals. En aquest cas l'interès del càrtel és que no s'arribi a implementar la tecnologia alternativa. La trajectòria temporal del preu que maximitza els beneficis del càrtel es caracteritza per un primer període en que la taxa de variació del preu és aquella que permet que l'ingrés marginal augmenti a un ritme igual al tipus d'interès. I un segon període en el que el preu del recurs se situa just per sota del nivell al que la tecnologia alternativa esdevé econòmica. En aquesta situació, implementar una estratègia per reduir el preu del recurs alternatiu (per exemple, a través de la RiD) no modifica la situació de les empreses que la duen a terme, ja que el càrtel pot reaccionar i situar el preu del recurs no renovable a un nivell inferior. Així, al ser nul el benefici privat és improbable que aquella estratègia arribi a materialitzar-se. En canvi, el benefici social d'aquesta actuació (en termes d'excedent del consumidor) pot ser elevat, ja que comporta una disminució del preu del recurs no renovable al llarg de la seva vida útil. Es per això que sovint s'utilitza aquesta possibilitat com un argument en favor de la intervenció pública -mitjançant subsidis- en la recerca i desenvolupament (RiD), ja que en situacions de poder de mercat pot afavorir un ús menys ineficient dels recursos no renovables (Heal, 1978).

2.2.2. Altres imperfeccions (diferents de l'estructura de mercat).

- Incertesa i risc.

Aquests dos factors són consubstancials en els sectors de recursos no renovables, àmbit en el que assoleixen una major importància que en altres activitats. Les empreses que exploten els recursos tenen una informació incompleta sobre l'estoc total dels mateixos, així com del ritme dels nous descobriments i del moment en que aquests es materialitzaran. D'altra banda, també es desconeix com evolucionarà la demanda futura. Però el factor que reflecteix de manera més clara la incertesa associada a l'explotació dels recursos no renovables és l'eventual aparició de substituïts, que podria alterar substancialment el comportament del sector. Una qüestió crucial és, doncs, determinar en quin moment es materialitzarà aquesta possibilitat, tenint en compte que quan més elevada és la probabilitat d'obtenir un recurs alternatiu major és el risc de mantenir l'estoc del recurs que ja s'utilitza (subjecte a una eventual desvalorització). En aquest sentit, un primer indicador per aproximar la data d'introducció d'un substituït en el mercat és l'esforç en RiD esmerçat per les empreses.

Dasgupta i Stiglitz (1976) consideren les conseqüències de l'aparició d'un substituït quan existeix incertesa sobre la data de la seva introducció en el mercat i les empreses són neutrals al risc. En aquestes circumstàncies mostren que l'equilibri intertemporal comporta una modificació simple de la regla de Hotelling i ve donat per la següent desigualtat:

$$r_t \leq \dot{P}_t / P_t \leq r_t + \vartheta$$

sent ϑ la probabilitat de disposar d'un substituït en el moment T . Aquesta desigualtat indica que en una trajectòria eficient el preu del recurs ha d'augmentar a una taxa superior al tipus d'interès i el factor addicional d'augment estaria delimitat per la probabilitat assignada a l'aparició del recurs substitutiu. La raó és que un cop obtingut el substituït, el recurs que s'utilitzava perd part o la totalitat del seu valor econòmic. Així, si perd una part del seu valor s'acompleix la desigualtat, mentre que si el perd tot, s'ha d'acomplir que

$$\dot{P}_t / P_t = r + \vartheta$$

i la prima de risc assoleix el valor màxim perquè les empreses que exploten el recurs estarien en el pitjor dels escenaris. Aquesta prima és, doncs, el complement imprescindible per que les empreses tinguin un incentiu per mantenir el recurs davant l'eventualitat de fortes pèrdues de capital, i s'ha d'entendre com una compensació als propietaris del recurs pel risc assumit.

Pel que fa al ritme d'explotació, la nova trajectòria pot estar associada indistintament a una taxa més lenta o més ràpida que la que se'n derivaria d'una situació sense incertesa. Això es deu a l'actuació de dues forces oposades. D'una banda, l'incentiu que existeix per explotar el recurs més ràpidament, ja que es desvaloritzarà quan aparegui el substitut. Però d'altra part, també s'han de ponderar les conseqüències d'esgotar el recurs abans de que s'obtingui el substitut, especialment si es tracta d'un recurs essencial. Dasgupta i Stiglitz mostren que la pauta d'extracció depèn directament de l'estoc inicial del recurs. Si la dotació inicial és gran domina el primer factor i la taxa d'explotació serà més ràpida que amb informació perfecta. En sentit invers, si la dotació inicial és petita dominarà el segon aspecte i el ritme d'extracció serà més lent.

Un altre tipus d'incertesa consubstancial a l'explotació dels recursos no renovables es refereix a la versemblança de la informació disponible sobre l'estoc (grandària dels dipòsits, costos d'extracció). En aquest punt una de les principals qüestions que es plantejen és si es pot generar informació sobre l'estoc sense haver de perforar els jaciments (circumstància que sol comportar uns costos previs de desenvolupament bastant elevats).

Gilbert analitza les implicacions d'aquesta situació des d'una doble perspectiva. En primer lloc, la impossibilitat d'obtenir la informació sense extreure el recurs (Gilbert, 1976a), i mostra que en aquest cas l'estratègia eficient d'explotació ve donada pel que anomena "estratègia del cost de reserva", idea que es basa en l'existència d'un nivell crític pels costos d'extracció del recurs. Així, si un cop perforat el jaciment s'observa que els costos d'extracció superen un cert límit, l'explotació quedaria posposada pel futur, mentre que el recurs s'extrauria si els costos efectius són inferiors als costos crítics. El nivell crític òptim dels costos d'extracció és endogen al model i varia amb el temps així que s'exploten els dipòsits

de menor qualitat. El principal resultat és que en condicions còmpetitives l'actuació de les empreses maximitzadores determina una trajectòria eficient d'exploració i extracció.

La segona possibilitat és que sigui factible generar informació sobre els diferents dipòsits sense haver-los de perforar. En aquest cas Gilbert (1976b) mostra que si l'obtenció de la informació -imprescindible per determinar la taxa adequada d'explotació- té un cost, les empreses que operen en un marc competitiu, en general no assignen de manera eficient la inversió en aquest tipus d'informació, circumstància que s'atribueix a les externalitats existents en el mateix procés d'obtenció de la informació (29). Quan existeix aquest tipus d'incertesa té lloc una subinversió en la generació d'informació, de la que en resulta una taxa d'explotació menor que la que seria eficient pel valor mitjà de l'estoc del recurs.

La incertesa que s'origina pel desconeixement de la demanda futura ha estat estudiada per Weinstein i Zeckhauser (1975), que mostren que l'obtenció d'una trajectòria eficient depèn de l'actitud envers el risc dels propietaris del recurs i de la naturalesa de la incertesa. Aquí es presenten dues possibilitats. En primer lloc, que tots els propietaris del recurs siguin neutrals al risc i coincideixin en la naturalesa de la incertesa. En aquest cas el seu objectiu serà maximitzar el valor esperat dels beneficis, estratègia que condueix a un resultat eficient. L'altra possibilitat sorgeix quan els propietaris del recurs tenen aversió al risc i no existeix acord sobre la naturalesa de la incertesa. En aquesta situació les empreses intentaran minimitzar la variança dels beneficis esperats, i en conseqüència, explotaran el recurs a una taxa excessivament ràpida. És a dir, estaran disposades a sacrificar una part d'eventuals beneficis futurs a canvi d'evitar el risc -ni que sigui mínim- de les pèrdues que tindrien lloc si per qualsevol motiu la demanda futura davalla i una part de l'estoc del recurs no s'arriba a explotar.

(29) Per exemple, les dificultats -sovint impossibilitat- d'apropiar-se de la informació per part de les empreses que han suportat un cost per generar-la. En determinades circumstàncies, aquesta situació també afectaria a l'activitat de RiD.

La incertesa també es manifesta en relació a l'exploració i els efectes dels descobriments sobre el ritme d'utilització del recurs. Els descobriments incideixen sobre la trajectòria eficient dels preus per una doble via. D'una banda, per que alteren l'equilibri present, ja que desencadenen una reacció que té uns efectes que es manifesten en el mateix període. I d'altra part, per que aquests canvis en el moment actual alteren les expectatives sobre el futur (per exemple, sobre els preus futurs) i això, addicionalment, torna a canviar les pautes de comportament en el present, modificant-se la trajectòria inicial dels preus.

Així, un descobriment no anticipat pot alterar les condicions de l'oferta actual, al augmentar l'estoc disponible del recurs natural. Un primer efecte de la nova situació serà una reducció en el preu actual del recurs, però a l'hora també es revisaran les expectatives sobre els preus futurs, que s'estimaran inferiors. En aquest cas, per evitar pèrdues futures de capital, els propietaris augmentaran la producció en el present, la qual cosa pressiona addicionalment a la baixa els preus efectius. El resultat d'aquesta situació seria, doncs, una davallada sobtada en el preu del recurs -la magnitud de la qual vindria donada per la importància del descobriment- i la configuració d'un altra trajectòria partint del nou preu de referència (procés que es repetiria cada vegada que tingués lloc un descobriment). Es convenient remarcar que després d'aquest descobriment no anticipat els preus eficients han d'augmentar a un ritme superior al que ho farien si el descobriment s'anticipés, i per tant, es dil·luís el factor de risc. La raó és que davant de situacions d'incertesa sobre la grandària de l'estoc, els propietaris del recurs prenen com a referència uns preus esperats més elevats per compensar el risc d'una eventual davallada dels preus efectius (30). Una darrera conseqüència és que si els fenòmens no anticipats es repeteixen sovint i tenen una certa magnitud, la trajectòria eficient dels preus tindrà una forma de dents de serra que pot generar una tendència decreixent a llarg termini.

En l'exposició prèvia, al referir-nos als descobriments de nous dipòsits hem suposat que aquells tenien un caràcter exogen (es tracta de descobriments no anticipats). Tanmateix, els descobriments són el resultat de l'activitat finalista que és l'exploració, i de manera més precisa, dels recursos que s'hi esmercin, a l'igual que succeeix amb la RiD. Així, doncs, la incertesa sobre l'estoc del recurs és en realitat una conseqüència de la incertesa sobre el resultat de l'exploració per un costat i de la RiD per l'altre. Per la seva part, la inversió en

exploració -a l'igual que l'activitat de RiD- depèn de diversos factors, com la disponibilitat del recurs en relació a les necessitats presents i futures i l'evolució dels costos d'extracció.

Quan els costos augmenten, les empreses intentaran apaivagar els seus efectes, i dues maneres de fer-ho són la inversió en exploració per descobrir nous dipòsits i la inversió en RiD per obtenir recursos alternatius. Si els costos d'extracció s'incrementen així que l'exploració progressa, l'exploració, en la mesura que comporta descobriments que augmenten la disponibilitat del recurs, es pot tractar com una activitat que redueix els costos d'extracció, i això permet identificar una funció que relacioni l'evolució dels costos d'extracció amb l'exploració: la idea és que una major exploració redueix aquests costos. Però d'altra banda, l'exploració també comporta uns costos directes addicionals per a l'empresa, pel que aquesta ha de ponderar els beneficis de la reducció dels costos d'extracció amb els costos afegits de l'exploració. Pindyck (1978) ha establert la condició per a l'assignació eficient de la inversió en exploració, que consisteix en dur a terme aquesta activitat fins el punt en que el cost de descobrir una unitat addicional del recurs iguali el valor que tindria aquesta unitat del recurs sense explotar (i que ve donat per la renda d'escassetat).

L'aspecte més rellevant de l'exploració és que pot compensar els efectes d'una extracció continuada sobre el preu del recurs. Si els resultats de l'exploració són favorables -i el mateix podria aplicar-se a la RiD que es tradueix en algun tipus d'innovació- la pressió a l'alça que els costos d'extracció exerceixen sobre el preu del recurs podria esmorteir-se considerablement, i àdhuc, anul·lar-se en la seva totalitat, amb el resultat d'una senda de preus decreixent. Des d'aquesta perspectiva, la trajectòria eficient dels preus dels recursos no renovables està condicionada per l'acció simultània de diversos factors (extracció, descobriment i canvi tecnològic). I gairebé totes les opcions hi tenen cabuda, des d'una evolució en forma d'U fins a trajectòries creixents o decreixents (monòtones o amb discontinuïtats). El resultat final dependrà de la importància relativa d'aquests factors en cada moment.

(30) Aquesta raó és substancialment la mateixa que quan es considera la possibilitat d'un canvi tecnològic no anticipat que té com a conseqüència reduir la demanda del recurs, i en el cas extrem, la seva substitució. L'argument de Dasgupta i Stiglitz que hem exposat anteriorment és extrapolable al tipus d'incertesa que ve donada pels descobriments no anticipats.

- Situacions de desequilibri.

L'ànalisi convencional dels recursos no renovables assumeix implícitament que els mercats estan en equilibri i que les situacions de desequilibri -per exemple, degudes a un xoc extern- només tenen un caràcter transitori, assolint-se de manera automàtica una nova senda de preus d'equilibri. En realitat això és possible si existeixen mercats de futurs i de riscos que permetin la formació d'expectatives consistents (sobre els preus futurs) per part dels agents que intervenen en el mercat. L'existència d'aquests mercats faria possible que esdeveniments inesperats -cas d'un descobriment important que augmenti sensiblement l'estoc, un avenç tecnològic fonamental que faciliti la substitució entre recursos o una modificació en el grau de poder de mercat- no es tradueixin en una inestabilitat permanent. Tanmateix, la carència d'aquests mercats fa que sovint les situacions d'incertesa condueixin a resultats ineficients (que es manifesten en una explotació excessivament ràpida o lenta del recurs) i inestables (és a dir, a situacions en les que té lloc una retroalimentació de la desviació inicial que pot desembocar en un desequilibri permanent).

Per cobrir el buit dels mercats de futurs i de riscos els agents han de recórrer a la formació d'expectatives sobre els preus. I com les decisions presents es basen en les expectatives futures, la forma com els agents construeixen aquestes expectatives ha adquirit una rellevància especial ja que a partir d'elles intentaran anticipar-se als esdeveniments futurs, i amb la seva actuació present -basada en les expectatives- determinen que els mercats mantinguin l'estabilitat o estiguin sotmesos a fortes fluctuacions en el temps.

La teoria econòmica distingeix dos mètodes per a la formació de les expectatives. El primer és el de les expectatives adaptatives, que es basa en l'extrapolació dels preus passats cap el futur relacionant la taxa de variació dels preus amb l'excés de demanda. El segon mètode és el de les expectatives racionals i consisteix en fer prediccions a partir de tota la informació rellevant que pugui afectar els preus futurs (per exemple, la previsible tendència de la demanda, la possibilitat de nous descobriments, la evolució esperada de la tecnologia), que es tracta en termes probabilístics.

Stiglitz (1974a) considera les implicacions de la formació de les expectatives de manera adaptativa en l'explotació dels recursos no renovables. El punt de partida és una situació

d'equilibri intertemporal que es veu alterada per un xoc exogen, com a conseqüència del qual els productors creuen que en els períodes següents la taxa de variació dels preus serà superior al tipus d'interès. En aquestes circumstàncies les empreses anticipen guanys de capital i tendiran a mantenir l'estoc del recurs, per la qual cosa la producció s'atura (situació ideal) o, simplement, es ralentitza, ja que les empreses s'enfronten a uns costos fixos (situació normal). En qualsevol cas, el resultat és un excés de demanda, que provoca un augment del preu corrent i reforça les expectatives d'una taxa de variació futura dels preus superior al tipus d'interès. Això, al seu torn, convenç els productors que la millor estratègia és el manteniment del recurs i fa que en la pràctica la taxa d'augment dels preus superi el tipus d'interès. En aquest cas, Stiglitz mostra que el nou equilibri de llarg termini es caracteritza només per una variació en el nivell o valor absolut del preu sense modificar-se la seva taxa d'augment.

El mateix Stiglitz analitza una situació similar en la que les expectatives es formen de manera racional. Aquí el xoc exogen que provoca l'expectativa d'uns preus més elevats en el futur condueix a un augment en els preus de manera immediata, però sense que es modifiqui la seva taxa de variació en el temps. En aquest cas els agents creuen que els recursos no renovables són un actiu relativament més rendible i intensificaran la seva demanda. En conseqüència, el preu s'incrementarà fins al punt que no existeixin expectatives de futurs augments, assolint-se ràpidament un nou equilibri estable de llarg termini.

Des de la perspectiva neoclàssica, la formació d'expectatives juga un paper de primer ordre per comprendre el comportament -sovint inexplicable- dels mercats de recursos naturals, fins al punt que en moltes ocasions les acusades inestabilitats dels preus a curt/mig termini s'atribueixen a la presència d'expectatives adaptatives. Un factor decisiu per determinar les característiques de la trajectòria dels preus és l'elasticitat de les expectatives, que mesura la variació porcentage esperada en els preus futurs com a conseqüència d'una variació no anticipada dels preus actuals. Es pot mostrar amb l'ajut d'un senzill exemple numèric que si l'elasticitat de les expectatives és igual o inferior a la unitat, la trajectòria dels preus garanteix una solució d'equilibri eficient. En canvi, si el valor d'aquesta elasticitat supera la unitat, la trajectòria efectiva dels preus dels recursos s'allunya cada vegada més de la trajectòria eficient i en resulta una situació de desequilibri permanent.

- Efectes externs.

Un dels resultats clau de la teoria econòmica de les externalitats és que en presència d'aquests efectes, els mercats, en general, no assignen els recursos de manera eficient. Moltes vegades això es deu a la mateixa inexistència dels mercats, davant la impossibilitat material de definir els drets de propietat. I en d'altres ocasions, a les insuficiències institucionals per acotar aquests drets, tot i que el seu establiment fos tècnicament viable.

Aquesta consideració és important perquè els efectes externs són consubstancials tant a l'explotació com a l'ús dels recursos no renovables i la forma més habitual de manifestar-se és mitjançant l'impacte mediambiental (emissions contaminants, etc). Tanmateix, les primeres anàlisi en aquesta línia incidien en una problemàtica diferent, la de la propietat comú (Smith, 1968; Dasgupta i Heal, 1979). En aquest sentit, una situació interessant és la que tenia lloc en els inicis de l'explotació petrolera com a conseqüència de l'entorn en que es desenvolupava aquesta activitat (31).

Fins a mitjan dels 80 la teoria econòmica convencional del medi ambient i dels recursos naturals havien tingut una evolució paral·lela, sense considerar les interrelacions existents entre aquests dos àmbits. Durant aquesta dècada s'intensifiquen les anàlisi que consideren de manera conjunta l'explotació dels recursos no renovables i les seves conseqüències mediambientals, incorporant en el marc de la teoria neoclàssica els plantejaments que Ayres, Kneese d'Arge i Kogiku havien desenvolupat uns anys abans. I el primer objectiu dels nous models ha estat determinar de quina manera s'alteren els resultats previs (en termes de trajectòries eficients) quan s'incorporen els efectes externs associats a l'explotació i l'ús dels recursos no renovables.

(31) En els inicis de l'explotació petrolera l'assignació de llicències d'explotació per perforar territoris molt propers provocava un efecte extern addicional a l'impacte mediambiental habitual, doncs moltes vegades el jaciment tenia una unitat geològica, el que en la pràctica dificultava l'assignació de drets de propietat individuals en el subsol. En conseqüència, la perforació d'un jaciment per part d'una empresa podia comportar una minva en el petroli disponible per altres empreses, pel que aquest recurs estava sotmès a les pressions pròpies del lliure accés. I com predeu la teoria, en molts casos, la conseqüència n'era la sobreexplotació, amb un ús clarament ineficient del seu estoc.

La majoria d'aquestes anàlisi s'han desenvolupat a nivell agregat i adopten dues modalitats. D'una banda, la que considera que els efectes mediambientals deguts a l'explotació i l'ús dels recursos no renovables tenen lloc pel costat de la producció. I d'altra part, aquella que situa l'efecte de les externalitats pel costat de les preferències (o utilitat) dels consumidors.

Heal (1984) analitza la incidència dels efectes externs sobre el nivell d'activitat econòmica a llarg termini a partir d'un model del primer tipus, en el que els recursos no renovables són inputs que s'incorporen en la producció de béns de capital i de consum. Aquestes externalitats, al seu torn, es manifesten per una doble via. En primer lloc, generen un impacte directe -que és el que es considera habitualment. Però també creen una incertesa sobre les possibilitats futures de creixement, ja que en algun moment del temps els efectes acumulatius de l'extracció i l'ús dels recursos no renovables es traduïran en una davallada de la producció. El resultat que obté Heal és que precisament degut a la incertesa, la taxa d'extracció dels recursos no renovables en presència d'efectes externs és menor que en aquella situació en la que no existeixen impactes mediambientals, de manera que s'allarga la vida útil de l'estoc.

La situació en que la l'explotació dels recursos naturals afecta l'economia pel costat de les preferències dels consumidors ha estat considerada per Krautkraemer (1985), qui presenta un marc teòric per analitzar la connexió entre l'ús d'un recurs no renovable com a input productiu i la provisió de serveis mediambientals (de tipus recreatiu, per exemple) per part del mateix recurs (32). Això planteja una disjuntiva sobre l'assignació d'aquest recurs, ja que s'ha d'optar per a la seva utilització com a flux o com a estoc. Aquest dilema està associat a un conflicte de tipus pràctic, doncs la utilització del recurs per la via consumptiva, com a input productiu, comporta la disminució del seu estoc, i en conseqüència, afecta la seva capacitat per proveir serveis mediambientals (la qual cosa, al seu torn, implica un menor valor d'aquests serveis). Per aquest motiu l'extracció acumulada s'incorpora a la funció d'uti-

(32) Podria ser el cas d'un jaciment de carbó situat sota un paratge natural.

litat dels consumidors de manera negativa, mentre que l'estoc remanent del recurs ho fa de manera positiva (a l'igual que el consum). La qüestió específica que adreça Krautkraemer és si la multifuncionalitat dels serveis que pot proporcionar un recurs no renovable és suficient per garantir que una quantitat del recurs es conservi de manera indefinida. Com els serveis mediambientals que proporcionen els entorns protegits augmenten el cost d'oportunitat d'extreure el recurs, el valor recreatiu de l'entorn mediambiental condueix a una major conservació del seu estoc, pel que el preu inicial és més elevat i la seva taxa d'augment és menor que si no existissin valors recreatius.

Withagen (1994) planteja una qüestió complementària a la que havia formulat Krautkraemer, i enlloc de determinar les condicions per la preservació d'un recurs no renovable que també proporciona serveis mediambientals, enfronta el problema de la exhauribilitat del recurs en presència d'externalitats negatives derivades de la seva utilització. Els resultats obtinguts se situen en la mateixa línia de les conclusions de Krautkraemer i es confirma que els nivells eficients de producció seran menors que en absència d'externalitats. El més significatiu, tanmateix, és que aquest resultat es manté independentment del nivell inicial de pol·lució: tan aviat com els efectes externs es perceben de manera negativa -o potencialment negativa- la producció i el consum comencen a disminuir.

Finalment, Heal (1991) discuteix els efectes sobre l'entorn que es deuen a l'ús continuat dels combustibles fòssils, partint de la idea que les emissions -acumulatives- de CO₂ són proporcionals a la quantitat -també acumulativa- de recursos extrets. En aquest sentit, fa seva la idea que la principal conseqüència mediambiental de les emissions de CO₂ podria ser un canvi irreversible en l'estat de l'atmosfera. Com els efectes sobre l'atmosfera de l'acumulació de CO₂ encara són objecte de discussió científica, l'anàlisi es desenvolupa en un marc d'incertesa i risc en relació a la possibilitat de provocar el canvi climàtic irreversible. En aquest context, Heal mostra que la possibilitat creixent d'aquesta alteració al llarg del temps comporta que l'explotació eficient dels recursos sigui més lenta que la que té lloc quan no existeixen efectes externs sobre el medi ambient, un resultat consistent amb els que s'obtenen en els casos anteriors en circumstàncies quelcom diferents pel que fa a la presència d'externalitats.

- Aspectes institucionals.

Els mercats no funcionen en el buit o en les condicions ideals que pressuposen alguns models. Sovint estan subjectes a diferents intervencions administratives que modulen el seu resultat, i per tant, l'eficiència amb que duen a terme la funció assignativa. La intervenció externa és habitual en el cas dels sectors que exploten recursos no renovables, ja sigui mitjançant l'establiment d'impostos, la concessió de subsidis, la fixació de preus, o simplement, la regulació de la seva activitat (Mason, 1973).

L'impacte d'un impost sobre l'explotació dels recursos no renovables ha estat estudiat per Dasgupta, Heal i Stiglitz (1980), que estenen a un major nombre de situacions l'anàlisi inicial de Herfindahl sobre aquesta qüestió. El principal resultat que obtenen és que en l'explotació dels recursos no renovables els impostos actuen d'una manera similar a un augment dels costos mitjans: la nova trajectòria d'equilibri intertemporal es caracteritza per un preu inicial més elevat que sense intervenció i un preu final més baix, mentre que la renda d'escassetat inicial es redueix. En aquest cas el període necessari per assolir el preu màxim s'allarga i la producció es desplaça cap al futur, afavorint-se la conservació del recurs. En sentit invers, la concessió de subsidis a l'explotació -que actuaria com una disminució dels costos mitjans- tindria l'efecte contrari i acceleraria l'explotació del recurs.

La fixació de preus també té una incidència directa en l'ús dels recursos no renovables i pot conduir a resultats ineficients. Ja hem vist que en la situació més simple -que es pot utilitzar com a referència per escatir aquesta qüestió-, una trajectòria eficient comporta que la renda d'escassetat del recurs -que en aquest cas coincideix amb el preu-augmenti de manera monòtona quan l'extracció progressa, l'estoc disminueix i el recurs esdevé més escàs. Però la fixació de preus altera aquesta pauta, ja que anul·la la renda d'escassetat i converteix els recursos no renovables en béns normals. Així, els propietaris del recurs, davant la perspectiva de no obtenir una rendibilitat futura per la seva conservació, optaran per intensificar l'explotació, que tindrà lloc fins que els costos marginals d'extracció s'igualin al preu (Lewis i Slade, 1985).

La primera conseqüència de l'establiment de preus màxims és, doncs, l'abandonament de l'explotació abans de l'exhauriment de l'estoc, un resultat clarament ineficient. Però, a més,

això té conseqüències en el procés de transició. En el cas que la tecnologia alternativa ja estigui disponible en el moment d'interrompre's l'explotació, tindrà lloc un salt brusc en la trajectòria dels preus, quina magnitud vindria donada per la diferència entre el preu de la tecnologia alternativa i el preu (regulat) del recurs no renovable. D'altra banda, si la tecnologia alternativa encara no està disponible, en la pràctica l'impacte de la ineficiència serà més elevat.

Resultats igualment ineficients poden ser una conseqüència d'altres tipus d'intervenció en el sector de recursos no renovables. La concessió de permisos per a l'explotació ha estat una de les formes habituals de regulació i sovint aquestes actuacions fan la inversió en prospecció de recursos més atractiva del que s'esdevindria sense la intervenció. Altres conseqüències de les concessions són la intensificació de l'extracció per damunt de la que seria eficient, especialment en situacions de poder de mercat, i un esforç d'exploració que també depassa l'òptim. En la mateixa línia, el tractament especial d'algunes activitats de recursos no renovables penalitza altres activitats que són més intensives en capital i comporten un risc més elevat (Stiglitz, 1975).

Un altre efecte de la intervenció administrativa és la possible alteració en l'ordre d'explotació requerida dels diferents dipòsits per assolir un resultat eficient. Com ha assenyalat Brannon (1975), de vegades la intervenció comporta que els jaciments d'un cost més elevat s'hagin de perforar -si més no, de manera parcial- abans que els dipòsits més favorables, vulnerant el principi de que els dipòsits haurien de ser explotats en ordre de qualitat decreixent (33).

(33) Una pràctica habitual d'intervenció administrativa (especialment als Estats Units) ha estat l'aplicació de l'anomenada "clàusula de diligència". Aquest mecanisme exigeix algun desenvolupament del dipòsit durant un període immediat a la concessió de l'explotació (normalment els primers cinc anys). Llavors, les empreses es veuen obligades a explotar un jaciments que d'altra manera potser romandrien inutilitzats a l'espera de futurs augments dels preus.

2.3. L'optimalitat en l'explotació dels recursos no renovables.

Fins ara hem analitzat la teoria neoclàssica per a l'explotació dels recursos no renovables des de l'òptica de l'eficiència. L'èmfasi s'ha posat en les condicions que garanteixen un resultat eficient i en les causes que desvien les trajectòries efectives de les ideals. La ineficiència en l'ús dels recursos comporta el seu malbaratament, i a partir d'aquí es justifica la necessitat de canviar a una senda eficient d'explotació. D'aquesta manera augmentaria el benestar obtingut amb una determinada dotació de recursos, i en conseqüència, es podria millorar la situació de la generació actual i les generacions futures.

Dintre de l'anàlisi convencional, la qüestió de l'optimalitat en l'ús dels recursos no renovables es planteja des d'una perspectiva diferent. Admetent que l'explotació té lloc d'una manera eficient, el que cal escatir és quina de les possibles trajectòries eficients s'esculleix. Dit d'un altra manera, com distribuir al llarg del temps l'output màxim produïble amb una determinada dotació de recursos. Això comporta decidir a quina generació es millora i a costa de quina altra, ja que admesa l'eficiència, tota millora en la generació actual es fa en detriment de les generacions futures (i el mateix es podria aplicar en sentit invers). Des d'aquesta perspectiva, per decidir sobre l'optimalitat en l'ús dels recursos no renovables és necessari considerar judicis de valor, i per tant, introduir en l'anàlisi elements normatius. Així, a mesura que es modifiquen els criteris ètics també ho fan les trajectòries "òptimes" que han estat generades precisament a partir d'aquests criteris.

Una qüestió prèvia objecte de debat és la utilitat del mercat per assolir una trajectòria òptima prefixada. En aquest punt, existeix un cert consens que el mercat, per ell mateix, no garanteix l'optimalitat. Això s'explica pel fet que les assignacions prèvies del mercat han determinat -almenys parcialment- la distribució de la renda actual i futura. I aquesta distribució, al seu torn, condiciona el resultat concret que aconsegueix el mercat en cada període (en el benentès que aquest resultat sigui, a la seva vegada, eficient). Com ha assenyalat Page (1977), el mercat només pot conduir a un resultat eficient acceptat com a òptim si la distribució de la renda és l'apropiada per aquesta finalitat. En la pràctica, doncs, no està garantit que sense la intervenció es pugui assolir un resultat òptim. En aquest context, la teoria

convencional s'ha centrat en les característiques de les trajectòries d'explotació òptimes dels recursos no renovables en diferents circumstàncies.

El primer aspecte que cal tenir en compte és que l'explotació eficient dels recursos no renovables és un objectiu intermedi que serveix a un altre de finalista: obtenir el major volum d'output produïble per maximitzar el benestar al llarg del temps. L'elecció de la trajectòria òptima comporta escollir de quina manera s'assoleix aquest objectiu final. Dues observacions són pertinents al respecte. La primera és que en els plantejaments neoclàssics el benestar d'una generació no es deriva directament de la seva disponibilitat de recursos no renovables -especialment si hom exclou la seva funció mediambiental o recreativa-, sino de les possibilitats de consum per càpita. I en la determinació de l'output, i per tant, del nivell de benestar, intervenen diversos factors productius. És clar que una major dotació de recursos naturals implica, "ceteris paribus", un major potencial de benestar; però aquest també es podria assolir amb un estoc de capital físic superior, una tecnologia més avançada i una menor població. En aquesta línia, Stiglitz (1979) descarta explícitament la divisió -que considera simplista- de l'assignació dels recursos naturals entre la generació actual i les generacions futures. Si el que es planteja és com distribuïr (maximitzar) el benestar al llarg del temps, les opcions són diverses. Una possibilitat consisteix en utilitzar els recursos naturals per part de la generació present per accelerar l'acumulació de capital i afavorir la innovació tecnològica. En aquest cas el resultat seria una menor disponibilitat de recursos per a les generacions futures, però aquestes podrien gaudir d'una major dotació de capital físic i coneixements per augmentar el seu nivell de vida. Per això el centre d'atenció de l'anàlisi rau en les possibilitats de substitució entre diferents inputs productius, i és a partir d'aquí que adquireix rellevància el debat sobre el desenvolupament sostenible en el marc neoclàssic (34).

La segona consideració incideix en l'àmbit de l'ètica i és la ponderació del benestar atribuït a cada generació. Aquest és un aspecte consubstancial a totes les formulacions econòmiques d'optimització dinàmica des dels seus inicis. En termes pràctics, el principal problema és la determinació de la taxa de descompte, ja que diferents taxes de descompte comporten ponderacions diferents a la distribució intergeneracional del benestar. Llavors el que cal

escatir són els objectius normatius. Per exemple, si es pretén la igualtat del benestar de les diferents generacions, si la generació actual ha d'estalviar i invertir una part de l'output per millorar les generacions futures, com considerar el fet que la població augmenta al llarg del temps, etc.

Un cop formulada la qüestió en aquests termes, la determinació de la taxa òptima en l'ús dels recursos no renovables passa a formar part d'un objectiu més ampli, que és el del creixement òptim, entès com aquell que maximitza el benestar al llarg del temps. La primera incursió en aquest àmbit correspon a Ramsey (1928), i d'ella en són deutores les aportacions que apareixen els anys 70 i que introdueixen els recursos no renovables en els models convencionals de creixement. En aquests models l'objectiu és maximitzar per un determinat horitzó temporal (finit o infinit) el valor actual del consum (o més concretament, de la seva utilitat). En general, se suposa que la distribució intergeneracional del benestar segueix les mateixes pautes per totes les generacions, de manera que cada individu té idèntiques preferències i reb un percentatge similar de la renda corrent. Així es pot obtenir el "total de benestar" d'una generació, que es pondera pel factor de descompte aplicat a la susdita generació (35).

(34) Baumol (1986) va més enllà i argumenta que en realitat els recursos no renovables presenten al llarg del temps un creixement continuat. La raó és que degut a les innovacions, l'eficiència en l'ús d'aquests recursos es cada vegada més gran. Segons Baumol, la millora continuada de la contribució dels recursos naturals en termes dels serveis que proporcionen és el que permet la possibilitat d'un creixement indefinit malgrat la disminució en el seu estoc.

(35) Els criteris que s'utilitzen en aquesta ponderació reflecteixen els judicis de valor, però cal pensar que existeixen alguns elements que justifiquen la seva elecció, entre els que no són aliens les pròpies condicions econòmiques en el moment de prendre la decissió. Un argument general per justificar una taxa de descompte positiva -cas més habitual- és la rendibilitat esperada del capital invertit avui, que se suposa positiva. Com la generació present sacrifica per a les generacions futures la part de l'output que destina a inversió, es considera que la taxa de retorn del capital es pot utilitzar com a un referent de la taxa de descompte. I com en determinades circumstàncies (cas d'una situació d'equilibri en el mercat de capitals), la taxa de retorn del capital equival al tipus d'interès, aquest s'associa igualment a la taxa de descompte.

La maximització del valor actual del consum està subjecte a tres tipus de restriccions. En primer lloc, l'estoc existent del recurs -que se suposa conegut- acota l'output assolible, i per tant, el benestar (ad més que el recurs és essencial, que és la situació més habitual). En segon lloc, l'output no es pot consumir en la seva totalitat: una part s'ha d'invertir per mantenir o augmentar l'estoc existent de capital. I en tercer lloc, els nivells de consum tenen un límit inferior i l'ús del recurs i l'estoc de capital no poden ser negatius. A partir d'aquest plantejament, els resultats varien segons determinades especificacions addicionals. En concret, l'evolució de la població (constant o creixent), l'horitzó temporal considerat (finit o infinit) i el valor de la taxa de descompte (positiu o nul). Els diferents models es distingeixen essencialment per l'ús que fan d'aquestes variables.

Dasgupta i Heal (1974) presenten un model formal de producció utilitzant funcions del tipus CES (elasticitat de substitució constant) amb població estable, una taxa de descompte positiva i l'horitzó temporal infinit. Els inputs són, d'una banda, els recursos no renovables, i d'altra part, els béns produïts en forma de capital. Llavors s'ha de determinar conjuntament la taxa òptima d'utilització dels recursos i la taxa òptima d'acumulació de capital, el que implícitament significa determinar la taxa òptima de substitució entre els recursos no renovables i el capital. D'aquesta manera el model de Dasgupta i Heal incorpora les restriccions en la dotació de recursos no renovables sobre el creixement, que dependran de les possibilitats de substitució entre aquests recursos i el capital.

Un dels resultats clau és que si l'elasticitat de substitució entre el capital i els recursos no renovables és superior a la unitat, l'economia podria mantenir un nivell de producció i consum constant al llarg del temps. I el mateix succeeix si l'elasticitat de substitució entre capital i recursos és igual a la unitat i l'elasticitat de l'output respecte al capital és major que l'elasticitat de l'output respecte dels recursos no renovables. Aquest resultat també és extensible als models que de manera pràcticament simultània desenvoluparen Stiglitz i Solow. En el cas concret que plantegen Dasgupta i Heal, es mostra que el consum per càpita generalment augmenta al començament per després disminuir de manera continuada. A més, si el recurs és essencial -insubstituïble en l'activitat econòmica-, el criteri òptim és explotar un percentatge constant de l'estoc en cada període, el que significa que en aquest

cas l'optimalitat comporta no esgotar el recurs. D'altra banda -i aquest és un aspecte crucial-, el percentatge que s'explota està directament relacionat amb la taxa de descompte, de manera que quan més elevada és aquesta (és a dir, menor ponderació s'atorga a les generacions futures), major és la part del recurs que s'extreu, més elevat el consum actual i menor el consum futur, que disminueix en relació inversa a la taxa de descompte. Així, si la taxa de descompte fos nul·la, la influència de la productivitat del capital possibilitaria que el consum per càpita augmentés continuament. Aquest resultat revela la importància de la taxa de descompte: l'economia es podria trobar en una ruta "òptima", però si la taxa de descompte és positiva -encara que la tecnologia i la dotació inicial de recursos permetessin un nivell constant de renda per càpita o un nivell de benestar creixent-, el consum per càpita a llarg termini disminuïria continuament degut a l'ús que es fa dels recursos no renovables. En canvi, si la taxa de descompte és nul·la, en una ruta òptima el consum per càpita és positiu i creixent al llarg del temps.

En la mateixa línia, Stiglitz (1974b) analitza un altre cas en el que el consum per càpita creix amb el temps al llarg de la trajectòria òptima. Stiglitz presenta un model amb una funció de producció del tipus Cobb-Douglas en el que la població augmenta de manera exponencial en un horitzó temporal infinit. En aquesta situació la condició necessària per mantenir un nivell no decreixent de consum al llarg del temps és que la suma dels efectes del progrés tècnic i les economies d'escala en la producció han de ser suficientment grans per compensar l'augment de la demanda de recursos naturals deguda a l'expansió de la població. A l'igual que Dasgupta i Heal, Stiglitz mostra com l'elecció de la taxa de descompte afecta la trajectòria òptima. Així, si la taxa de descompte és elevada en relació a la taxa de progrés tècnic, llavors més elàstica és la utilitat marginal del consum i menor és la taxa òptima d'explotació del recurs. És interessant observar que aquest resultat contradiu la lògica que una taxa de descompte més elevada implica una major utilització del recurs.

Per la seva part, Solow (1974b) parteix d'un model que incorpora una funció de producció Cobb-Douglas sense canvi tecnològic, amb població constant i considera un horitzó temporal infinit. El principal element diferencial és que introdueix el criteri ètic rawlsià convencional "max-min" en l'àmbit intertemporal, que significa maximitzar el benestar de la generació més pobre (equidat intergeneracional). Això implica que el consum per càpita de cada

generació sigui el mateix perquè ningú estigui afavorit respecte dels altres. En aquestes circumstàncies, Solow mostra que el nivell màxim assolible de consum per càpita que es pot mantenir constant depèn directament de la grandària de l'estoc de capital inicial. Cada generació inverteix la quantitat necessària de l'output per generar l'estoc de capital requerit per substituir els recursos que han estat utilitzats, i això és suficient per mantenir la producció estable al llarg del temps, ja que en una funció del tipus Cobb-Douglas l'elasticitat de substitució entre capital i recursos naturals és igual a la unitat. Aquest resultat contrasta amb els del model de Dasgupta i Heal, en que amb una taxa de descompte nul·la el consum per càpita podia augmentar indefinidament. En aquest cas la taxa d'utilització dels recursos no renovables era més lenta, doncs no s'establien límits a l'acumulació de capital per part de cap generació. En conseqüència, en les primeres generacions podrien empitjorar relativament si decidissin invertir una part considerable de llur producció, la qual cosa permetria augmentar el nivell de vida de les generacions posteriors.

Els diferents models de creixement amb recursos no renovables que hem considerat determinen les trajectòries òptimes en diferents situacions -com reflecteixen els supòsits de cada model- consistents amb un entorn d'eficiència. Tanmateix, abans ja hem vist que les circumstàncies que garanteixen un resultat eficient són bastant restrictives i que difícilment tenen lloc en la realitat. Així, doncs, la presència d'imperficcions modifica els resultats inicials i el que ara interessa determinar són les condicions que garanteixen l'optimalitat en la nova situació.

Des d'aquesta perspectiva, l'aspecte més rellevant és la incertesa sobre la disponibilitat de recursos no renovables, doncs aquesta disponibilitat afecta directament el seu ús, i a través d'ell, a les possibilitats de creixement d'una economia. La incertesa sobre la dotació de recursos es manifesta de diverses formes, que a efectes pràctics es poden reduir al desco-neixement sobre l'evolució futura de la tecnologia. El model de Dasgupta i Heal solventa aquesta eventualitat introduïnt una tecnologia alternativa en un futur indeterminat. Stiglitz, per la seva part, també elimina el factor d'incertesa al especificar una funció de producció amb progrés tècnic exogen. En canvi, Solow adopta una posició més cauta i considera el progrés tècnic nul. Suzuki (1976) relaxa aquest supòsit i explora directament les

implicacions del progrés tècnic sobre les possibilitats de creixement. Amb un model similar al de Solow, la qüestió que planteja és si mitjançant un programa de RiD és possible generar un progrés tècnic prou ràpid que estalviï l'ús de recursos naturals per permetre el creixement en el sentit de Solow. En aquest cas Suzuki mostra que el creixement sostingut és possible si l'elasticitat de l'output amb relació a la inversió acumulada en RiD és superior a la suma de l'elasticitat de l'output respecte al capital i el recurs natural.

La idea que el progrés tècnic permet augmentar la dotació de recursos naturals està associat a l'esforç en RiD permet plantejar la qüestió en termes probabilístics, defugint el caràcter exogen de les innovacions. Dasgupta, Heal i Majudmar (1976) avancen en aquesta línia i presenten un model en el que es determina de manera simultània la taxa òptima d'utilització del recurs natural, d'acumulació de capital i de les despeses de RiD.

En aquest model s'incorpora l'esforç incremental en la RiD. L'activitat de RiD, al seu torn, és consumidora de recursos, pel que disminueix la quantia de l'output disponible tant pel consum com per a la inversió. Però al mateix temps, l'esforç esmerçat en RiD augmenta la probabilitat d'èxit en l'obtenció d'una tecnologia alternativa que esmorteixi la dependència de l'activitat econòmica d'un estoc fix de recursos no renovables (36). En aquestes circumstàncies, la solució òptima presenta alguns trets singulars. Un tret rellevant és que quan una part de l'output agregat s'inverteix en RiD, el valor marginal esperat d'utilitzar l'output per a RiD ha d'ésser igual al valor marginal esperat en el seu ús alternatiu, és a dir, en la inversió directament productiva.

D'altra banda, l'esforç en RiD no necessàriament ha de començar en el moment d'iniciar-se l'explotació del recurs, ni tampoc ha de seguir un ritme creixent fins que s'obtingui la tecnologia alternativa o el substitut. L'element clau per determinar l'inici de la RiD i el moment en

(36) Convé assenyalar que en aquest model se suposa implícitament que la RiD no pot generar resultats imprevisibles, és a dir, que les característiques dels desenvolupaments tecnològics futurs es poden anticipar. Això també implica que no es consideren els beneficis més generals que es poden deure a la recerca bàsica i a l'aprenentatge per l'ús.

que aquesta assoleix el valor màxim és la grandària inicial del recurs. Intuitivament, la raó és clara. Com la inversió actual en RiD comporta un sacrifici per a la generació present en termes del consum de l'output no realitzat, si l'estoc inicial del recurs és suficientment gran, una estratègia òptima demoraria l'inici de la RiD per evitar un cost innecessari a les generacions actuals. En aquest sentit, Kamien i Schwartz (1978) obtenen un resultat complementari al de Dasgupta, Heal i Majudmar, i mostren que l'estratègia òptima consisteix en ajornar la RiD per obtenir una tecnologia alternativa fins el moment en que l'estoc de capital sigui prou gran i l'estoc del recurs natural hagi disminuït suficientment per que s'iguali el valor marginal esperat de l'esforç en la RiD amb el valor marginal d'utilitzacions alternatives de l'output agregat.

Acabem de veure que per assolir una trajectòria òptima de creixement en presència de recursos no renovables cal superar les mateixes restriccions que poden conduir a resultats ineficients, i que aquestes trajectòries es modifiquen quan existeixen imperfeccions. Tanmateix, la determinació d'una solució òptima està subjecta, "per se", a una "irregularitat", que ve donada per la impossibilitat que totes les generacions afectades puguin expressar les seves preferències: com les generacions futures no ho poden fer són les generacions actuals les que decideixen per elles. Aquesta circumstància reflecteix el caràcter intrínsecament normatiu dels plantejaments basats en l'optimalitat i connecta amb una qüestió directament relacionada amb la del creixement òptim: la sostenibilitat del creixement. Com ja hem exposat en el capítol anterior la introducció de la idea de sostenibilitat és precisament una temptativa per incorporar les preferències de les generacions futures en l'anàlisi econòmica.

Un resultat general dels models de creixement en els que els recursos no renovables són inputs productius és que existeix un nivell de consum per càpita que es pot mantenir indefinidament. La raó és que l'acumulació de capital al llarg del temps permet compensar els efectes negatius de la disminució de l'estoc de recursos sobre el consum. Però els resultats d'aquests models també assenyalen la possibilitat que el consum per càpita disminueixi en el llarg termini si la taxa de descompte és positiva degut a l'ús que es fa dels recursos naturals. I per diferents motius en una economia de mercat cal esperar que la taxa de

descompte sigui superior a zero ⁽³⁶⁾. Clarament, en aquest cas la maximització del benestar agregat és incompatible amb el manteniment del consum intergeneracional, i per tant, es presenta un conflicte entre l'optimalitat i la sostenibilitat. Això significa que l'assoliment de la sostenibilitat precisa d'algun criteri normatiu addicional que la faci compatible amb l'optimalitat. En aquest sentit s'albiren diverses opcions. Una d'elles és simplement considerar una taxa de descompte nul·la. Però pels recursos no renovables això és simplement inviable, ja que aquests recursos són inputs essencials en l'activitat econòmica, pel que els processos productius no es poden dur a terme sense consumir-ne una part. Existeix una segona possibilitat: mantenir un estoc agregat de capital (capital produït més recursos naturals) constant, de manera que l'explotació dels recursos es compensi amb una major dotació de capital físic perquè el benestar per càpita no disminueixi. Hartwick (1977) mostra que una taxa de descompte positiva és compatible amb un nivell de consum per càpita constant sempre que la totalitat de la renda d'escassedat del recurs es dediqui a la inversió, i aquesta estratègia condueix precisament a un estoc de capital agregat constant. En la pràctica, però, això depèn de les possibilitats de substitució entre capital i recursos no renovables (Gómez, 1993), pel que novament el tipus de relació entre els inputs productius apareix determinant per assolir una optimalitat sostenible. Aquesta és una qüestió essencialment empírica que es considera en el capítol cinquè.

(37) La principal raó és l'existència d'un tipus d'interès positiu (veure nota 35).

Bibliografia Capítol 2.

- Baumol, W.J. (1986). "On the possibility of continuing expansion of finite resources", *Kyklos*, vol 39, fasc 2, pp. 167-179.
- Branon, G.M. (Ed) (1975). *Studies in Tax Energy Policy*, Ballinger. Publishing Co.
- Dasgupta, P.S. (1991). "Exhaustible resources", en L. Friday i R. Laskey (Eds), *The Fragile Environment. New Approaches to Global Problems*, Cambridge University Press, pp. 107-126..
- Dasgupta, P.S. i Heal, G.M. (1974). "The optimal depletion of exhaustible resources", *Review of Economic Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, vol 42, pp. 3-28.
- Dasgupta, P.S. i Heal, G.M. (1979). *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press.
- Dasgupta, P.S., Heal, G.M. i Majumdar, M. (1976), "Resource depletion and research and development", en M. Intriligator (Ed), *Frontiers of Quantitative Economics*, III B, North-Holland Publishing Co, pp. 483-505.
- Dasgupta, P.S., Heal, G.M. i Stiglitz, J.E. (1980). "The taxation of exhaustible resources", en G.A. Hughes i G.M. Heal (Eds), *Public Policy and the Tax System: Essays in Honour of James Meade*, George Allen & Unwin, pp. 150-172.
- Dasgupta, P.S. i Stiglitz, J.E. (1976). *Uncertainty and the Rate of Extraction Under Alternative Institutional Arrangements*, Technical Report N° 178. Economic Series, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University.
- Farzin, Y.H. (1992). "The time path of scarcity rent in the theory of exhaustible resources", *Economic Journal*, vol 102, pp. 813-830.
- Gilbert, J.R. (1976a). *Search Strategies for Non-Renewable Resource Deposits*, Technical Report N° 178. Economic Series, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University.
- Gilbert, J.R. (1976b). *Optimal Depletion of an Uncertain Stock*, Technical Report N° 207. Economic Series, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University.
- Gilbert, R.J. (1978). "Dominant firm pricing policy in a market for an exhaustible resource", *Bell Journal of Economics*, vol 9, N° 1, pp. 385-395.
- Gómez, C.M. (1993). "Desarrollo sostenible y gestión eficiente de los recursos naturales", en D. Azqueta (Ed), *Análisis Económico y Gestión de Recursos Naturales*, Alianza Editorial, pp. 73-100.

- Hartwick, J.M. (1977). "Intergenerational equity and the investing rents from exhaustible resources", *The American Economic Review*, vol 67, pp. 972-974.
- Heal, G.M. (1976). "The relationship between price and extraction cost for a resource with a backstop technology", *Bell Journal of Economics*, vol 7, pp. 371-378.
- Heal, G.M. (1978). "Resource prices and resource scarcity", en *Proceedings of the Wisconsin Seminar on Natural Resource Policies in Relation to Economic Development and International Cooperation*, vol 1. Madison: Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin.
- Heal, G.M. (1984). "Interaction between economy and climate: a framework for policy design under uncertainty", en V. Smith i A. White (Eds), *Advances in Applied Microeconomics*, JAI Press, pp. 151-168.
- Heal, G.M. (1991). "Economy and climate: a preliminary framework for microeconomic analysis", en R.E. Just i N. Bockstael (Eds), *Commodity and Resource Policies in Agricultural Systems*, Springer-Verlag, pp. 196-212.
- Kamien, N.I. i Schwartz, N.L. (1978). "Optimal exhaustible resource depletion with endogenous technical change", *Review of Economic Studies*, vol 45, pp. 179-196.
- Krautkraemer, J.A. (1985). "Optimal growth, resource amenities and the preservation of natural environments", *Review of Economic Studies*, vol 52, N° 1, pp. 153-170.
- Lewis, T.R. i Slade, M (1985). "The effects of price controls, taxes and subsidies on exhaustible resource production", en A.D. Scott (Ed), *Progress in Natural Resource Economics*, Clarendon Press, pp. 203-227.
- Mason, E.S. (1973). "Competitive prices and natural resources", en D.S. Watson (Ed), *Price Theory in Action*, Houghton Mifflin Co, pp. 132-142.
- Page, T.R. (1977). *Conservation and Economic Efficiency: An Approach to Materials Policy*, Johns Hopkins University Press.
- Pindyck, R.S. (1978). "Optimal exploration and production of a non renewable resource", *Journal of Political Economy*, vol 86, pp. 841-862.
- Ramsey, F.P. (1928). "A mathematical theory of saving", *Economic Journal*, vol 38, pp. 543-559.
- Robson, A. (1979). "Sequential exploitation of uncertain deposits of a depletable natural resource", *Journal of Economic Theory*, vol 21, pp. 88-110.
- Roca, J. (1991). "La teoria econ3mica sobre el precio de los recursos no renovables: un comentario cr3tico", *Cuadernos de Econom3a*, vol 19, N° 54, pp. 111-124
- Smith, V.L. (1968). "Economics of production from natural resources", *The American Economic Review*, vol 58, N° 3, pp. 408-431.

- Solow, R.M. (1974a). "The economics of resources or the resources of economics", *The American Economic Review*, vol 64, N° 2, pp. 1-14. Existeix una versió en castellà: *El Trimestre Económico*, vol 42, N° 2 (1975).
- Solow, R.M. (1974b). "Intergenerational equity and exhaustible resources", *Review of Economic Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, vol 42, pp. 29-45.
- Solow, R.M. i Wan, F.Y. (1976). "Extraction costs in the theory of exhaustible resources", *Bell Journal of Economics*, vol 7, pp. 359-370.
- Stiglitz, J.E. (1974a). "Growth with exhaustible natural resources: the competitive economy", *Review of Economic Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, vol 42, pp. 139-152.
- Stiglitz, J.E. (1974b). "Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths", *Review of Economic Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, vol 42, pp. 123-137.
- Stiglitz, J.E. (1975). "The efficiency of market prices in long-run allocations in the oil industry", en G.M. Branon (Ed), *Studies in Energy Tax Policy*, Ballinger, pp. 55-99.
- Stiglitz, J.E. (1976). "Monopoly and the rate of extraction of exhaustible resources", *The American Economic Review*, vol 64, N° 4, pp. 655-661.
- Stiglitz, J.E. (1979). "A neoclassical analysis of the economics of natural resources", en V.K. Smith (Ed), *Scarcity and Growth Reconsidered*, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 36-66.
- Suzuki, H. (1976). "On the possibility of steadily growing per capita consumption in an economy with a wasting and non-replenishable resource", *Review of Economic Studies*, vol 43, pp. 527-535.
- Sweeney, J.L. (1977). "Economics of depletable resources: market forces and intertemporal bias", *Review of Economic Studies*, vol 44, N° 1, pp. 125-141.
- Weinstein, M.C. i Zeckhauser, R.J. (1975). "The optimal consumption of depletable natural resources", *Quarterly Journal of Economics*, vol 89, pp. 371-392.
- Withagen, C. (1994). "Pollution and exhaustibility of fossil fuels", *Resource and Energy Economics*, vol 16, pp. 235-242.

Capítol 3.

**ALGUNES IMPLICACIONS DE LA TEORIA ECONÒMICA CONVENCIONAL
SOBRE L'EXPLOTACIÓ DELS RECURSOS NO RENOVABLES.**

3. ALGUNES IMPLICACIONS DE LA TEORIA ECONÒMICA CONVENCIONAL SOBRE L'EXPLOTACIÓ DELS RECURSOS NO RENOVABLES.

3.1. Les simulacions.

Un dels objectius de l'anàlisi convencional sobre els recursos no renovables és determinar les condicions que garanteixen l'eficiència en la seva explotació. Des d'aquesta perspectiva, la teoria té un caràcter prescriptiu, ja que permet establir quin és el ritme d'extracció adequat per assolir un resultat eficient, a l'hora que determina els preus i quantitats corresponents. D'altra banda, l'evidència empírica indica que sovint -gairebé sempre- els dipòsits de recursos naturals s'abandonen abans del seu esgotament físic (38). Aquesta circumstància revela alguns punts d'interès. En primer lloc, relativitza la importància del concepte de reserves i corrobora la necessitat de discernir entre els àmbits físic i econòmic dels recursos no renovables, aspecte que es considera en el següent capítol. En segon lloc, i aquest és potser l'aspecte més rellevant pel que ara ens ocupa, la discrepància entre l'abandonament de l'activitat i l'exhauriment geològic indica que en la pràctica els recursos no renovables no s'exploten de manera eficient. Abans ja hem vist alguns dels motius que poden conduir a resultats ineficients i les possibles implicacions d'aquests factors "distorsionadors" des de l'òptica teòrica. Tanmateix, també caldria considerar altres circumstàncies, algunes de les quals tenen una dimensió més àmplia i fan referència a les situacions concretes en que té lloc l'explotació i l'ús dels recursos no renovables, és a dir, al funcionament dels mercats, aspecte que per la seva importància mereix una anàlisi més detallada en els capítols 6 i 7.

(38) Per a la majoria de jaciments de petroli, per exemple, la quantitat efectivament extreta no supera el 60% de l'estoc geològic que s'havia identificat inicialment en forma de reserves.

En el capítol anterior hem vist que les ineficiències es tradueixen en una excessiva conservació del recurs o, alternativament, en una extracció a un ritme massa ràpid en relació a la taxa ideal. La qüestió que cal escatir és, doncs, si l'explotació està esbiaixada cap el futur o si, en sentit contrari, prima la preferència pel present. Per respondre a aquesta qüestió cal passar del terreny conceptual a l'àmbit aplicat amb el suport dels exercicis de simulació.

L'objectiu de les simulacions no és verificar directament la teoria, sino inferir les seves conseqüències en el cas que -o suposat que- aquesta teoria sigui una bona aproximació a la realitat. Els models teòrics es prenen com a donats, s'assignen formes concretes a les funcions, valors específics als paràmetres (que de vegades requereixen una estimació econòmica prèvia) i les prediccions s'obtenen de manera automàtica. Amb aquest procediment, admetre les prediccions del model comporta l'acceptació de tota l'estructura que el sustenta, i especialment les formes funcionals i els paràmetres utilitzats. És clar que la versemblança dels resultats dependrà sobretot del realisme dels supòsits de la teoria que serveix de base per a la simulació, per això unes prediccions acurades poden validar, indirectament, l'esquema teòric. Addicionalment, les simulacions tenen l'avantatge que permeten identificar escenaris alternatius a partir de diferents models.

Pels recursos no renovables els estudis de simulació s'inicien en la dècada dels 70 i continuen fins a mitjan dels 80, coincidint amb l'època de major impacte de la crisi energètica. El treball pioner correspon a Nordhaus (1973), que obté les implicacions numèriques de la regla de Hotelling amb referència al mercat mundial de l'energia en un context de competència perfecta. Els resultats indiquen una evolució monòtona creixent dels preus dels diferents combustibles fòssils, però amb uns preus eficients bastant inferiors als preus efectius. El cas del petroli reflecteix clarament aquesta situació. Amb una taxa de descompte del 10% el preu simulat del petroli durant la dècada dels 70 se situava en l'interval 1,5\$ - 2,5\$ per barril, entre quatre i cinc vegades per sota del preu efectiu a partir de 1973.

La desviació dels resultats de la simulació de Nordhaus respecte del comportament efectiu del mercat cal atribuir-la, en primer lloc, a la pròpia especificació del model i els supòsits

subjacents. En aquest sentit sembla important la presència d'imperficcions pel costat de l'oferta, que en la dècada dels 70 tendia cap una estructura clarament oligopolística, bastant allunyada de l'entorn competitiu que pressuposava aquell model. Però aquesta no és l'única causa possible de les desviacions. Els resultats que s'obtenen també estan determinats per altres supòsits més singulars. Així, Nordhaus presenta un model en el que la demanda de combustibles fòssils es manté invariable, el que implica que l'elasticitat de la demanda és nul·la. Tampoc s'inclou l'impacte de l'explotació acumulada sobre els costos d'extracció. Finalment, estableix la condició terminal de l'esgotament del recurs quan apareix una alternativa, el reactor de fusió, l'any 2020, pel que es descarta qualsevol tipus d'incertesa sobre l'evolució futura de la tecnologia. Retrospectivament, és clar que els supòsits que sustenten el model adoleixen de falta de realisme, pel que els resultats s'han d'entendre únicament de manera temptativa: en aquest cas servirien com una aproximació per quantificar els costos de no disposar d'una estructura de mercat competitiva. Tanmateix, l'existència de diferents possibles "anomalies" dificulta ponderar la importància de cadascuna d'elles en la desviació dels resultats, i al capdavall, la seva contribució en termes dels costos de l'eficiència.

Els exercicis de simulació s'intensifiquen durant la segona meitat dels 70, quan en el mercat del petroli es consolida una nova configuració amb el paper hegemònic de l'Organització de Països Exportadors de Petroli (OPEP). En aquells anys, amb unes reserves provades abundants en relació al consum, els preus varen passar de 3 a 13\$/barril el 1973 i arribaren als 32\$/barril el 1980, mentre els costos d'extracció dels jaciments de l'OPEP eren inferiors a 1\$/barril. Això semblava confirmar la forta divergència entre els preus efectius i els preus eficients, que malgrat les limitacions que hem comentat, ja havien anticipat els primers estudis. En aquest context, per reflectir de manera més acurada la nova situació, els models de simulació consideren essencialment estructures oligopolístiques.

Pindyck (1976) presenta dos models per computar els preus del petroli a nivell mundial en situacions de competència perfecta i en presència d'un càrtel -que hom pot associar amb l'OPEP- amb una oferta marginal competitiva. Distingeix entre les elasticitats de la demanda a curt i llarg termini i suposa que els costos variables mitjans augmenten amb

l'explotació del recurs. Pel que fa a la simulació en condicions competitives, malgrat les diferències en l'especificació en relació al treball de Nordhaus, els valors que obté Pindyck amb una taxa de descompte del 10% són bastant semblants, el que suggereix que la configuració de l'oferta és la principal responsable dels resultats "ineficients" que s'assoleixen en el mercat del petroli.

Per la seva part, la simulació en condicions d'oligopoli amb una oferta marginal competitiva permet determinar la trajectòria dels preus que maximitza els beneficis en la nova situació així com els guanys de la cartelització. Pindyck suposa que els productors competitius prenen com a donat el preu que fixa el càrtel en cada període, mentre que el càrtel té en compte l'oferta marginal a l'hora d'establir els preus. Un altre supòsit crucial és que els productors marginals s'ajusten a les condicions del mercat amb un retardament temporal. En aquest cas els resultats indiquen una trajectòria dels preus en forma d'U -a diferència del que succeïa en condicions competitives, en que la trajectòria simulada presentava una tendència monòtona creixent-, amb un preu inicial superior al de competència perfecta. Els preus en situació d'oligopoli es troben per sobre dels preus competitius durant la major part del període considerat i només són depassats per aquells en l'etapa final.

En aquest punt són pertinents dues qualificacions. En primer lloc, en presència d'un oligopoli són possibles trajectòries "òptimes" (en el sentit de maximitzadores) de preus que experimenten davallades i augments, un resultat que contrasta amb l'evolució monòtona creixent tant de la competència perfecta com del monopoli. En segon lloc, l'elevat preu inicial s'explica perquè el càrtel aprofita el retardament dels productors marginals en el seu ajustament. Quan aquest es du a terme, els preus experimenten una davallada, i després del progressiu esgotament de les reserves dels productors marginals els preus tornen a augmentar. En conseqüència, la part de la producció que correspon al càrtel s'incrementa de manera continuada. La comparació de les dues trajectòries permet avaluar els guanys de la cartelització, que Pindyck estima en el 55% del valor actual dels beneficis del càrtel. Aquest resultat indica un fort incentiu per la cartelització, malgrat la pèrdua d'eficiència que comporta.

Crémer i Weitzman (1976) i Dasgupta i Heal (1979) duen a terme dues simulacions basades en especificacions diferents i obtenen uns resultats bastant coincidents amb els de

Pindyck, però introduint-hi algunes qualificacions. En aquests casos l'estructura de l'oferta ve donada per un càrtel -que hom pot associar novament a l'OPEP- i uns productors marginals competitiu que operen a plena capacitat, però no distingeixen entre corbes de demanda a curt i llarg termini. Tampoc es preveu una tecnologia alternativa dins d'un horitzó temporal raonable i l'estimació que es fa de les reserves és més elevada. Els costos d'extracció augmenten així que ho fa l'explotació del recurs i els costos de capital -que són una part dels costos d'extracció- es consideren inversament proporcionals a les reserves que resten per explotar. A partir d'aquests supòsits es determinen les trajectòries dels preus en una situació d'equilibri d'oligopoli del tipus de Von Stackelberg.

Els valors que s'obtenen indiquen que els preus gairebé no creixen en el període 1975-95 però en el darrer any s'inicia un sensible augment. A l'hora, la participació de l'OPEP en el mercat mundial se situa en una tercera part fins el 1995 i a partir d'aquesta data experimenta un fort increment fins el punt que l'OPEP esdevé pràcticament un monopoli. Un resultat interessant és que durant els primers vint anys el preu del petroli és relativament elevat donada l'estructura de l'oferta, ja que se situa per damunt del preu òptim del càrtel a curt termini. En aquest sentit, hom esperaria que els preus inicials fossin més baixos perquè els productors marginals esgotessin ràpidament les reserves, tanmateix ho impedeix la seva restricció de capacitat. Fent el mateix exercici suprimint el supòsit de restricció de capacitat en el sector marginal s'obtenen els resultats previstos: els preus són més baixos en els primers anys -bé que continuen mantenint-se per sobre dels preus competitiu- en els que els productors marginals dominen el mercat, -explotant-se primer els jaciments de menor qualitat (més costosos). Això fa que els productors marginals esgotin abans les seves reserves i el càrtel controli el mercat més ràpidament. En la nova situació la ineficiència té lloc per una doble via. D'una banda, en el sentit habitual, amb uns preus més elevats que en situacions competitiu, i d'altra part, per l'explotació dels dipòsits de manera inversa als seus costos.

En un treball d'abast més ampli, Pindyck (1978) realitza una simulació extenent la cartelització a d'altres recursos no renovables i a més del petroli considera també la bauxita i el coure. En aquest cas l'objectiu és determinar directament els possibles guanys de la cartelització per cada recurs, pel que compara les trajectòries òptimes dels preus en la situació

de competència perfecta i d'oligopoli. En el cas del petroli els resultats confirmen els que havia obtingut en l'exercici anterior. Amb uns productors marginals competitius que prenen com a donat el preu que fixa el càrtel i que ajusten la producció amb retardament, la trajectòria de preus que maximitza els beneficis pel càrtel presenta una forma d'U. Amb una taxa de descompte del 10% els preus en dòlars constants del 1975 davallen de 14 \$/barril aquell any fins a 10 \$/barril el 1980, i a partir de llavors augmenten de manera suau però ininterrompuda. Pel 1990 la previsió va ser de 12\$/barril, 14\$/barril el 1995 i 15\$ l'any 2000. Aquesta predicció presenta una certa similitud -si més no en la tendència dels preus a llarg termini- amb la trajectòria observada, però és clar que no s'ajusta de manera acceptable a la realitat. Els guanys de la cartelització s'estimaren en un trilió de dòlars, confirmant-se el fort incentiu existent per restringir l'output i augmentar els preus per sobre dels nivells competitius.

En els altres dos recursos analitzats els resultats presenten discrepàncies. Així, els guanys de la cartelització -i per tant, l'incentiu- són significatius en el cas de la bauxita, però no pel coure. Pindyck observa que aquesta diferència no té res a veure amb l'exhauribilitat dels recursos, sino que s'explica per les condicions concretes de la seva oferta i demanda, circumstància que també es pot fer extensible al petroli.

Pel que fa a l'oferta, una primera condició necessària per obtenir guanys de la cartelització és el control d'una part significativa de la producció. En aquella època l'OPEP controlava dues terceres parts de la producció (exclosos els països socialistes) i disposava d'una proporció semblant de les reserves totals. En canvi, els països de la CIPEC (Consell Intergovernamental de Països Exportadors del Coure), que intentaven actuar com un càrtel en el mercat d'aquest recurs, només controlaven una tercera part de la producció (sense compatibilitzar els països socialistes). El segon aspecte determinant en els guanys de la cartelització és la capacitat de resposta de la resta de productors. En el cas del petroli, la capacitat de reacció dels productors marginals se suposava feble -i això és precisament el que reflecteix el retardament en el seu ajustament a les condicions del mercat. Pindyck va considerar que a curt termini la producció exterior a l'OPEP no es podia expandir de manera significativa, malgrat els augments dels preus. En canvi pels països de la CIPEC la situació és diferent, ja que l'oferta del coure secundari, obtingut a partir de materials de

desús, és bastant sensible al preu a curt termini. Addicionalment, això il·lustra les diferents condicions en que poden operar els mercats de recursos no renovables depenent de la possibilitat del reciclatge i la seva capacitat per influir en l'oferta total a curt termini. El tercer aspecte amb una influència directa en els guanys de la cartelització és l'elasticitat de la demanda. En aquest sentit, mentre la demanda del petroli i l'alumini és fortament inelàstica a curt termini, la demanda de coure presenta una considerable sensibilitat al preu degut a l'existència de substituïts en nombroses aplicacions.

Diversos estudis corroboren la importància dels factors que acabem d'esmentar en l'èxit de la cartelització per diferents recursos no renovables, i per aquesta via, en el nivell dels preus. Quan aquelles condicions es van donar la cartelització va ser efectiva i del poder de mercat en resultaren uns preus més elevats -amb independència de la disponibilitat física del recurs. És el cas de la bauxita (Pindyck, 1977) i del mercuri i del sulfur (McKie-Mason i Pindyck, 1987). En canvi, quan aquells factors estaven absents, els intents de cartelització conduïren al fracàs i els preus experimentaren davallades en termes reals, com succeí amb el plom (Clarfield et al, 1975) i el coure (Figuerola, 1982). Tot això confirma, doncs, que l'estructura de l'oferta incideix directament en l'evolució dels preus dels recursos no renovables, bé que falta determinar amb precisió quina és la seva contribució als resultats ineficients -en termes d'un excessiu conservacionisme- quan ha estat possible exercir el poder de mercat. Una anàlisi més microscòpica de les condicions en que té lloc l'explotació pot ajudar a aclarir aquesta qüestió, aspecte al que ens referim més endavant.

Retrospectivament, la valoració de les simulacions que es varen dur a terme quasi vint anys enrera es pot fer des d'una doble perspectiva. Si hom pren com a referència les solucions eficients del mercat, aquests exercicis són útils perquè en comparar escenaris alternatius permeten captar la magnitud de les desviacions i constitueixen una aproximació al cost de situacions ineficients. Plantejades així les coses, les possibles omissions en l'especificació dels models no tindrien una importància decisiva en el resultat, ja que hom pot acceptar que es distribueixen proporcionalment en cada especificació. Si de cas, l'error estarà en l'ordre de la magnitud, en la dimensió absoluta, però no en la relativa, que és la que interessa. Aleshores, la coincidència de resultats en les diferents simulacions sobre la discrepància existent entre els preus reals i els preus eficients induïx a escatir el perquè

d'aquesta ineficiència, que es tradueix en una gestió dels recursos naturals esbiaixada cap el futur. Ja hem vist que els principals models situen la resposta en l'estructura del mercat. Però com es comenta després, aquesta explicació no esgota les possibilitats.

Una qüestió diferent és la capacitat predictiva dels models, doncs en aquest cas les implicacions es poden comparar directament amb la realitat. Amb l'avantatge del temps a favor, des de la perspectiva actual hom pot constatar que les prediccions dels diferents models presenten desviacions significatives del que ha estat l'evolució real dels mercats. I aquesta situació es manifesta àdhuc en les simulacions més completes, com és el cas de la simulació de Pindyck del 1978.

Les explicacions a aquestes discrepàncies són de dos tipus. D'una banda, la pròpia estructura dels models. Les hipòtesis que s'incorporen i les formes funcionals són crucials, ja que són les que determinen els resultats. Abans ja ens hem referit a les limitacions del primer model que es va presentar (Nordhaus). Algunes d'aquestes limitacions es corregiren en les formulacions posteriors en dos àmbits fonamentals: la configuració del mercat i l'efecte de l'explotació sobre els costos d'extracció. Tanmateix, la impossibilitat d'incorporar tots els factors rellevants en l'especificació d'un model obliga a acceptar un cert grau de desviació respecte la realitat. La qüestió rau en la magnitud de la desviació. En l'àmbit de les simulacions hom pot defensar que els principals models que s'han construït assoleixen un grau acceptable d'acompliment del que Koreisha i Stobaugh (1983), referint-se als models macroenergètics mundials, han anomenant "banderes vermelles", és a dir, elements crítics que poden provocar errors importants en les prediccions (39). En aquest sentit, la formulació presentada per Pindyck el 1978 és la que sembla tenir un major grau de consistència interna.

Fent abstracció de possibles limitacions en les especificacions dels models, es manté l'interrogant sobre la causa de les desviacions entre les prediccions i la realitat. Un argument que s'utilitza sovint és que la capacitat predictiva dels models és acceptable en circumstàncies "normals", però que en els mercats de recursos no renovables tenen lloc esdeveniments que s'escapen del regne de l'economia (Fisher, 1981). En el cas de petroli, per exemple, fets que poden haver tingut un impacte directe en els preus com la revolució iraniana, la guerra entre Irak i Iran i la invasió de Kuwait serien difícilment analitzables -i per

tant, predibles- amb els esquemes de la teoria convencional. L'explicació immediata és que aquests models només consideren les variables econòmiques que s'expliquen dins del propi sistema. Per això són útils per identificar referents amb significat econòmic com l'eficiència, però la seva capacitat és més limitada en entorns en els que apareixen forces de molt diversa naturalesa. En la mesura en que aquestes forces són determinants en el resultat final del mercat caldrà analitzar esquemes alternatius per comprendre millor el seu funcionament. La part final del treball es dedica precisament a aquesta qüestió.

Arribats a aquest punt convé reemprendre l'argument sobre el referent bàsic de l'anàlisi convencional, el de l'eficiència en el funcionament dels mercats. Abans ja hem assenyalat que l'explotació esbiaixada cap al futur és un dels resultats coincidents en els diferents models de simulació pels recursos no renovables en un àmbit global. I això s'explica essencialment per l'existència d'estructures de mercat no competitives que generen uns preus més elevats i una extracció inferior de les que correspondrien a una trajectòria eficient. Podria argumentar-se que aquesta situació s'ha corregit des de mitjans dels 80 -especialment pel que fa al petroli, i és possible que existeixi algun estudi que ho documenti. Si és així, malauradament, jo no el conec.

Tanmateix, el punt que ara voldria destacar se situa en un altre dimensió. Perquè l'evidència empírica disponible en àmbits més limitats (unitats geològiques, empreses) apunta en la mateixa direcció: l'explotació dels recursos no renovables és excessivament conservadora en relació a la que maximitzaria el valor actual, i per tant, es tracta d'una

(39) D'acord amb Koreisha i Stobaugh, els principals elements crítics són l'exclusió i l'àmbit d'aplicació temporal. L'exclusió comporta admetre que els factors no inclosos en el model tenen una influència negligible sobre els resultats. Així, si en un model energètic se suposa que la demanda d'un determinat input energètic només depèn del seu preu, s'exclou la possibilitat que el preu d'un altre tipus d'energia influeixi sobre la demanda de la primera. Per la seva part, l'àmbit d'aplicació fa referència a les estimacions dels paràmetres que s'incorporen en els models a partir de les dades -u observacions- de l'experiència passada, extrapolant-se cap al futur. Això afecta sobretot a les elasticitats de la demanda, que se suposen constants, però que en realitat varien amb els preus. A més, les elasticitats no solen presentar una simetria en el seu comportament quan els preus augmenten o disminueixen en una determinada proporció.

actuació millorable. Aquest fet ha estat corroborat per Adelmán i Jacoby (1979) per una mostra de dipòsits de petroli de cost elevat, per Bradley (1980) en les explotacions de coure pel sistema "open pit" en la regió canadenca de British Columbia i per Campbell i Wrean (1982) en el cas de l'urani de l'estat igualment canadenc de Saskatchewan.

La coincidència de resultats en diferents situacions sembla desmentir la idea de la preferència del present pel futur que suggerien les primeres anàlisi teòriques (Gordon, 1966) i aportacions posteriors (Gordon, 1994), en el sentit que les empreses només tendien a maximitzar els beneficis actuals, i fa necessari interrogar-se sobre les causes del seu comportament "conservador". Ja hem vist que els models de simulació d'abast global consideren determinant l'estructura dels mercats, i en particular, la configuració de l'oferta. Tanmateix, els resultats de les anàlisi amb un major nivell de desagregació i en situacions en que el poder de mercat no és determinant suggereixen que la configuració de l'oferta no és l'únic element, ni potser el més important, per explicar el comportament conservador en l'explotació dels recursos no renovables. En aquest sentit, les explicacions posen l'èmfasi en algunes circumstàncies inherents a la incertesa que afronten les empreses d'aquest sector.

La teoria convencional associa l'actuació òptima d'una empresa a la que maximitza el valor actual. Però en la pràctica la maximització del valor actual només es pot garantir en una situació de certesa i ja hem vist que per diferents motius en els sectors de recursos no renovables la certesa només té lloc de manera excepcional. Aleshores, el problema que es planteja és com els factors d'incertesa inherents als recursos no renovables modifiquen les decisions basades en la maximització del valor actual. En aquest punt Bradley (1985) atorga gran importància a la intensitat de capital en els sectors de recursos no renovables i a la relació entre la inversió i el ritme d'explotació, una idea que havia desenvolupat amb anterioritat Campbell (1980). La inversió en equipaments i instal·lacions efectuada per una empresa determina l'output màxim assolible, i per aquesta via influeix en el valor actual. "Ceteris paribus", a cada nivell d'inversió li correspon una taxa òptima (interna) d'explotació i un valor actual concret, que és més elevat quan major és aquesta inversió. L'objectiu "a priori" de l'empresa és realitzar aquella inversió que permet la maximització del valor actual en termes absoluts.

Bradley incideix en la relació entre el valor actual i el ritme d'explotació dels recursos i mostra que aquell no és massa sensitiu a la taxa d'extracció en un interval relativament ampli al voltant del punt òptim, pel que es poden establir uns límits superior i inferior que acotarien l'interval d'actuació de l'empresa. Així, si l'output s'extreu a una taxa que és la meitat de la que maximitza el valor actual (és a dir, si es dobla la vida útil del recurs natural), la pèrdua de valor actual només és del 5%. Alternativament, si el recurs natural s'explota a una taxa que és una quarta part de la que maximitza el valor actual, la minva d'aquest seria del 20%. Tot això suggereix que la inversió (i el ritme d'explotació) depenen en bona part de l'aversion al risc per part dels productors. I els elements de risc en els sectors de recursos no renovables són superiors als de les indústries de béns reproduïbles. En el cas dels recursos no renovables, a més de la incertesa sobre la demanda futura (consubstancial a qualsevol activitat), cal considerar també la imperfecció de la informació sobre la naturalesa de les reserves (en quantitat i qualitat) i sobre els costos associats a la seva explotació. Un major nombre de factors de risc i els elevats costos d'una inversió excessiva -degut a l'elevada intensitat de capital de les indústries de recursos no renovables- explicarien, segons Bradley, que en aquestes activitats tingui lloc una subinversió en relació al nivell òptim -entés com el que maximitza l'output en situació de certesa- i que la taxa d'explotació també sigui inferior. I la conseqüència d'aquest comportament és l'allargament de la vida útil del recurs natural. En una línia semblant, Scott i Campbell (1979) presenten arguments addicionals per justificar l'atractiu d'una inversió inicial per sota de l'òptim. En concret, fan referència a les aventatges derivades del desenvolupament dels dipòsits de forma incremental, degudes sobretot a l'aprenentatge per l'ús.

Els arguments de Bradley i Scott i Campbell sobre l'estratègia "conservacionista" en l'explotació dels recursos no renovables, tanmateix, també mereixen algunes qualificacions. Així, si la causa d'aquesta actuació és la incertesa sobre el resultat del desenvolupament dels nous dipòsits, l'explicació és d'utilitat limitada quan existeixen grans quantitats de reserves provades a baix cost, com succeeix amb el petroli en l'Orient Mitjà, pel que en aquest cas l'estructura del mercat sembla ser un factor més rellevant. Si, en canvi, la causa és la incertesa sobre la demanda futura, aleshores les empreses han de sopesar les eventuais pèrdues d'una sobreinversió inicial que no es rendibilitzaria amb una demanda feble enfront

les pèrdues d'economies d'escala -i per tant, costos mitjans més elevats- que s'obtidrien amb una inversió inicial superior. En la pràctica, per contrastar l'estratègia de les empreses s'ha de recórrer a estudis concrets sobre el nivell de capacitat i les implicacions d'escollir entre diferents nivells, aspecte que requereix d'una anàlisi específica i que es considera en el capítol sisè.

3.2. Les contrastacions d'hipòtesi.

A més de la seva capacitat predictiva, la teoria econòmica dels recursos no renovables també s'ha d'avaluar per la seva consistència amb els fets, és a dir, per la bondat amb que explica les trajectòries dels preus i les pautes d'extracció d'aquests recursos. Podria succeir que els models proporcionessin prediccions acceptables, i en canvi, fossin inconsistents amb la realitat, pel que per determinar el grau d'adequació de la teoria amb els fets observats s'ha de dur a terme la contrastació estadística de les hipòtesi dels models i de les relacions que postulen (40).

Al afrontar aquesta qüestió el primer que sorprén és la desproporció entre la literatura teòrica generada en l'àmbit dels recursos no renovables i les anàlisi empíriques sobre la seva contrastació. Mentre els darrers 25 anys la proliferació de models per explicar les conseqüències de l'explotació de recursos no renovables en diferents circumstàncies ha estat espectacular, el nombre de recerques sobre les implicacions d'aquests models en el món real és molt limitat, la qual cosa dificulta la valoració tant del potencial analític que incorporen els models com del comportament de les empreses. Una explicació a la carència de

(40) Aquesta dicotomia és la base de la famosa -i inacabada- discussió entre els positivistes i els empiristes. Mentre els primers, seguint la línia de Friedman, argumenten que la validació dels models precisa únicament d'una adequada capacitat predictiva, els segons, encapçalats per Samuelson, introdueixen el requeriment de la seva consistència amb els fets.

contrastacions de la teoria podria estar relacionada amb la disponibilitat de les dades precises per dur a terme aquesta funció i amb la inexistència, fins fa pocs anys, d'un mètode economètric adequat per generar la informació necessària per procediments indirectes a partir de les dades de base.

En el capítol anterior s'ha fet palès que la variable estratègica en la teoria convencional sobre els recursos no renovables és la renda d'escassetat, és a dir, el cost d'oportunitat intertemporal o preu ombra del recurs no extret. Això significa que la contrastació empírica dels models requereix estimar l'evolució al llarg del temps d'aquesta variable, però aquí apareix un problema de tipus pràctic i és que la renda d'escassetat no és directament observable.

De vegades l'evolució dels preus pot seguir la mateixa pauta que la renda d'escassetat, i en aquest cas els preus serien una bona aproximació al seu comportament. Però això només succeeix en situacions bastant restrictives (per exemple, en competència perfecta amb costos marginals d'extracció constants). Unes consideracions semblants són pertinents pel que fa a l'efecte acumulat de l'explotació del recurs sobre els costos marginals d'extracció, que és un altra de les variables rellevants per determinar la trajectòria temporal dels preus (41).

Com també s'ha exposat en el capítol anterior, en situacions més properes a la realitat el comportament de la renda d'escassetat i dels preus pot ser clarament divergent, pel que llavors els preus són una aproximació esbiaixada de la renda. És el que succeeix quan els costos d'extracció (i processament) disminueixen al llarg del temps degut al progrés tècnic o a reduccions en els costos dels inputs productius reproduïbles (capital i treball) emprats

(41) L'aproximació de la renda d'escassetat pels preus presenta una dificultat addicional d'ordre pràctic que es deu a la integració vertical de moltes empreses. Aquestes, sovint duen a terme les fases d'extracció i primera transformació del recurs, de manera que és després del seu processament quan tenen lloc les transaccions en el mercat. En conseqüència, el preu observat del recurs no correspondria estrictament al preu d'explotació sino a un preu intermedi. Àdhuc, en el cas que fos possible obtenir dades del preu d'explotació, no existeix la seguretat que aquest preu reflecteixi el valor real del mercat del recurs, ja que les pràctiques de transferència són bastant habituals en les empreses.

en l'explotació del recurs. En aquest cas reduccions en els preus observats dels recursos naturals no són incompatibles amb augments continuats en la renda d'escassedat, ja que si l'efecte del cost és molt acusat -i pot ser-ho en períodes llargs de l'explotació- anul·larà un creixent efecte escassedat.

Les consideracions prèvies indiquen que els preus dels recursos no són la variable més indicada per contrastar la bondat de la teoria, però degut a les limitacions de tipus pràctic que hem comentat, algunes de les contrastacions s'han realitzat a partir d'aquesta variable. És el cas de Heal i Barrow (1980), que duen a terme una contrastació de la regla simple de Hotelling per verificar l'eficiència del comportament dels mercats de recursos no renovables en el que ha estat un dels primers exercicis empírics al respecte. Aquest treball presenta clares limitacions en el plantejament, ja que Heal i Barrow pressuposen que la condició necessària d'eficiència és que la diferència entre el preu i el cost marginal augmenti al mateix ritme que el tipus d'interès, circumstància que només s'acompleix en una situació perfectament competitiva quan no existeixen efectes acumulatius sobre els costos d'extracció.

Per realitzar la contrastació Heal i Barrow presenten una sèrie de models en els que consideren els recursos no renovables com uns actius pels que la taxa de variació dels preus és un factor determinant en les decisions sobre la seva gestió, i en els que s'incorpora explícitament la possibilitat d'arbitratge entre els mercats de recursos naturals i els mercats d'actius alternatius. L'àmbit de l'anàlisi són quatre metalls (coure, plom, estany i zinc), les dades que utilitzen són mensuals (juliol 1965 - juny 1977) i corresponen a les cotitzacions a tres mesos del London Metal Exchange, mentre que el tipus d'interès de referència és el dels bons del tresor del Regne Unit a 91 dies. Degut al tipus de dades utilitzades, el model capta moviments (relacions) a curt termini. Els resultats que obtenen indiquen una relació entre els moviments en els preus dels recursos i el rendiment dels actius alternatius, però aquesta relació resulta ser més complexa que la que prescriu la teoria simple dels mercats en equilibri: la relació més significativa té lloc entre els preus dels recursos i la taxa de variació -no el nivell- del tipus d'interès. La raó adduïda per Heal i Barrow per explicar aquestes diferències es troba en la carència d'informació perfecta sobre el futur per part dels

agents i la necessitat de prendre les seves decisions a partir d'expectatives adaptatives. En un article posterior, Heal i Barrow (1981) desenvolupen un exercici similar aplicat a un període de 100 anys utilitzant dades anuals i obtenen uns resultats bastant coincidents.

En un treball semblant, Agbeyegbe (1989) du a terme una contrastació que, amb alguns matisos, equival a una actualització de la que amb anterioritat van realitzar Heal i Barrow. L'anàlisi de Agbeyegbe es basa en un model simple de Hotelling -negligint els costos d'extracció, per manca de dades- però que incorpora les expectatives dels agents. La mostra comprèn quatre metalls: coure, plom, zinc i plata, i abasta el període 1968-82. Els preus de referència són les cotitzacions en el London Metal Exchange pels tres primers recursos i en el New York Metal Exchange per a la plata. Els tipus d'interès de referència són els dels bons del Regne Unit a 91 dies pels metalls que cotitzen en el London Metal Exchange i els dels bons del tresor dels Estats Units per la plata. Els resultats també indiquen una relació estreta entre els canvis en el tipus d'interès i el preu dels recursos no renovables.

Per la seva part, Smith (1981) presenta diversos models en la línia establerta per Heal i Barrow de considerar relacions d'arbitratge entre els mercats de recursos naturals i els d'actius alternatius, però amb alguns trets diferencials. Així, l'anàlisi se centra en els moviments dels preus en el llarg termini i considera cinc indicadors del tipus d'interès -de diversa rendibilitat i risc- per proporcionar un major nombre d'alternatives en la comparació entre aquesta variable i els preus dels recursos. La mostra està formada per 12 minerals entre els que es troben els combustibles fòssils i metalls més importants pel seu consum als Estats Units, cas del petroli, gas natural i carbó d'una banda, i del coure, bauxita, plom i zinc per l'altra. El període mostal també és més dilatat, ja que cobreix des del 1900 fins el 1973. Tanmateix, els darrers 11 anys no es van utilitzar per l'estimació dels models i les dades es reservaren per dur a terme avaluacions de les prediccions ex-post. Els resultats obtinguts presenten sensibles coincidències amb els de Heal i Barrow. Es rebutjen les formulacions simples de Hotelling -en les que se suposava que els costos marginals d'extracció eren nuls-, però en canvi, les prediccions ex-post fetes a partir de models del tipus Heal-Barrow reforcen la relació entre els moviments dels preus i els canvis en el tipus d'interès. La formació d'expectatives apareix novament com el principal factor per explicar les discrepàncies entre la teoria i la realitat.

En una línia quelcom diferenciada també s'han dut a terme alguns exercicis de contrastació prenent com a referència l'actuació d'empreses concretes, amb resultats divergents. En aquesta línia, el primer estudi per contrastar la teoria simple de l'esgotament dels recursos no renovables utilitzant estimacions de la renda de l'escassedat basades en sèries temporals correspon a Stollery (1983). El preu ombra del recurs es calculà com la diferència entre l'ingrés marginal i el cost marginal. La mostra de l'estudi és una de les principals empreses de níquel, la International Nickel Company. Les dades són anyals i abasten el període 1952-73. En aquest cas els resultats de la contrastació van ser consistents amb el model teòric.

Un resultat diferent va obtenir poc després Farrow (1985), que dugué a terme la segona contrastació del model simple a partir d'estimacions de la renda d'escassedat obtingudes de sèries temporals. Farrow va utilitzar dades mensuals d'una empresa minera dels Estats Units -que roman anònima- pel període 1975-1981, i la renda d'escassedat es va calcular com la diferència del preu del recurs natural i el cost marginal estimat de l'output. Malgrat que el període de referència és curt, és remarcable que durant el mateix no es van produir modificacions en la indústria que podien haver alterat el comportament del mercat i l'evolució dels preus (per exemple, canvis en la tecnologia, descobriments). L'estimació de les diferents especificacions va proporcionar resultats inconsistents amb les premises del model teòric, incloent-hi aquelles que consideraven valors negatius per la taxa de descompte, pel que es rebutjà la hipòtesi que la renda d'escassedat augmenta a una taxa significativament igual al tipus d'interès.

Els desacords en les contrastacions prèvies de la regla de Hotelling utilitzant sèries temporals i la influència que la limitació de les dades disponibles podia exercir sobre els resultats obtinguts va plantejar a Miller i Upton (1985) la necessitat d'establir un procediment alternatiu. El mètode de contrastació proposat es basa en una altra implicació del model simple, que anomenen el "principi de valuació", i que consisteix en una interpretació diferent de les implicacions del model de Hotelling. D'acord amb Miller i Upton, el "principi de valuació" indica que quan la trajectòria temporal dels preus d'extracció compleix la regla de Hotelling, el valor de les reserves (d'un dipòsit gestionat de manera eficient en qualsevol període)

depèn essencialment dels preus i costos d'extracció corrents, amb independència del moment en que s'explotin les reserves. Dit d'altra manera, el valor d'una unitat del recurs sense explotar és el mateix que el valor corrent (de mercat) menys el cost marginal d'extreure aquesta unitat. Aquesta reformulació de la regla de Hotelling permet a Miller i Upton estimar la renda d'escassedat a partir de dades transversals per verificar el "principi de valuació". L'exercici va consistir en contrastar el valor de mercat de les reserves d'una mostra d'empreses del sector del petroli i gas als Estats Units en el període 1979-81, i els resultats obtinguts foren consistents amb el seu principi.

Més recentment Halvorsen i Smith (1991), en un intent de superar les limitacions de les dades disponibles per verificar la teoria, presenten un model economètric que permet estimar les dues variables crucials de la contrastació, la renda d'escassedat del recurs natural i els efectes acumulatius de l'explotació sobre els costos marginals d'extracció, a partir de dades de costos i producció. Les dades abasten un període de 20 anys (1954-74) i corresponen a empreses verticalment integrades de la indústria metallminera del Canadà. En realitat la seva formulació és una extensió d'un model desenvolupat amb anterioritat en el que no es consideraven els efectes acumulatius de l'explotació sobre els costos d'extreure el recurs. Els resultats de la seva anàlisi serveixen per a rebutjar clarament les implicacions de la teoria sobre la renda d'escassedat. Tanmateix, degut a l'elevat nivell d'agregació de les dades utilitzades, aquestes conclusions s'han d'entendre de manera temptativa. L'obtenció de resultats definitius requeriria de contrastacions específiques per tipus de recursos naturals o per empreses.

Aquest cos de contribucions empíriques dels darrers 15 anys -malgrat la seva limitació numèrica- permet algunes consideracions sobre la validesa dels principis bàsics de la teoria neoclàssica dels recursos no renovables. D'entrada, cal plantejar-se els mateixos objectius dels treballs aplicats, ja que la capacitat de la teoria depèn de l'ús que se'n fa. L'anàlisi convencional dels recursos no renovables s'ha centrat en l'assoliment de resultats eficients i en les causes de les possibles desviacions en l'explotació dels recursos naturals respecte les situacions ideals. Les aportacions teòriques han permès establir les condicions d'eficiència en diverses circumstàncies així com identificar els factors que poden perturbar

aquest resultat i identificar les trajectòries no eficients que en resultarien. Com ja hem assenyalat, això significa que la teoria pot proporcionar una guia adequada a les anàlisi empíriques que tenen com objectiu contrastar el comportament dels agents en el món real. En aquest cas l'aspecte crucial és construir un model consistent amb les condicions teòriques d'eficiència.

En la pràctica, les eventuais discrepàncies entre els resultats empírics i les prescripcions teòriques poden ser degudes principalment a: 1) errors u omissions en l'especificació del model, així com a la limitació de les dades emprades; 2) el comportament ineficient dels agents. Pel que fa a la primera qüestió, en l'exposició dels diferents treballs empírics ja ens hem referit a les dificultats en l'estimació de les variables estratègiques (especialment la renda d'escassetat) i les aproximacions alternatives que s'han dut a terme, incloent-hi el desenvolupament de nous mètodes quantitius, per superar aquelles limitacions. En aquest sentit, hom pot raonablement acceptar que segurament aquesta no ha estat la causa de les divergències entre les implicacions de la teoria i els resultats de les contrastacions empíriques. Llavors, resta la segona explicació: el comportament dels agents no segueix les pautes d'eficiència que prescriuen els models teòrics. Quan això succeeix els treballs aplicats tenen una utilitat clara, ja que permeten mesurar la magnitud de la ineficiència i, per tant, poden oferir algunes indicacions sobre el seu cost. Però una qüestió diferent és aprofitar els models que estableixen condicions d'equilibri i eficiència -cas del model simple de Hotelling- per explicar la realitat, com sembla haver estat l'objectiu de la majoria dels exercicis empírics que hem comentat. Si del que es tracta és de contrastar la capacitat explicativa de la teoria, és a dir, de la seva adequació als fets, aleshores el model simple de Hotelling no és l'instrument idoni. En primer lloc, perquè no és un model pensat per explicar la realitat sino per determinar les condicions d'equilibri i eficiència en l'explotació dels recursos naturals. I en segon lloc, perquè la determinació d'aquestes condicions es du a terme en el cas més senzill, bastant allunyat de les circumstàncies en que operen les empreses (Watkins, 1992).

En aquest sentit també és pertinent l'observació de Pindyck (1981) sobre el comportament efectiu de les empreses, que normalment difereix del que li atribueixen els models teòrics, en termes de maximització del valor actual (42). Per això Pindyck considera que en la

contrastació d'hipòtesi s'ha de partir de comportaments miòpics; ja que les empreses no tenen com a objectiu maximitzar el valor actual per períodes llargs de temps sino que ho fan per horitzonts més limitats, fins el punt que sovint es limiten a la maximització dels beneficis presents (43). Eagan (1987) s'ha expressat en termes similars.

És clar que un dels objectius de qualsevol anàlisi teòrica ha de ser oferir una adequada aproximació als fets. Doncs bé, en l'àmbit dels recursos no renovables la validació de la teoria requereix contrastar models més generals, en els que s'incorporin mesures d'aquells factors que, segons la pròpia teoria, afecten al comportament del mercat i per tant, poden provocar ineficiències. La incertesa, les intervencions externes, les formes de mercat no competitives, són tots ells aspectes que poden tenir una influència directa en els moviments dels preus i en el resultat final que s'assoleixi en el mercat. I aquí l'evidència empírica és molt limitada. Simplement, desconeixem si l'àmplia gamma de models teòrics que s'han desenvolupat els darrers 25 anys a partir del model bàsic de Hotelling incorporant factors més propers a la realitat constitueixen una aproximació acceptable a aquesta realitat, perquè encara no han estat contrastats empíricament.

(42) Aquesta observació adquireix, si cap, més rellevància al provenir d'un economista que havia estat pioner en el desenvolupament d'exercicis de simulació basant-se en la maximització del valor actual.

(43) És convenient observar que aquesta afirmació no contradiu la idea de Campbell i Bradley sobre la maximització del valor actual, ja que en el plantejament d'aquests l'element crucial no és l'absència d'un objectiu maximitzador sino el fet que aquesta es troba condicionada per la incertesa en que operen les empreses.

Bibliografia Capitol 3.

- Adelman, M.A. i Jacoby, H.D. (1979). "Alternative methods of oil supply forecasting", en R.S. Pindyck (Ed), Advances in the Economics of Energy and Resources, vol 2, JAI Press.
- Agbeyegbe, T.D. (1989). "Interest rates and metal price movements: further evidence", Journal of Environmental Economics and Management, vol 16, pp. 184-192.
- Bradley, P.G. (1980). "Modelling mining: open pit copper production in British Columbia", Resources Policy, març, pp. 44-59.
- Bradley, P.G. (1985). "Has the 'Economics of exhaustible resources' advanced the economics of mining ?", en A.D. Scott (Ed), Progress in Natural Resource Economics, Oxford University Press, pp. 317-328.
- Campbell, H.F. (1980). "The effect of capital intensity on the optimal rate of extraction of a mineral deposit", Canadian Journal of Economics, vol 13, pp. 349-356.
- Campbell, H.W. i Wrean, D.L. (1982). "Deriving the long-run supply curve for a competitive mining industry: the case of saskatchewan uranium", PRNE Conference.
- Clarfield, K.W., Jackson, S., Keele, J., Noble, M.A. i Ryan, A.P. (1975). Eight Mineral Cartels. McGraw Hill.
- Crémer, J. i Weitzman, M. (1976). "OPEC and the monopoly price of world oil", European Economic Review, vol 8, pp. 155-164.
- Dasgupta, P.S. i Heal, G.M. (1979). Economic Theory and Exhaustible Resources, Cambridge University Press.
- Eagan, V. (1987). "The optimal depletion of the theory of exhaustible resources", Journal of Post-Keynesian Economics, vol 9, N° 4, pp. 565-571.
- Farrow, S. (1985). "Testing the efficiency of extraction from a stock resource", Journal of Political Economy, vol 53, N° 31, pp. 452-487.
- Figueroa, I. (1982). "El mercado mundial del cobre y el fracaso de la CIPEC", Cuadernos Económicos de ICE, N° 19, pp. 83-114.
- Fisher, A.C. (1981). Resource and Environmental Economics, Cambridge University Press.
- Friedman, M. (1953). Essays in Positive Economics, University of Chicago Press.
- Gordon, R.L. (1966). "Conservation and the theory of exhaustible resources", Canadian Journal of Economics, vol 32, pp. 319-326.

- Gordon, R.L. (1994). "Energy, exhaustion, environmentalism; and etatism", *The Energy Journal*, vol 15, N° 1, pp. 1-16
- Halvorsen, R. i Ford,
- Halvorsen, R. i Smith, T.R. (1991). "A test of theory of exhaustible resources", *The Quarterly Journal of Economics*, vol 106, N° 1, pp. 123-140.
- Heal, G.M. i Barrow, M.M. (1980). "The relationship between interest rates and metal price movements", *Review of Economic Studies*, vol 48, pp. 161-181.
- Heal, G.M. i Barrow, M.M. (1981). "Empirical investigation of the long-term movement of resource prices", *Economic Letters*, vol 7, pp. 95-103.
- Koreisha, S. i Stobaugh, R. (1983). "Les limites des modèles", en R. Stobaugh i D. Yerguin (Eds), *L'Energie du Futur*, Economica, 1993, pp. 258-313.
- McKie-Mason, J.F. i Pindyck, R.S. (1987). "Cartel theory and cartel experience in international mineral markets", en E.R. Berndt i D.O. Wood (Eds), *Energy: Markets and Regulation*, The M.I.T. Press.
- Miller, M.H. i Upton, C.W. (1985). "A test of the Hotelling valuation principle", *Journal of Political Economy*, vol 93, N° 1, pp. 1-25.
- Nordhaus, W.D. (1973). "The allocation of energy resources", *Brookings Papers on Economic Activity*, vol 3, pp. 529-570.
- Pindyck, R.S. (1977). "Cartel pricing and the structure of the world bauxite market", *Bell Journal of Economics*, vol 8, pp. 343-360.
- Pindyck, R.S. (1978). "Gains to producers from the cartelization of exhaustible resources", *Review of Economics and Statistics*, vol 60, pp. 238-251.
- Samuelson, P. (1963). "Problems in methodology discussion", *The American Economic Review*, vol 53, pp. 231-236.
- Scott, A.D. i Campbell, H.F. (1979). "Policies towards proposals for large-scale natural resource projects: attenuation versus postponement", *Resources Policy*, juny, pp. 113-140.
- Smith, K.V. (1981). "The empirical relevance of Hotelling's model for natural resources", *Resources and Energy*, vol 3, pp. 105-117.
- Stollery, K.R. (1983). "Mineral depletion with cost as the extraction limit: a model applied to the behavior of prices in the nickel industry", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol 10, pp. 151-165.
- Watkins, G.C. (1992). "The Hotelling principle: autobahn or cul de sac ?". *The Energy Journal*, vol 13, N° 1, pp. 1-24.

Capítol 4.

L'ESCASSEDAT FÍSICA DELS RECURSOS NO RENOVABLES. INDICADORS I EVIDÈNCIA EMPÍRICA.

4. L'ESCASSEDAT FÍSICA DELS RECURSOS NO RENOVABLES. INDICADORS I EVIDÈNCIA EMPÍRICA.

4.1. Eficiència i escassetat.

En el capítol 2 ja hem comentat que l'objectiu principal de la teoria neoclàssica dels recursos no renovables és determinar les condicions en les que la seva explotació té lloc de manera eficient. Des de la perspectiva neoclàssica la determinació de les condicions d'eficiència presenta un interès addicional, i és que permet identificar les circumstàncies en que els mercats informen correctament sobre l'escassetat dels recursos. D'aquesta idea se'n deriva una implicació important pel que fa al propi abast de l'anàlisi sobre els recursos no renovables: si els mercats només informen adequadament de l'escassetat quan l'explotació té lloc de manera eficient, davant d'imperficcions en els mercats no seria possible conèixer acuradament la disponibilitat real dels recursos (és a dir, la seva escassetat relativa), ja que els indicadors que han de mesurar aquesta disponibilitat presenten biaixos, pel que la pròpia anàlisi de l'escassetat esdevé supèrflua. Per això no és sorprenent que per alguns economistes neoclàssics l'escassetat dels recursos naturals sigui, "per se", una qüestió secundària, supeditada a l'assoliment d'uns resultats eficients.

Stiglitz (1979) abona aquesta posició quan es planteja per què els economistes han d'atorgar una atenció especial a l'escassetat dels recursos no renovables, i suggereix que no hi ha cap motiu per considerar aquests béns d'una manera diferent als béns reproduïbles. L'argument és que en l'activitat econòmica, quan els béns esdevenen escassos, si els mercats funcionen de manera adequada, els preus augmenten, i mitjançant l'adaptació de l'oferta i la demanda tenen lloc uns ajustaments que condueixen a una nova situació d'equilibri. La reducció de la demanda, la substitució i el canvi tecnològic són alguns dels mecanismes que modulen els ajustaments. Llavors, es pregunta Stiglitz, per què aquests mecanismes no han de funcionar en el cas dels recursos no renovables?. Si no ens preocupem per l'escassetat dels béns normals, per què ho hem de fer per la d'aquests

recursos?. En tot cas el que ha de preocupar és que els mercats funcionin de manera eficient perquè els mecanismes adaptatius puguin operar sense restriccions.

Heal (1981) ha expressat una idea similar al afirmar que l'anàlisi de l'escassetat dels recursos no renovables addoleix d'interès, ja que -per definició- aquests recursos sempre esdevenen més escassos per l'ús. Però aquesta circumstància, per ella mateixa, no significa res. La disponibilitat d'un recurs s'ha de mesurar en relació a la seva demanda. D'altra banda, un eventual augment de la demanda tampoc no hauria de comportar cap problema irresoluble, doncs el mercat ja s'encarregarà de dur a terme l'ajustament necessari: en equilibri l'oferta i la demanda s'igualen. L'únic que s'ha de determinar és a quin preu. En aquest sentit, Heal considera novament que les qüestions que ens han de preocupar i a les que la teoria econòmica ha de respondre, fan referència a l'assignació eficient. El raonament és ben simple. Si l'explotació té lloc de manera eficient, res no es pot fer per millorar la gestió d'aquests recursos, doncs la seva contribució al benestar és màxima. Però, en sentit invers, una assignació ineficient comporta un malbaratament encara que els recursos siguin abundosos. És a dir, té lloc una pèrdua de benestar social que cal corregir.

Dels raonaments anteriors es desprèn que si aquest fos exclusivament un estudi sobre la teoria neoclàssica dels recursos no renovables es podria tancar amb el tercer capítol. Tanmateix, els arguments que acabem d'exposar, que poden tenir un cert sentit des d'una òptica estrictament teòrica, mereixen diverses qualificacions.

D'una banda, presuposen que l'assignació eficient és, per ella mateixa, l'únic objectiu de l'activitat econòmica. És cert que en una anàlisi referida als béns reproduïbles pocs economistes, i especialment si se situen dins de l'òptica neoclàssica, dubtarien de la desitjabilitat d'aquell objectiu. Però al considerar els recursos no renovables, dins de la mateixa línia convencional s'està lluny de la unanimitat en l'acceptació dels plantejaments de Stiglitz i Heal que acabem d'exposar (44). En aquest punt és pertinent recordar la posició de Fisher

(44) Naturalment, des dels plantejaments crítics a la teoria convencional les posicions són molt diferents. Recordem simplement la creixent importància atorgada a la sostenibilitat com objectiu prioritari en la gestió dels recursos naturals.

(1981), qui considera que la disponibilitat de recursos no renovables pot afectar de diverses maneres -directes i indirectes- el benestar de les generacions futures, pel que atorga a aquests recursos un cert component de béns públics, i questiona que la seva gestió s'hagi de basar únicament en el criteri d'eficiència. Aleshores, és necessari disposar d'algunes mesures per avaluar la disponibilitat dels recursos no renovables, ja que la seva funció és de llarg abast.

D'altra banda, limitar l'anàlisi al plantejament "neutre" de l'eficiència, en la pràctica comporta negligir les conseqüències de les situacions ineficients, que són les més freqüents en la realitat. En el mateix capítol 2 vàrem exposar diferents causes per les quals les trajectòries efectives es desvien de les que serien ideals: l'explotació té lloc de manera no eficient, i per tant, "a priori" disposem d'una informació defectuosa sobre la disponibilitat real d'un recurs. És el que succeeix sota determinades formes de mercat (monopolis, oligopolis), en que l'explotació dels recursos pot ser més lenta (ràpida) que en el cas d'una situació perfectament competitiva, circumstància que estarà associada a una major (menor) disponibilitat relativa del recurs. A la presència de configuracions no competitives s'hi afegeix la informació imperfecta deguda als diferents tipus d'incertesa inherents a l'explotació i ús dels recursos no renovables, la qual cosa també pot accelerar l'esgotament del recurs. I una situació semblant té lloc sota determinades formes d'intervenció (per exemple, la fixació de preus màxims). Per això és convenient separar qüestions diferents. Per un costat, les condicions en l'eficiència assignativa. I d'altra part, les característiques de l'explotació efectiva dels recursos, que determinen la seva disponibilitat real. I detectar aquesta disponibilitat -és a dir, avaluar la seva escassetat relativa- és important en la mesura en que el creixement econòmic depengui d'un nombre limitat de recursos no renovables. En aquest sentit, un dels reptes de l'anàlisi sobre l'escassetat és precisament identificar aquells indicadors que superin la limitació de les condicions d'eficiència. Això vol dir: 1) determinar els indicadors més idonis davant de diferents imperfeccions del mercat, i 2) avaluar la capacitat explicativa d'aquests indicadors en cada situació.

Abans d'afrontar aquest problema convé introduir una darrera consideració, que fa referència al context en el que té rellevància el problema de l'escassetat. Fins ara hem

associat de manera tàcita l'escassetat d'un recurs a la seva disponibilitat física, idea que, tot i ser important, només constitueix el punt de partida, doncs és una aproximació parcial a la qüestió. En realitat, la pregunta que té interès no versa tant sobre la disponibilitat d'un recurs sino sobre si la seva escassetat (física) té conseqüències pel creixement i benestar futurs. I en aquest cas existeix un ampli ventall de respostes. El que cal escatir no és, doncs, l'escassetat (física) "per se", sino en quins casos aquesta escassetat té efectes sobre l'activitat econòmica, especialment en el mig i llarg termini. Stiglitz (1979) i Boserup (1980) s'han referit a aquesta qüestió en termes similars. De manera sintètica, per què l'escassetat física d'un recurs no renovable tingui conseqüències econòmiques ha de concòrrer alguna de les circumstàncies següents: 1) l'oferta ha de ser limitada en relació a la producció corrent; 2) no és possible el reciclatge; 3) el recurs és essencial, imprescindible per a la producció: sempre se n'ha d'utilitzar una part; 4) no és possible millorar la seva eficiència, de manera que per una determinada funció econòmica la quantitat necessària del recurs presenta un limit inferior; i 5) no és possible desenvolupar un substitut.

La importància de cada situació dependrà dels recursos concrets, pel que tota generalització és inútil. Però és precisament l'existència d'alguna d'aquestes possibilitats el que justifica l'anàlisi de l'escassetat en termes físics dels recursos individuals, així com una valoració dels diferents indicadors que serveixen per mesurar-la (45).

Les consideracions anteriors reflecteixen una idea important: que l'escassetat física d'un recurs és una condició necessària, però no sempre suficient, per què afecti el creixement econòmic i el benestar (46). En una primera aproximació, doncs, la discussió sobre l'escassetat es planteja únicament en relació a la disponibilitat física dels recursos, aspecte al

(45) En aquest plantejament inicial hom pot referir-se essencialment a dues forces oposades que determinen la quantitat disponible d'un recurs no renovable en unitats físiques en cada moment del temps així com la seva evolució. D'una banda, una força que opera en sentit negatiu i que ve donada pel ritme d'explotació del recurs natural. I d'altra part, el factor "actiu", que ve donat, d'una banda, pels nous descobriments, i d'altra part, del canvi tecnològic que millora l'eficiència en l'ús del recurs i que és equivalent a un augment en el seu estoc. La disponibilitat del recurs és el resultat de la pressió que exerceix cadascuna d'aquestes forces en sentit contrari.

que es dedica el present capítol. I un cop completada aquesta anàlisi, en el capítol següent considerarem l'escassetat en una dimensió més àmplia, en termes de les possibles interrelacions entre els recursos no renovables i altres factors de producció.

4.2. Indicadors sobre l'escassetat dels recursos individuals.

La primera qüestió que cal resoldre per detectar l'escassetat dels recursos no renovables és la identificació dels indicadors que poden dur a terme aquesta funció de la manera més adequada. D'acord amb Tietenberg (1992), els indicadors haurien de reunir tres propietats. En primer lloc, l'anticipació. Cal que siguin bons predictors i s'avancin al reconeixement de l'escassetat, enlloc de certificar-la quan ja ha succeït. Això requereix que incorporin informació sobre la demanda futura, alternatives a l'obtenció del recurs així com de canvis en els costos d'extracció. En segon lloc, la comparabilitat. Haurien de permetre comparacions directes entre diferents recursos. Per exemple, informar de la importància d'un recurs en relació a d'altres recursos i de la disponibilitat de substituïts. I en tercer lloc, la computabilitat: s'han de poder calcular a partir de fonts d'informació fiables.

A partir d'aquestes premisses, per avaluar l'escassetat dels recursos no renovables es proposen dos tipus d'indicadors: a) els indicadors físics; b) els indicadors econòmics.

(46) Convé assenyalar que si el treball també es referís als recursos renovables l'escassetat física tindria un altre dimensió. La raó és que alguns d'aquests recursos acompleixen funcions que van més enllà de l'àmbit estrictament econòmic. És el cas de la terra o dels boscos, que proporcionen uns serveis insubstituïbles, ja que el seu estoc contribueix directament a mantenir l'equilibri biològic. Degut a la multifuncionalitat d'aquests recursos, la seva escassetat física pot tenir unes conseqüències de més llarg abast. En canvi, els serveis que proporcionen els recursos no renovables -que venen donats per la seva dimensió flux- es limiten a la seva contribució a l'activitat econòmica com a inputs productius, pel que la seva escassetat física només afecta el sistema econòmic.

4.2.1. Indicadors físics.

Un dels indicadors que més s'utilitzen per mesurar la disponibilitat dels recursos no renovables són les reserves provades, que fan referència a la grandària absoluta d'un estoc (habitualment en tones). Malgrat que les magnituds físiques absolutes poden tenir algun interès pels geòlegs, són de poca utilitat pels economistes, ja que aquestes xifres, per elles mateixes, no aporten cap informació rellevant. Per conèixer la importància real d'un estoc cal ponderar-lo per alguna variable flux, com la quantitat extreta (o consumida) del recurs per unitat de temps. Això fa necessari establir algun supòsit sobre el comportament d'aquesta variable. Per exemple, si la quantitat extreta (o consumida) del recurs és constant o bé presenta un creixement exponencial al llarg del temps. En aquest sentit, un indicador més significatiu que la simple comptabilització de les reserves d'un recurs seria la relació reserves/extracció (consum) del recurs, a partir del qual es podria predir el moment de l'esgotament de l'estoc. D'entrada, aquest indicador sembla satisfer les tres propietats abans esmentades, però una anàlisi acurada del mateix revela clares limitacions.

Un primer aspecte que cal considerar és la pròpia definició de reserves. Aquest concepte es refereix a la quantitat que es pot extreure d'un recurs amb els preus actuals i la tecnologia existent (Brobst i Pratt, 1973). Es tracta, doncs, d'un concepte essencialment estàtic, ja que la modificació de qualsevol de les variables incloses en la definició comportaria una alteració en el seu valor. L'experiència per molts recursos és bastant aclaridora al respecte. D'una banda, les reserves canvien amb els nous coneixements, que es materialitzen en descobriments que augmenten l'estoc inicial del recurs i en innovacions que redueixen els costos d'extracció i fan possible l'explotació de recursos coneguts que abans no eren rendibles. D'altra part, les reserves també canvien quan ho fan les condicions econòmiques. Així, un augment en el preu del recurs fa que dipòsits que amb anterioritat eren subeconòmics passin a ser rendibles. En aquest sentit un augment del preu equival a una reducció en els costos d'extracció deguda a una innovació. Finalment, la validesa d'aquest indicador està igualment afectada per l'eficiència en la utilització del recurs, que afecta directament el ritme d'extracció. Aquí el canvi tecnològic torna a jugar un paper fonamental al millorar la productivitat del recurs, i en conseqüència, reduir la quantitat necessària per

realitzar una determinada funció: una millora en l'eficiència en l'ús és equivalent a un augment de les reserves en la mateixa proporció (47).

Les consideracions anteriors permeten entreveure algunes de les limitacions d'aquest indicador. La primera d'elles és que és un predictor erròni, ja que al tractar-se d'un indicador amb un fort component estàtic, pot anticipar escassedats que en realitat no tenen lloc. A més, no precisa la gravetat de l'esgotament, doncs no informa sobre la importància real d'aquell recurs. Per exemple, no discerneix aquells recursos que s'utilitzen en la majoria de processos productius i són difícilment substituïbles d'aquells altres que tenen unes aplicacions específiques i poden ser substituïts: aquest indicador tampoc sembla complir de manera acurada la propietat de comparabilitat. El seu avantatge més clar és de tipus pràctic: és relativament fàcil de calcular (48).

A partir de l'evidència empírica, Fisher (1981) introdueix interrogants addicionals sobre la capacitat de les reserves per informar adequadament de la disponibilitat d'un recurs. En concret, Fisher observa que la relació reserves/extracció reflecteix uns valors bastant similars -en nombre d'anys- al llarg del temps per a la majoria de recursos (tot i que els valors concrets varien entre diferents recursos). Aquesta estabilitat es pot explicar considerant les reserves com un inventari equivalent a les existències de les empreses, pel que la seva disponibilitat seguiria uns criteris semblants als de l'optimització d'estocs. D'acord amb aquesta idea, cap empresa que exploti un recurs no renovable mantindrà un nivell de reserves excessivament baix, ja que detectar un dipòsit, desenvolupar-lo i extreure el recurs

(47) Una qüestió menor que també afecta a les reserves d'un recurs són els diferents criteris de comptabilització entre països. En el cas del coure, per exemple, aquestes discrepàncies es manifesten en dos dels principals països productors. Així, Xile exigeix el doble de contingut de metall de la roca que el Canadà per declarar com a reserves un estoc conegut del recurs.

(48) És significatiu que les primeres anàlisi econòmiques que incorporaven els recursos naturals consideressin aquests en la seva dimensió de reserves (físiques). És el cas dels clàssics pel que fa a la terra i de Jevons en el cas del carbó. Els conservacionistes identificaren igualment la disponibilitat de recursos amb reserves. Àdhuc, les aportacions pioneres en l'anàlisi específica dels recursos naturals (Gray, Hotelling) també es fonamenten en l'existència d'un estoc de recursos conegut i inalterable.

exigeix un cert temps i comporta una incertesa, especialment pel que fa a la fase de descobriment. En sentit invers, l'empresa tampoc estarà interessada en disposar de reserves per sobre d'un nivell considerat normal per fer front a possibles eventualitats: mantenir un excés de reserves implica suportar avui uns costos de descobriment innecessàriament elevats, ja que el seu valor actual es pot disminuir diferint l'exploració. Llavors, l'existència d'un nivell de reserves relativament estable pot ser simplement una conseqüència de l'estratègia optimitzadora de les empreses. I per això mateix, la utilització d'indicadors basats en les reserves condueixen a una avaluació errònia de l'escassetat.

Les connotacions estàtiques associades al concepte de reserves (canvis en les condicions econòmiques i tecnològiques modifiquen l'estoc existent) i el fet que el seu valor -en unitats físiques- depengui de les estratègies específiques que du a terme cada empresa suggereixen l'existència -present o futura- d'un major estoc de recursos dels que en un moment determinat s'identifiquen com a reserves, i per tant, la necessitat de revisar els indicadors basats en aquest concepte per mesurar l'escassetat.

Per suplir les limitacions inherents al concepte de reserves es proposa la utilització de conceptes geològics que presentin una menor relativitat. De fet, si el que realment preocupa és l'existència d'un límit absolut, en el sentit malthussian, l'interès s'hauria de centrar en la quantitat última de recursos realment recuperable. Aquesta idea se sustenta en el concepte de "recurs base", que té un significat estrictament geològic, al marge de connotacions econòmiques o tecnològiques i fa referència a la distribució a la terra dels materials de diferents recursos segons la seva abundància natural, pel que manté un elevat grau d'estabilitat (McKelvey, 1973). Tanmateix, els costos d'extracció fan inviable accedir a concentracions molt baixes dels recursos, pel que cal identificar els límits d'allò que efectivament es podrà recuperar. En aquest sentit, les alternatives van des de la consideració dels recursos que es podrien extreure sense superar una determinada "barrera energètica" fins a l'establiment d'interval de concentració de recursos a la terra. Brobst (1979), per exemple, situa el límit mineralògic en aquelles concentracions que oscil·len entre el 0,1% i el 0,01%.

Page i Creasey (1975) discuteixen la idea de la "barrera energètica" com a factor limitador dels recursos que efectivament es poden explotar en el llarg termini. Una primera implicació de la seva anàlisi és que els requeriments energètics depenen directament de l'abundància relativa dels materials, però la relació sempre és decreixent. A partir d'aquesta idea, Skinner (1976), en un minuciós estudi aplicat identifica els "límits mineralògics", que són aquells nivells en la qualitat (decreixent) del recurs que exigeixen un increment bruscat en el consum d'energia per recuperar els elements més escassos, doncs els processos habituals d'explotació ja no es poden utilitzar. La magnitud de l'increment energètic depèn de cada recurs, però per determinats minerals -cas dels silicats- s'estima que es podria multiplicar per un factor de 100 a 1000. Degut a això alguns experts (Brobst, 1979) consideren poc probable que per a molts recursos naturals es pugui excedir el límit mineralògic si només estan disponible les fonts d'energia convencionals. I és precisament l'existència d'aquest límit el que acotaria els valors del recurs base.

Malgrat la possibilitat d'identificar aquest límit, persisteixen els problemes per avaluar l'escassetat dels recursos amb indicadors físics. D'una banda, per la pròpia existència d'un marge de maniobra tan ampli -diferent per cada recurs- i de difícil precisió fins arribar al límit (teòric) mineralògic. I d'altra part, per que el concepte de recurs base, tot i ser insensible a l'impacte dels canvis en les condicions econòmiques (via preus) i tecnològiques (mitjançant les innovacions) en la disponibilitat física dels materials, no elimina el problema original dels indicadors de tipus geològic: el seu biaix estàtic. Quan es recorre al concepte de recurs base aquest biaix es manifesta en la utilització del recurs. Amb una quantitat física perfectament delimitada d'un recurs, la seva escassetat efectiva novament depèn de les condicions d'ús, és a dir, de la seva productivitat. I abans ja hem vist que en aquest punt el canvi tecnològic hi juga un paper de primer ordre. Així, amb un remanent geològic d'un determinat nombre de tones, el petroli podria ser escàs si la seva eficiència en l'ús és molt baixa. Però si una innovació millora l'eficiència, el petroli en la pràctica serà un recurs natural abundant. Quan l'eficiència en l'ús augmenta, el mateix estoc de recursos naturals proporciona un flux de serveis molt superior i la vida útil del recurs es pot allargar de manera considerable. Per això el concepte de recurs base pot resoldre el problema de la identificació de l'abundància física dels materials, però poc ens diu sobre el flux de serveis que

proporciona al llarg del temps aquest estoc, que és el referent vàlid per mesurar l'escassetat. Aleshores, davant les limitacions dels indicadors basats en les mesures físiques, cal considerar enfocaments alternatius, i en particular, escatir fins a quin punt les variables econòmiques contenen la informació rellevant sobre l'escassetat dels recursos.

4.2.2. Indicadors econòmics.

La funció d'aquests indicadors és avaluar la disponibilitat efectiva dels recursos entre els dos extrems a que ens acabem de referir. Per un costat, les reserves, és a dir, la quantitat ja disponible en l'actualitat. I d'altra banda, el recurs base, del qual se'n podrà utilitzar una part en el futur (en la situació ideal, la pràctica totalitat) mercès a canvis en les condicions econòmiques i tecnològiques.

Hartwick i Olewiler (1986) atorguen un significat econòmic al concepte de reserves per mitjà d'una funció que relaciona el valor actual esperat d'un recurs amb diferents nivells del seu estoc. Aquesta funció incorpora les expectatives sobre el futur pel que fa als principals aspectes, com la possibilitat de descobrir nous dipòsits, les perspectives de canvi tecnològic i l'evolució dels preus i els costos, i el seu caràcter decreixent s'explica per la desigual qualitat dels dipòsits, que s'associa a diferents costos d'extracció (49).

En un moment del temps, les reserves vindrien donades per aquell estoc de recursos pel qual el valor actual de la seva explotació es nul. Cal observar, però, que aquest nivell no necessàriament ha de ser fix, ja que depèn de la certesa de les expectatives formulades. Si les expectatives són perfectes la solució és única, però si no és així -situació més habitual-, les reserves variaran al llarg del temps. Si, per exemple, les expectatives han estat massa pesimistes, la funció es desplaçarà cap amunt i el nivell de reserves augmenta-

(49) Implícitament s'incorpora el supòsit d'eficiència en l'explotació dels recursos: en ordre decreixent començant pels de qualitat superior.

rà. Dit d'altra manera, el valor actual és nul per un estoc del recurs superior al que s'havia previst inicialment. En sentit contrari, si les expectatives han resultat excessivament optimistes, la funció es desplaçarà cap avall i les reserves seran inferiors a les que s'havien estimat al començament. La novetat del plantejament rau en que associa un concepte d'origen físic, les reserves, a una variable econòmica, el valor actual, a l'hora que permet considerar les reserves com un flux, ja que poden variar al llarg del temps.

Aquesta aproximació permet identificar l'àmbit rellevant de l'anàlisi per avaluar la disponibilitat dels recursos no renovables des de la perspectiva física i econòmica. Així, mentre en termes físics hi ha una mesura única de l'estoc d'un recurs (un cop definit un límit a la concentració dels recursos a la terra), en termes econòmics el que realment interessa és l'oferta potencial del recurs. D'una banda, el flux de recursos cap a reserves. I d'altra part, i aquest és l'aspecte més important, el flux de serveis que proporcionen aquestes reserves. Mentre aquests fluxes es puguin mantenir, la magnitud absoluta de l'estoc té una importància secundària. Com hem assenyalat abans, el referent vàlid per mesurar l'escassetat d'un recurs és el flux de serveis que s'obté d'un estoc donat, i aquest flux està mediatitzat principalment per la dinàmica tecnològica. Això significa que un dels requeriments bàsics dels indicadors econòmics per mesurar l'escassetat ha de ser la seva capacitat per captar els canvis en les condicions tecnològiques, que és una de les principals carències dels indicadors físics.

Abans de discutir la capacitat de diferents indicadors econòmics per avaluar l'escassetat dels recursos no renovables és precís definir el propi concepte d'escassetat en termes econòmics. La definició més acceptada és la de Fisher (1977), que associa l'escassetat amb els sacrificis directes i indirectes necessaris per a obtenir una unitat addicional del recurs. És a dir, el cost d'oportunitat -en sentit ampli: cal considerar el moment actual, però també el futur- de la seva explotació. Al referir-se a costos directes i indirectes Fisher inclou tant els costos privats, directament internalitzables pels agents econòmics, com els costos socials, sovint de difícil assignació (cas de l'impacte mediambiental derivat de l'explotació i l'ús dels recursos naturals).

En l'anàlisi econòmica convencional s'utilitzen tres indicadors per mesurar la disponibilitat dels recursos no renovables: a) el preu; b) els costos d'extracció; i c) la renda d'escassetat del recurs. A continuació es valora la capacitat de cadascun d'aquests indicadors per captar l'escassetat tal i com l'acabem de definir.

- Preu del recurs.

Ja hem vist que en condicions ideals l'explotació dels recursos no renovables condueix a una trajectòria eficient dels preus, entesa com la que maximitza els beneficis socials. En aquesta trajectòria s'acompleix que $P = C + R$ i per tant els preus capten tots els sacrificis en que s'incorre per obtenir una unitat addicional del recurs. Els preus eficients constitueixen un indicador òptim de l'escassetat, doncs satisfan les propietats d'anticipació i comparabilitat, a més de la de computabilitat (Tietenberg, 1992).

Els preus permeten anticipar escassetats futures (és a dir, són predictors) per que incorporen informació sobre el futur, al estar afectats per factors com la variació esperada de la demanda, possibles modificacions en l'estoc del recurs, possibilitats de substitució entre recursos i canvis en els costos d'extracció, entre d'altres. A més, canvis en els preus permeten fer comparances directes que informen sobre la magnitud de l'escassetat. En la pràctica, però, la fiabilitat amb que els preus reflecteixen l'escassetat depèn de la distància existent entre les condicions ideals i les reals. Així, hi pot haver escassetats que els preus no reflecteixin, i en sentit contrari, poden enregistrar-se uns preus excessivament elevats -en relació als preus eficients- sense que l'escassetat s'hagi intensificat (almenys, en una proporció equivalent).

Les alteracions de les condicions ideals es poden agrupar en dos grans àmbits: les imperfeccions del mercat i la inexactitud de les expectatives. D'entre les primeres cal destacar la intervenció dels mercats per mitjà de la regulació dels preus. Una situació habitual en el cas dels recursos no renovables és l'establiment de preus màxims, que provoca una desviació dels preus efectius d'aquells que serien eficients. En presència de mecanismes de regulació els preus no informen de manera adequada de l'escassetat, ja que no incorporen

tot l'esforç directe i indirecte necessari per obtenir una unitat del recurs. El cas més clar és aquell en el qual la fixació d'uns preus sostre elimina una part o la totalitat de la renda del recurs, amb la conseqüència que aquesta deixa de computar-se en la determinació dels preus. A més, com ja hem comentat en el capítol 2, l'establiment de preus sostre incentiva la sobreexplotació, pel que el recurs pot esdevenir temporalment més escàs sense que els preus ho reflecteixin.

De la mateixa manera, l'establiment d'impostos i la concessió de subsidis condueixen a distorsions en els preus que poden amagar la veritable escassetat d'un recurs. Així, l'establiment d'un impost sobre l'explotació del recurs equival a un augment dels costos d'extracció i provoca una pressió a l'alça dels preus que es podria interpretar com un augment de l'escassetat que en realitat no ha tingut lloc. La concessió d'un subsidi a l'explotació tindria els mateixos efectes però en sentit contrari: en aquest cas la davallada dels preus s'associaria a una major disponibilitat -fictícia- del recurs. Les dificultats per captar adequadament l'escassetat en mercats intervinguts és un argument que s'utilitza sovint per defensar l'absència de mesures reguladores.

Un altra imperfecció del mercat és la presència d'estructures monopòliques i oligopòliques. La possibilitat que aquestes configuracions de l'oferta comportin uns preus per damunt dels preus eficients en els períodes inicials de l'explotació del recurs podria interpretar-se com el reflex d'una escassetat inexistent. D'altra banda, en situacions de poder de mercat les empreses també poden fixar inicialment els preus per sota dels que tindrien lloc en una situació perfectament competitiva (és a dir, dels preus eficients). I aquests preus excessivament baixos es podrien associar a una major disponibilitat del recurs de la que existeix en realitat.

La capacitat dels preus per informar de manera adequada sobre l'escassetat també depèn de la precisió amb que les empreses formin les expectatives en un entorn d'informació incompleta. Si els oferents no anticipen correctament aquells factors futurs que també condicionen la producció en el present, i per tant, influeixen en els preus actuals (per exemple, possibles modificacions en la demanda, canvis en la tecnologia, capacitat de substitució dels recursos), els preus efectius tampoc reflectiran de manera acurada l'eventual impacte d'aquestes circumstàncies sobre l'escassetat (50). Així, si els oferents creuen que els preus

futurs seran anormalment elevats degut a la pressió de la demanda (la qual cosa podria succeir si no existeixen alternatives viables als recursos actuals, per exemple), aleshores restringiran l'explotació en el període present davant la possibilitat de realitzar uns guanys extraordinaris de capital en el futur. Però aquest comportament pressiona a l'alça els preus actuals i això reforça la creença que efectivament el recurs és més escàs. És clar que en el cas que les expectatives hagin estat equivocades, la informació incorporada en els preus també ha conduït a resultats erronis sobre la disponibilitat real del recurs.

Un altra limitació que presenten els preus és de tipus pràctic i afecta a la seva computabilitat. La informació sobre preus corrents és significativa quan es refereix a sèries llargues. El curt, i àdhuc, el mig termini (períodes de fins a 10 anys) poden ser poc rellevants sobre l'evolució dels preus. Així, en períodes curts, el preus poden variar -i àdhuc fer-ho de manera acusada- simplement pel funcionament d'alguns mercats de recursos no renovables, aspecte que per les seves implicacions es tracta en el capítol sisè. En aquest punt l'aspecte que cal emfasitzar és la importància dels desajustaments entre la capacitat de producció i la demanda. Aquests desajustaments poden tenir una durada considerable -deguda, entre d'altres factors, a l'elevada intensitat de capital requerida en les activitats de recursos naturals- i poden provocar oscil·lacions continuades dels preus, sense que els moviments ascendents estiguin associats a una creixent escassetat del recurs ni els moviments descendents a una major disponibilitat (51). En canvi, els preus a llarg termini reflecteixen de manera més acurada les tendències i condicions de l'explotació dels recursos no renovables (descobriments, substitucions evolució dels mercats, etc). Addicionalment, la informació dels preus en sèries llargues és més assequible per un ampli ventall de recursos.

(50) Aquestes consideracions són de tipus general i en absolut esgoten la casuística de situacions possibles, que poden reflectir circumstàncies molt diverses. Un exemple: un recurs natural es podria extingir sense que el seu preu ho detectés degut a l'existència de substituïts perfectes, bé que en aquest cas l'exhaustió físic no tindria conseqüències econòmiques, ja que no existeix esgotament funcional (Howe, 1979)

(51) Com s'exposa en el capítol sisè, en la realitat les oscil·lacions més acusades dels preus a curt termini corresponen precisament als mercats més competitius, pel que la informació puntual que subministren els preus d'aquests mercats és la que reflecteix amb menys cura la disponibilitat efectiva dels recursos.

Els problemes de mesura no acaben aquí. Un altre aspecte fonamental és determinar en quin nivell de transformació del recurs es comptabilitzen els preus. Val a dir que aquest problema no es planteja únicament amb els preus. Afecta a qualsevol indicador que pretengui reflectir l'escassetat dels recursos naturals, però incideix de manera especial en els preus, ja que són -amb diferència- l'indicador que més s'utilitza.

Els preus rellevants són els que corresponen a la primera fase del procés (l'explotació), en la que el recurs encara és una primera matèria en brut (Vickrey, 1967). Tanmateix, sovint el preu que es mesura és el dels recursos processats, després d'una primera transformació. La principal raó és que bastants empreses que operen en les indústries dels recursos estan verticalment integrades en les fases inicials del procés, pel que quan els recursos es col·loquen en el mercat ja han experimentat algun tipus de transformació. En aquestes circumstàncies el preu pot presentar un biaix que dependrà, entre d'altres factors, del possible efecte de la tecnologia en el procés de transformació primària. Així, una major eficiència en la fase de transformació pot compensar un augment continuat del preu del recurs natural (com a primera matèria). I l'estabilitat o reducció del preu del recurs després del processament indicaria una menor escassetat, quan en realitat succeeix el contrari (52).

Un cop resolt aquest problema -si és possible-, el que interessa és l'evolució dels preus reals dels recursos naturals, és a dir, els preus corregits per algun tipus de deflactor. Però com mostren Brown i Field (1976), l'elecció del deflactor influeix en els resultats. Al referir-nos als treballs empírics sobre l'escassetat dels recursos naturals incidirem altra vegada en aquesta qüestió, pel que aquí no ens hi extendrem més. Simplement deixar constància que a partir d'una mateixa sèrie de preus, l'ús com a deflactors dels preus dels inputs (capital i treball), dels béns intermedis i dels béns finals, comporta en cada cas conclusions diferents sobre l'escassetat. Per a resoldre aquesta discrepància, Brown i Field suggereixen utilitzar com a deflactor una variable que es pugui mantenir qualitativament inalterada -amb les degudes correccions- al llarg del temps. La seva proposta és el salari ajustat per la qualitat del treball.

(52) El cicle productiu ferro-acer és un exemple d'aquesta situació

- Cost marginal d'extracció.

Al igual que els preus, el cost mesura l'escassetat d'un recurs natural en la seva dimensió flux, és a dir, un cop s'ha extret del dipòsit. Els costos presenten un avantatge respecte els preus i és la seva major objectivitat, ja que tenen una menor dependència d'aquells factors externs a l'extracció que condueixen a resultats ineficients. Els costos no estan afectats per l'estructura dels mercats de recursos naturals ni per les regulacions que els afectin. Tampoc sembla que la incertesa i les expectatives tinguin gaire influència. Tanmateix, la independència respecte dels factors que condicionen el resultat del mercat no significa que els costos siguin totalment neutres. Així, la configuració dels mercats de factors productius (treball, capital, energia) influeix en l'evolució dels costos, però hom pot raonablement acceptar que el seu impacte és considerablement menor que en el cas dels preus.

La solidesa d'aquest indicador depèn de les circumstàncies en que té lloc l'explotació del recurs. Si l'explotació es du a terme en ordre de qualitat decreixent, i a més, la tecnologia utilitzada no varia quan l'extracció progressa, llavors els costos augmentaran de manera monòtona, al requerir-se quantitats creixents dels altres factors productius per extreure una unitat addicional del recurs. Quan això succeeix el costos d'extracció són un bon indicador del sacrifici directe -és a dir, present- suportat per les empreses per obtenir una unitat addicional del recurs. Tanmateix, els costos no capten els sacrificis indirectes de l'extracció: la unitat addicional extreta avui no està disponible pel futur i els costos d'extracció res diuen sobre la incidència d'aquesta circumstància en l'escassetat (53).

En la pràctica, la situació que acabem d'exposar no és la més habitual. Sovint els costos unitaris es redueixen durant períodes bastant llargs quan l'explotació progressa. Això s'explica, d'una banda, pel descobriment de dipòsits de qualitat superior, i d'altra part, per la millora continuada de la tecnologia en l'explotació dels recursos. Aquesta millora es manifesta mitjançant diferents innovacions (nous mètodes d'extracció, nous equips que afavoreixen unes majors economies d'escala) que fan possible una reducció de la quantitat necessària dels factors productius -mesurada en qualitat constant- per obtenir una unitat addicional del recurs.

En aquest sentit és interessant observar que la presència del canvi tecnològic pot comportar un biaix en la capacitat dels costos d'extracció per reflectir de manera acurada l'escassetat. Com ja hem vist, és freqüent que les innovacions compensin l'efecte acumulat de l'extracció que pressiona els costos a l'alça, pel que els costos es redueixen malgrat la disminució continuada de l'estoc i la decreixent qualitat dels dipòsits, la qual cosa té lloc, sobretot, en la fase inicial de l'explotació. Però també és difícil que aquesta situació es mantingui de manera permanent. Quan l'estoc del recurs és petit i la qualitat baixa, els costos tendeixen a augmentar ja que l'efecte acumulat de l'extracció predomina sobre l'efecte innovació: el progrés tècnic ja està subjecte a rendiments decreixents i no pot compensar les creixents aportacions necessàries dels altres factors per extreure una unitat addicional del recurs. Tanmateix, l'evidència en aquest punt tampoc és definitiva. De vegades els esforços per localitzar i posar en funcionament nous dipòsits pot afavorir innovacions que redueixen ulteriorment els costos d'explotació (àdhuc, dels jaciments més desfavorables). Norgaard (1975) en un estudi sobre els costos d'extracció del petroli als Estats Units mostra que les millores tecnològiques han compensat la progressiva reducció en la qualitat del recurs i els costos totals s'han reduït tot i la intensificació de l'explotació.

(53) Precisament per això els costos són un bon indicador de l'escassetat dels recursos naturals en aquelles situacions en que el futur no importa (dit d'una manera més acurada: quan la taxa de descompte és infinita). En aquest cas l'únic sacrifici rellevant és el sacrifici directe, que és el que capturen els costos d'extracció. Això és el que succeeix si els drets de propietat no estan ben definits, com succeeix quan els recursos s'exploten en règim de lliure accés i opera el fenomen del polissó (o "free rider"). En l'actualitat aquesta situació és pràcticament inexistent pel que fa als recursos no renovables, però encara perdura en el cas d'alguns recursos renovables, com les espècies marines de les aigües internacionals. Addicionalment, és interessant observar que en lliure accés té lloc una sobreexplotació del recurs des de l'inici, pel que els preus en els primers períodes són anormalment baixos mentre que en els períodes finals augmenten bruscament davant la imminència de l'exhauriment. Aquesta és una trajectòria clarament ineficient en la que els preus no informen adequadament de l'escassetat futura del recurs pel que perden la propietat de l'anticipació. Així, els preus infravaloren l'escassetat del recurs en la fase inicial i només capturen aquesta escassetat quan el recurs està a punt d'esgotar-se. En canvi, els costos reflecteixen en cada moment l'esforç necessari per obtenir una unitat del recurs, pel que mesuren amb major exactitud l'evolució de la seva escassetat.

Els costos d'extracció també poden informar de manera esbiaixada de l'escassetat -bé que per períodes de temps no excessivament llargs- quan existeixen possibilitats de substitució entre diferents recursos naturals o entre aquests i els altres factors de producció. La raó es troba en l'elevada intensitat de capital pròpia de les activitats extractives (Brown i Field, 1978). Així, si un recurs natural és fàcilment substituïble quan el preu augmenta, la seva demanda disminuirà, i possiblement també ho farà el seu preu. En canvi, degut als elevats costos fixes que suporten les empreses, el cost unitari podria augmentar en relació proporcional a les possibilitats de substitució, quan en la pràctica la quantitat que s'explota del recurs natural és menor.

Un altra limitació dels costos és que la informació que contenen reflecteix la situació passada. Els costos, a diferència dels preus, no proporcionen informació sobre el futur -per exemple, no diuen res sobre la tendència previsible del canvi tecnològic-, pel que no compleixen la funció predictiva i no són un indicador anticipador. Aquesta és una carència important, per què en presència d'innovacions continuades -o radicals- els costos d'extracció podrien experimentar una reducció permanent compatible amb l'exhauriment físic del recurs.

La darrera consideració es refereix a la comptabilitat d'aquest indicador, ja que les dades sobre els costos no sempre estan disponibles ni es poden obtenir de forma fiable a partir d'informació secundària (Smith i Krutilla, 1976). D'entrada, els costos són difícils de quantificar, ja que s'han d'agregar dades d'empreses amb diverses tècniques d'extracció, una utilització diferent dels factors i costos distints per cada factor. Quan aquesta quantificació és possible, en el seu càlcul només es considera la contribució del capital i el treball, mentre que els costos energètics es deixen de banda. I sovint també es negligeixen els costos socials, que es manifesten en forma d'externalitats i que tenen una importància creixent. Un problema addicional d'ordre pràctic és el de l'agregació dels factors productius, capital i treball, que comporta resoldre el problema de la mesurabilitat del capital. Tanmateix, potser el més important és l'absència dels costos d'exploració, consubstancials als sectors de recursos naturals, i que les empreses han suportat amb anterioritat a l'inici de l'activitat d'extracció. Per això de vegades s'atribueix una major capacitat explicativa als preus que als costos d'extracció, ja que les sèries de preus de llarg termini inclouen els costos de

descobrir nous dipòsits (Brown i Field, 1979). Una de les possibles discrepàncies en l'evolució dels preus i costos és precisament que alguns elements que influeixen en els preus però no afecten -o no es computen- en els costos varien al llarg del temps.

- Renda d'escassedat.

A diferència dels preus i dels costos d'extracció, la renda d'escassedat fa referència al valor dels recursos naturals "in situ", és a dir, en la seva dimensió estoc, abans de procedir a l'explotació. Es tracta doncs d'un indicador de la escassedat "pura" del recurs. La renda indica el canvi de valor del recurs en el jaciment entre el present i el futur, que s'associa al preu ombra del recurs. Llavors, la renda capta íntegrament el sacrifici en que s'incorre per obtenir una unitat addicional del recurs: la pèrdua deguda a l'explotació d'aquesta unitat avui, i és per això que conceptualment es considera el millor indicador per avaluar la disponibilitat dels recursos naturals que s'exploten en règim de propietat privada Fisher (1977). Entre els avantatges que presenta la renda es troba la capacitat per capturar l'efecte del canvi tecnològic, a diferència del que succeeix amb els preus i costos, que en aquesta situació subestimen l'escassedat, ja que augmenten menys ràpidament que la renda. Aquest seria el cas, per exemple, en que una disminució dels costos deguda a una innovació compensa l'efecte d'escassedat i pressiona els preus a la baixa. L'augment de la renda captaria justament la major escassedat del recurs natural que tampoc no reflecteixen els preus (54).

La propietat més potent de la renda és la de l'anticipació, ja que si el futur no importés, la renda d'escassedat no existiria (55). Idealment, aquest indicador incorpora la informació relevant sobre el futur que permet preveure els canvis tant en els factors d'oferta (costos,...) com en els que afecten a la demanda. En el món real, però, la situació és diferent. L'absèn-

(54) Recordem novament que aquesta situació és pròpia de la fase inicial en l'explotació d'un recurs no renovable.

cia d'informació perfecta -que es reflecteix en la inexistència de mercats de futurs-, impedeix conèixer amb precisió el valor futur dels recursos naturals i pot conduir a estimacions esbiaixades sobre la seva escassetat.

Establerta aquesta limitació de tipus general, una comparança de la renda amb els indicadors alternatius pot ser aclaridor per esbrinar la seva capacitat efectiva per avaluar l'escassetat. Quan considerem conjuntament el comportament dels preus, els costos i la renda, és habitual l'existència de discrepàncies en la seva evolució. Això s'explica per les opcions obertes en l'evolució de cada indicador, la multiplicitat de factors que influeixen en ells, i pel fet que el mateix comportament d'una variable en dues situacions diferents pot respondre a causes totalment distintes.

Així, si els preus es mantenen estables, es consideraria, d'entrada, que no hi ha un augment de l'escassetat. Tanmateix, caldrien consideracions addicionals sobre la situació del mercat i les condicions tècniques de l'explotació. Si els preus estan regulats -s'estableixen preus màxims, per exemple-, i els costos d'extracció són creixents, la renda es reduirà al llarg del temps, el que indicaria una disminució de l'escassetat, quan en realitat succeeix el contrari. D'altra part, l'estabilitat en els preus també pot reflectir una elevada elasticitat de la demanda del recurs, degut a la seva facilitat de substitució (per un altre recurs o per factors produïts), per exemple. En aquest cas la renda disminuiria com a conseqüència de la facilitat de substitució del recurs i aquesta reducció reflectiria la situació real de manera més acurada: el sacrifici futur provocat per la utilització d'aquest recurs avui és més baix precisament per l'existència del substitut, i per tant, la valoració present del recurs "in situ" també ho és (Fisher, 1979).

(55) En aquelles circumstàncies en que el futur no importa, la renda d'escassetat perd la seva validesa com a indicador. Com ja hem vist (nota 53), això succeeix -amb tots els matisos que es vulgui- quan els recursos naturals que s'exploten en règim de lliure accés, sense regulació externa. En aquest cas, l'actuació "eficient" de les empreses (es a dir, l'actuació que maximitza el flux de beneficis llarg del temps), es redueix a maximitzar els beneficis en el període inicial. Així, amb una taxa de descompte infinita, el valor atorgat al recurs natural en el futur per l'empresa privada que l'explota és zero. I en conseqüència, la renda d'escassetat també és nul·la.

La darrera qüestió sobre la renda fa referència a la propietat de comptabilitat, és a dir, a la possibilitat d'observar i mesurar aquesta variable. La primera dificultat és que la renda, en general, no és directament observable. En la pràctica la renda s'estima per la diferència entre el preu del recurs natural i els costos marginals d'extracció, pel que el seu valor està afectat pel comportament d'aquestes variables. Abans ja ens hem referit als factors que influeixen en els preus efectius, i en particular, a les imperfeccions del mercat, cas de les regulacions externes. És remarcable que algunes d'aquestes intervencions provoquin precisament la minva i, àdhuc, l'eliminació, de la renda d'escassetat, com succeeix amb la fixació de preus màxims. Això significa que, tot i que la renda és conceptualment independent de l'estructura del mercat, en el món real les imperfeccions afecten la seva mesura. En el cas d'un monopoli -o d'un oligopoli-, per exemple, es genera una renda d'escassetat, una renda monopolística, i si els dipòsits que s'exploten són de qualitat elevada, també té lloc l'aparició d'una renda diferencial (56). Però en la realitat els diferents tipus de rendes són difícils de distingir. La situació pel que fa als costos tampoc està exempta de problemes. A banda de les limitacions conceptuals d'aquest indicador apareix una dificultat pràctica, i és que les dades disponibles no s'expressen en termes marginals sino mitjans.

Per cobrir aquestes carències s'ha proposat aproximar la renda d'escassetat per una variable observable, el cost de descobrir nous dipòsits. La idea és simple: una empresa que maximitzi els beneficis du a terme l'exploració fins que el cost addicional de descobrir una nova unitat del recurs iguali el benefici extra que proporciona la susdita unitat. I aquest benefici addicional és precisament la renda. El plantejament sembla interessant, però mereix algunes qualificacions. La primera d'elles és la consistència de les dades sobre exploració, sovint distorsionada per les intervencions externes (57). Però a banda de la influència dels

(56) Així, l'augment de les rendes en els països de l'OPEP després del 1973 no respongué a una intensificació sobtada a l'escassetat sino al poder de mercat exercit per aquells països degut a la incapacitat de la resta de productors d'augmentar l'oferta a curt termini als costos històrics.

(57) Això succeeix en aquells països en que l'exploració dels recursos naturals està mediatitzada pel sector públic. Al Canadà, per exemple, l'exploració de petroli i gas natural reb considerables subvencions per part de l'Administració.

factors externs, la principal dificultat es planteja en relació a la pròpia utilitat d'aquest indicador. Com assenyalen Devarajan i Fisher (1982a), els costos de descobriment no tan sols capturen la dificultat de trobar nous dipòsits, també reflecteixen els intents de les empreses d'afrontar la pròpia incertesa del procés de descobriment (és a dir, de la relació desconeguda entre els esforços esmerçats en la troballa de nous dipòsits i l'output obtingut en forma de jaciments). Aleshores, el problema és que encara que es puguin estimar els costos de descobriment, apareix un biaix degut a la presència d'un element espuri difícilment eliminable: la incertesa que és consubstancial al procés de descobriment. Diferents anàlisi assenyalen que en situació d'incertesa generalment té lloc una disminució del nivell d'activitat, de manera que el benefici marginal supera el cost marginal, i la diferència correspon a la prima de risc, mentre Devarajan i Fisher mostren que el resultat també podria ser l'invers. Però en qualsevol cas, el que sembla poc probable és que els costos marginals de descobriment s'igualin a la renda del recurs, pel que l'aproximació proposada no és del tot satisfactòria i resta per resoldre el problema de la seva estimació (58).

4.3. L'escassetat en funció del tipus de recurs.

En l'apartat anterior hem fet referència als indicadors econòmics per mesurar l'escassetat tot assenyalant llurs possibles avantatges i limitacions. Si bé no existeix cap indicador infalible, hom pot acceptar que l'anàlisi de la tendència conjunta del preu, el cost marginal d'extracció i la renda d'escassetat permet obtenir una informació de certa consistència. Per

(58) Aquest plantejament, a més, suposa que el motiu de l'exploració és augmentar la grandària de l'estoc, però també existeixen altres raons per explorar. Per exemple, Alais (1957) i Gilbert (1979) indiquen que una empresa pot explorar per millorar la informació sobre la grandària de l'estoc, ja que això li pot permetre organitzar millor l'explotació. Un altre motiu podria ser la diversificació de la inversió per disminuir el risc. En la mesura en que aquests factors tinguin un pes específic significatiu, augmentarà la divergència entre els costos marginals de descobriment i la renda.

exemple, si aquests tres indicadors experimenten uns valors creixents al llarg del temps, semblaria versemblant que l'escassetat física del recurs natural augmentés. Així, doncs, la coincidència en l'evolució temporal dels diferents indicadors es pot associar a un augment o una disminució de l'escassetat, mentre que un comportament dispar dels mateixos obliga a una extensió en l'anàlisi (Smith, 1980).

La imperfecció dels resultats en la mesura de l'escassetat, tanmateix, no s'explica únicament per les insuficiències dels indicadors individuals. També pot ser una conseqüència de l'ambigüïtat -o manca de precisió- a l'hora d'identificar i definir els diferents tipus de recursos naturals. Per clarificar aquesta qüestió, Hall i Hall (1985) reprenen les consideracions de Malthus (límit absolut) i de Ricardo (diferent qualitat) sobre les característiques dels recursos i presenten una classificació que incorpora les diferents situacions del món real, a partir de la qual identifiquen els diversos tipus d'escassetat i l'indicador més adient en cada cas.

En concret, Hall i Hall identifiquen quatre tipus d'escassetat. En primer lloc, l'escassetat malthussiana d'estoc: recursos naturals finits i de qualitat uniforme. Correspon a la situació plantejada per Hotelling, en la que els costos marginals d'extracció són constants. En segon lloc, l'escassetat malthussiana de flux: recursos naturals finits però els costos marginals augmenten amb la taxa d'extracció. En tercer lloc, l'escassetat ricardiana de flux: recursos naturals il·limitats però de qualitat decreixent, pel que els costos marginals també s'incrementen amb la taxa d'extracció. I finalment, escassetat ricardiana d'estoc: els costos marginals augmenten amb la taxa d'extracció i també amb la quantitat extreta.

A partir d'aquest marc conceptual, per cada situació els preus es determinen d'una manera diferent i existeix una mesura ideal per a l'escassetat. En aquest sentit, convé observar que la renda d'escassetat només apareix en les situacions d'escassetat malthussiana (estoc finit del recurs natural).

En el cas de l'escassetat malthussiana d'estoc s'acompleix que:

$$P = C' + \text{Renda d'escassetat}$$

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 eventuals 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 Mirrlees 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 hipòtesi 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 obtingueren 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 des 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 anàlisis.

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.

Reprement 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 anàlisi 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'escassedat.

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'escassedat així com els costos d'extracció i processament dels recursos. El model que

especifica 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 anàlisis 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.

mentre que el gas natural és el recurs que experimenta el canvi de tendència en un període més curt: els preus disminueixen rapidament en els anys 1920-40 però a partir de 1950 registren un increment de la mateixa magnitud.

Mueller i Gorin (1985) relativitzen les conclusions de Slade pel que fa al comportament dels preus, car consideren que el seu model adoleix de dues limitacions: a) presenta un biaix considerable; i b) s'aplica incorrectament a les dades. Pel que fa al primer aspecte, el biaix del model es troba precisament en els seus supòsits: l'existència d'un canvi tecnològic progressiu i l'explotació dels recursos naturals en ordre de qualitat decreixent. D'altra banda, l'aplicació incorrecta es deu a la no consideració de la influència d'altres factors en els preus (poder de mercat, guerres, tarifes selectives, impostos i subsidis), situacions que, segons ells, han estat bastant habituals al llarg d'aquest període. Com en el model de Slade l'ajustament quadràtic té lloc per tot el període i no només per aquells anys en que els preus no estan subjectes a influències externes, Mueller i Gorin utilitzen variables "dummy" per incorporar els efectes d'aquests factors a les equacions del model de Slade, i apliquen el nou procediment per a l'anàlisi concreta del coure. En aquest cas la funció quadràtica modificada no s'ajusta bé i el millor ajustament són funcions lineals per subperíodes. Per això, segons Mueller i Gorin, la trajectòria dels preus en forma d'U resulta d'un error en l'especificació del model que desapareix amb l'especificació correcta. La interpretació d'aquests resultats és que en cada subperíode la tendència (creixent) dels preus reflecteix la intensificació de l'escassetat degut a la disminució de l'estoc i de la quantitat del recurs natural. I els diferents subperíodes vindrien determinats per les discontinuïtats en el canvi tecnològic. Això confirmaria l'existència d'una trajectòria discontinua compatible amb el model de Slade.

Com a conclusions Mueller i Gorin assenyalen tres aspectes. En primer lloc, que no es pot avaluar la capacitat dels preus com indicadors de l'escassetat sense considerar l'efecte dels factors externs. Així, el simple ajustament d'una equació a les dades disponibles és insuficient. I en segon lloc, que el canvi tecnològic ha d'endogeneitzar-se, doncs les innovacions -com palesa el cas del coure- no són graduals sino que presenten salts, pel que s'han de contemplar de manera discreta. En el mateix exemple del coure, això es reflecteix

en un canvi radical en la tecnologia utilitzada cap el 1920. Finalment, caldria incorporar la possibilitat de discontinuïtat en la qualitat dels recursos naturals, més enllà de la simple seqüència monòtona decreixent.

Slade (1985) respon a les crítiques de Mueller i Gorin centrant-se en tres aspectes: a) els factors que influeixen en els preus; b) els canvis en la tecnologia; i c) els errors en l'especificació de les influències exògenes.

Pel que fa a la primera qüestió, Slade assenyala que a més del progrés tècnic i de la disminució en la qualitat d'un recurs natural, en el preu d'aquest recurs influeixen tal diversitat de factors que a llarg termini actuen com si es tractés d'un "soroll blanc". Per això considera que la seva exclusió no altera els resultats, llevat que les variables excloses estiguin relacionades amb les incloses. Així, fenòmens com les inversions i els cicles d'activitat són importants en la determinació dels preus a mig termini (5-15 anys) però esdevenen irrelevantes en la tendència que reflecteix l'evolució a llarg termini.

En relació als canvis discrets en la tecnologia, Slade accepta que l'aparició d'un nou procés comporta una discontinuïtat, però el seu impacte no es manifesta fins que aquest procés és adoptat per les empreses. En aquest sentit, l'aspecte rellevant és que el procés d'adopció d'una nova tecnologia -a diferència del que succeeix amb un descobriment- sembla mantenir una continuïtat (70).

Finalment, per escatir possibles errors en l'especificació de les influències exògenes, Slade presenta una nova especificació amb variables "dummy" corregint temporalment alguns factors situats incorrectament per Mueller i Gorin (com l'efecte dels càrtels, les depressions, el canvi tecnològic). Amb l'equació corregida, degudament ajustada a les influències exògenes, la forma d'U en la trajectòria dels preus persisteix. S'observa que els càrtels i les

(70) En aquest punt Slade argumenta que en el cas del coure el canvi radical en la tecnologia tingué lloc a començament dels anys 20 amb la intensificació dels mètodes d'extracció "open pit", però això fou facilitat per un canvi gradual cap a les tècniques de processament no selectives a partir del 1900.

guerres augmenten els preus (llevat si existeix un control efectiu), mentre les depressions tendeixen a reduir-los. Llavors, la única influència exògena que és no significativa és el progrés tècnic, per la raó abans adduïda: la introducció de noves tècniques és gradual i la difusió de les innovacions té lloc de manera contínua.

D'acord amb les característiques atorgades als diferents indicadors econòmics, l'aproximació per la via de la renda és la que es considera idònia per mesurar l'escassetat dels recursos, però presenta les mateixes dificultats que en la contrastació de la teoria de l'esgotament: l'estimació dels valors d'aquesta variable. Per això els exercicis per avaluar la disponibilitat dels recursos a partir de la renda s'han reduït a uns pocs casos en que l'estimació ha estat possible, i en general, les sèries de dades que s'han obtingut corresponen a un període considerablement inferior al que abasten les estimacions dels preus. Si hom considera que l'anàlisi rellevant per detectar possibles escassetats en els recursos no renovables és el llarg termini, la restricció temporal fa que en aquest cas els resultats adoleixin de la significabilitat que poden tenir les trajectòries dels preus.

Cairns (1981) du a terme una estimació de la renda pels dipòsits de níquel del Canadà utilitzant dades de l'empresa Inco, primer productor mundial i que detenta una posició monopòlica en aquell país. Cairns conclou que per aquest recurs el "royalti" (part de la renda deguda a l'exhauriment del recurs) és nul, circumstància que atribueix a la gran dimensió de les reserves existents en relació a la demanda i a la possible aparició de tecnologies alternatives abans de l'esgotament físic del mineral. Aleshores, tota la renda correspon al "cost de degradació", és a dir, a la part imputable als efectes de l'extracció acumulada, que estima no superior al 5% del preu del recurs. La conclusió és clara: la renda no prové de l'exhauriment del recurs sino de la desigual qualitat dels dipòsits, pel que es tracta de rendes de tipus diferencial. Uns resultats en la mateixa línia obté Slade (1982b) pels dipòsits de coure dels Estats Units, conclouent que la major part de la renda també es deriva de les diferents qualitats dels dipòsits.

Una aproximació diferent és la que segueixen Devarajan i Fisher (1982b), que estimen la disponibilitat de petroli i gas als Estats Units pel període 1947-71 aproximant la renda

d'escassetat pels costos mitjans de descobrir nous dipòsits. Al seu torn, els costos mitjans s'utilitzen com una aproximació a l'indicador més idoni, els costos marginals. Els costos mitjans presenten una tendència creixent -bé que enmig d'oscil·lacions considerables- que es tradueix en un increment anual mig del 5,7%. Deixant de banda la representativitat de la mostra -que no permet extreure conclusions generals- el resultat és significatiu perquè evidencia la discrepància amb altres indicadors econòmics aplicats als mateixos recursos. Així, en el període de referència els preus reals es van mantenir pràcticament estabilitzats, mentre que els costos d'extracció es reduïren de manera continuada. Devarajan i Fisher conclouen que durant un període pel que les altres variables indiquen una disminució de l'escassetat d'aquests recursos, en realitat succeeix el contrari.

Un dels darrers treballs aplicats per avaluar la disponibilitat dels recursos no renovables per l'aproximació de la renda correspon a Halvorsen i Smith (1984), que utilitzen la teoria de la dualitat per resoldre el problema de l'estimació d'aquest indicador en les indústries verticalment integrades, situació freqüent en l'àmbit dels recursos no renovables i que, com ja hem assenyalat, és un dels principals obstacles per disposar de dades sobre la renda. Un cop resolt el problema de procediment, Halvorsen i Smith duen a terme l'anàlisi per a la indústria metallminera del Canadà pels anys 1956-1974. Els resultats que obtenen mostren que la renda (entesa en la seva totalitat, és a dir, com a preu ombra del recurs no extret) disminueix substancialment durant el període considerat. Tanmateix, a diferència dels treballs previs de Cairns i Slade, en aquest cas no s'avalua el comportament individual dels diferents components de la renda, pel que resta l'interrogant de la part que correspon a l'escassetat pura del recurs (efecte exhauribilitat) i aquella altra que es deu a l'efecte de l'extracció acumulada. Halvorsen i Smith també analitzen l'evolució dels preus reals dels materials transformats pel mateix període -que és la variable que normalment s'utilitza degut a la carència de dades més idònies- i els resultats obtinguts indiquen un lleuger increment. Això revela novament les discrepàncies entre diferents indicadors en la mesura de l'escassetat així com la importància de prendre com a referència per a la seva avaluació la primera fase del procés de transformació.

Bibliografia Capítol 4.

- Allais, M. (1957). "Method of appraising economics prospects of mining exploration over large territories", Management Science, vol 3, N° 4, pp. 285-347.
- Barnett, H.J. i Morse, C. (1963). Scarcity and Growth, Resources for the Future, Johns Hopkins University Press.
- Barnett, H.J. (1979). "Scarcity and growth revisited", en V.K. Smith (Ed), Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 163-217.
- Boserup, M. (1980). "Are there really depletable resources ?", en C. Bliss i M. Boserup, Economic Growth and Resources, vol 3, McMillan, pp. 49-63.
- Brobst, D.A. i Pratt, W. (1973), United States Mineral Resources, U.S. Geological Survey Professional Paper 820.
- Brobst, D.A. (1979). "Fundamental concepts for the analysys of resource availability", en V.K. Smith (Ed), Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 106-142.
- Brown, G.M. i Field, B.C. (1976). "The adequacy of measures for signalling the scarcity of natural resources", Forum on the Economics of Natural Resource Scarcity, Resources for the Future.
- Brown, G.M. i Field, B.C. (1978). "Implications of alternative measures of natural resource escarcity", Journal of Political Economy, vol 86, N° 2, pp. 228-243.
- Brown, G.M. i Field B.C. (1979). "The adequacy of measures for signaling the scarcity of natural resources", en V.K. Smith (Ed), Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press.
- Cairns, R.D. (1981). "An application of depletion theory to a base metal: canadian nickel", Canadian Journal of Economics, vol 14. N° 4, pp. 635-647.
- Cleveland, C.J. (1992). "Natural resource scarcity and economic growth revisited: economic and biophysical perspectives", en R.Constanza (Ed), Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability, Columbia University Press, pp. 289- 317.
- Devarajan, S. i Fisher, A.C. (1982a). "Mesures of natural resource scarcity under uncertainty", en Pindyck, R.S. (Ed), Explorations in Natural Resource Economics, JAI Press.
- Devarajan, S. i Fisher, A.C. (1982b). "Exploration and scarcity", Journal of Political Economy, vol 91, N° 61, pp. 1279-1290.
- Fisher, A. C. (1977). On Measures of Natural Resource Scarcity, Research Report, Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

- Fisher, A.C. (1979). "Mesures of natural resource scarcity", en V.K. Smith (Ed), Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 249-275.
- Fisher, A.C. (1981). Resources and Environmental Economics, Cambridge University Press.
- Gilbert, R.J. (1979). "Optimal depletion of an uncertain stock", Review of Economics Studies, vol 46, pp. 47-57.
- Halvorsen, R. i Smith, T.R. (1984). "Measuring natural resource scarcity", Journal of Political Economy, vol 92, N° 5, pp. 954-964.
- Hall, D.C. i Hall, J.V. (1984). "Concepts and measures of natural resource scarcity with a summary of recent trends", Journal of Environmental Economics and Management, vol 11, pp. 363-379.
- Hartwick, J.M. i Olewiler, N.D. (1986). The Economics of Natural Resource Use, Harper Collins.
- Heal, G.M. (1981). "Scarcity, efficiency and disequilibrium in resource markets", Scandinavian Journal of Economics, vol 82, N° 2, pp. 334-351.
- Herfindahl, O.C. (1959). Cooper Costs and Prices: 1870-1957, Johns Hopkins University Press.
- Howe, C.W. (1979). Natural Resource Economics: Issues, Analysis and Policy, John Wiley and Sons.
- Johnson, M.H. et al (1980). "Natural resource scarcity: empirical evidence and public policy", Journal of Environmental Economics and Management, vol 7, pp. 256-271.
- Kay, J.A. i Mirrlees, J.A. (1975). "The desirability of natural resource depletion", en D.W. Pearce i J.Rose (Eds), The Economics of Natural Resource Depletion, McMillan, pp. 140-176.
- Leontief, W. et al (1977). The Future of the World Economy, Oxford University Press. Existeix una ersió en castellà: El Futuro de la Economía Mundial, Siglo Veintiuno de España Editores.
- McKelvey, V.E. (1972). "Mineral resource estimates and public policy", American Scientist, vol 60, N° 1, pp. 32-40.
- Mueller, M.J. i Gorin, D.R. (1985). "Informative trends in natural resource commodity prices: a comment on Slade", Journal of Environmental Economics and Management, vol 12, pp. 89-95.
- Nordhaus, W.D. (1974). "Resources as a constraint on growth", The American Economic Review, vol 64, maig, pp. 22-26.

- Nordhaus, W.D. (1992). "Lethal model 2: the limits to growth revisited", Brookings Papers on Economic Activity, vol 2, pp. 1-59.
- Norgaard, R.B. (1975). "Resource scarcity and the new technology in U.S. petroleum development", Natural Resources Journal, vol 15, pp. 265-295.
- Norgaard, R.B. (1990). "Economic indicators of resource scarcity: a critical essay", Journal of Environmental Economics and Management, vol 19, pp. 19-25.
- Page, N.J. i Creasey, S.C. (1975). "Ore grade, metal production and energy", U.S. Geological Survey Journal of Research, vol 3, N° 1, pp. 9-13.
- Potter, N. i Christy, F.T. (1962). Trends in Natural Resource Commodities: Statistics of Prices, Output, Consumption, Foreign Trade and Employment in the United States 1870-1957, Johns Hopkins University Press.
- Skinner, B.J. (1976). "A second iron age ahead ?", American Scientist, vol 64, pp. 258-269.
- Slade, M.E. (1982a). "Trends in natural-resource commodity prices: an analysis of the time domain", Journal of Environmental Economics and Management, vol 9, pp. 122-137.
- Slade, M.E. (1982b). "Empirical tests of economic rent in the U.S. copper industry" en J.R. Moroney (Ed), Advances in the Economics of Energy and Resources, JAI Press Inc, vol 4, pp. 223-239.
- Slade, M.E. (1985). "Non informative trends in natural resource commodity prices: U-shaped price paths exonerated", Journal of Environmental Economics and Management, vol 12, pp. 181-192.
- Smith, V.K. (1978). "Measuring natural resource scarcity: theory and practice", Journal of Environmental Economics and Management, vol 5, pp. 150-171.
- Smith, V.K. (1979). "Natural resource scarcity: a statistical analysis", Review of Economics and Statistics, vol 61, N° 3, pp. 423-427.
- Smith, V.K. (1980). "The evaluation of non natural resources adequacy: elusive quest or frontier of economic analysis ?", Land Economics, vol 56, N° 3, pp. 257-298.
- Smith, V.K. i Krutilla, J. (1976). "The Economics of Natural Resource Scarcity", Forum on the Economics of Natural Resource Scarcity, Resources for the Future.
- Stiglitz, J.E. (1979). "A neoclassical analysis of the economics of natural resources", en V.K. Smith (Ed), Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, The Johns Hopkins University Press, pp. 36-66.
- Tietenberg, T. (1992). Environmental and Natural Resource Economics, Harper Collins.
- Vickrey, W. (1967). "Economic criteria for optimum rates of depletion", en M. Gaffney (Ed), Extractive Resources and Taxation, University of Wisconsin Press.

Capítol 5.

**CONSEQÜÈNCIES DE L'ESCASSEDAT FÍSICA DELS RECURSOS NO
RENOVABLES PER A L'ACTIVITAT ECONÒMICA. EVIDÈNCIA EMPÍRICA.**

5. CONSEQÜÈNCIES DE L'ESCASSEDAT FÍSICA DELS RECURSOS NO RENOVABLES PER A L'ACTIVITAT ECONÒMICA. EVIDÈNCIA EMPÍRICA.

5.1. La funció dels recursos no renovables en l'activitat econòmica.

En el capítol anterior ens hem referit a l'escassetat física dels recursos no renovables i la manera d'identificar-la a partir de diferents indicadors econòmics. Aquest és un aspecte important si, com s'ha suggerit de vegades, els recursos naturals tenen alguna consideració de béns públics i per ells es postula una gestió que tingui en compte algun tipus d'equitat intergeneracional. En aquest cas, la detecció de l'escassetat dels recursos és una condició prèvia per a la implementació d'una estratègia que afavoreixi la seva conservació, més enllà del simple criteri de la gestió eficient i de les possibles implicacions de la seva escassetat sobre el creixement econòmic. En aquest sentit, els indicadors econòmics acompleixen una funció informativa essencial.

Tanmateix, el que ara ens interessa afrontar és una qüestió diferent (de l'equitat intergeneracional). Es tracta de determinar en quines situacions l'escassetat física dels recursos no renovables té conseqüències per a l'activitat econòmica, i més específicament, quan aquestes conseqüències tenen un caràcter irreversible. És a dir, quan l'escassetat física dels recursos constitueix, per ella mateixa, un problema econòmic. Per discutir aquesta qüestió els indicadors econòmics sobre l'escassetat també acompleixen una funció preventiva, ja que la restricció en la disponibilitat de recursos és un prerrequisit per que l'escassetat física tingui implicacions econòmiques, però com ja hem assenyalat en el capítol previ, dista molt de ser una circumstància definitiva.

Això suggereix que per determinar en quines situacions l'escassetat física té conseqüències econòmiques de llarg abast l'anàlisi ha d'adoptar una perspectiva més àmplia i transcendir l'àmbit dels recursos naturals "en singular". Cal passar de l'enfocament parcial a un enfocament que consideri també les relacions que existeixen entre els diversos recursos no renovables, entre els recursos no renovables i la resta de recursos naturals, entre

els recursos no renovables i els altres factors productius i també entre el conjunt de béns que aquests recursos permeten obtenir. En definitiva, l'anàlisi ha de considerar la funció que aconsegueixen els recursos no renovables en l'activitat econòmica (71).

El punt de partida del nou plantejament és que els recursos no renovables són uns inputs bàsics en els processos productius, en la mesura en que contribueixen directament a l'obtenció de béns i serveis (72). Un aspecte fonamental és que la demanda de recursos no renovables és una demanda derivada dels béns i serveis que contribueixen a produir. Per això, per avaluar les implicacions econòmiques de l'escassetat física dels recursos naturals previament cal considerar dos aspectes. El primer fa referència a les característiques dels béns i serveis (intermitjos o finals) que els recursos no renovables permeten obtenir (tipus de béns i serveis, modificació al llarg del temps, etc). Cal identificar, a la vegada, quin funció duen a terme aquests béns i serveis en l'activitat econòmica i detectar possibles canvis en la seva evolució (73). La segona consideració afecta a la forma com s'obtenen aquells béns i serveis (intermitjos o finals), la qual cosa comporta identificar les combinacions - presents i previsibles - per dur a terme els processos de producció. Les possibles respostes a aquestes dues qüestions acotarien l'àmbit en el que l'escassetat física d'un recurs natural té conseqüències per a l'activitat econòmica.

(71) La distinció analítica entre els recursos naturals i les seves funcions correspon a Scott (1962). En una de les primeres aportacions sobre aquesta qüestió, Scott addueix que no es demanen recursos concrets sino propietats desertes que satisfan determinades necessitats. I aquestes propietats es poden obtenir de diverses maneres en funció de la tecnologia disponible en cada moment. Els recursos naturals són, simplement, uns instruments per assolir uns objectius econòmics.

(72) Com ja hem comentat, un altra possibilitat seria aquella en la que el recurs natural satisfés directament necessitats essencials "in situ", sense incorporar-se als processos de producció. Aquesta funció és important per alguns recursos renovables (cas de la terra i dels boscos, per exemple, que també aconsegueixen funcions ecològiques), però molt secundària pels recursos no renovables, que proporcionen uns fluxes de serveis vinculats a l'activitat directament productiva.

(73) Aquesta és una qüestió bastant complexa que requeriria d'una anàlisi individualitzada a nivell aplicat per tipus de recurs (o grups de recursos) i per països (o grups de països) per obtenir algunes conclusions significatives, pel que en aquest treball simplement ens limitem a fer-hi esment per mostrar la seva importància.

Per que l'escassetat física tingui conseqüències per a l'activitat econòmica cal que s'acompleixin dues condicions de manera simultània. En primer lloc, que els béns i serveis que s'obtenen a partir dels recursos no renovables presentin una demanda fortament inelàstica a curt termini -és a dir, que tinguin la consideració de béns i serveis essencials pels consumidors-, sense que existeixin possibilitats de substituir-los, i que la seva demanda no canviï al llarg del temps. Sembla, però, que aquesta és una situació excepcional ja que la demanda de molts recursos naturals varia així que ho fa la composició de l'output final de l'economia, i aquesta composició depèn d'una diversitat de circumstàncies, entre les que destaca el nivell de desenvolupament d'un país (74). En segon lloc, que aquests béns i serveis s'obtinguin a partir de combinacions fixes de factors productius, sense que existeixi la possibilitat de modificar-les quan alguns d'aquests factors esdevenen més escassos. En el cas dels recursos no renovables això significa que aquests recursos han de ser essencials -en el sentit estricte- en l'activitat econòmica, sense que es puguin substituir per altres inputs per dur a terme la mateixa funció.

Les implicacions de les restriccions imposades per la primera condició estan subordinades a que s'acompleixi la segona. Així, si els mateixos béns i serveis es poden obtenir amb diferents combinacions de recursos naturals (renovables i no renovables) o de recursos no renovables i altres inputs productius, àdhuc en el cas extrem que la demanda derivada de béns i serveis fos totalment inelàstica, l'economia podria satisfer sense problemes les seves necessitats. Aleshores, per procedir d'una manera seqüencial en el desenvolupament del plantejament que hem presentat, en aquest capítol farem referència essencialment a la segona qüestió, i ens centrarem en les possibilitats de substitució entre els diferents factors productius i en la identificació d'alguna mesura per avaluar el marge de maniobra d'una economia a l'hora de implementar aquesta substitució. Tanmateix, canvis en la dotació i en

(74) La demanda de minerals no energètics, per exemple, és més elevada en termes relatius en les etapes inicials del procés de desenvolupament, quan una economia constitueix el seu estoc de capital agregat (grans infraestructures,...). Després una part important de la demanda total correspon a la reposició, que és proporcionalment bastant inferior.

els preus dels factors també afecten la demanda final (és a dir, la composició de l'output), i això, al seu torn, incideix en la demanda dels inputs. Per això, malgrat la separació que hem introduït per raons de tipus pràctic, per aquesta via tornen a interrelacionar-se l'activitat econòmica general amb la dinàmica de substitució dels recursos no renovables.

L'exposició prèvia suggereix que en el nou context la significabilitat econòmica de l'escassetat depèn essencialment de les possibilitats de substitució dels recursos. Si aquestes possibilitats existeixen, l'eventual exhauriment d'un recurs (irreversibilitat física) és simplement un esdeveniment, però no tindria conseqüències per a l'activitat econòmica.

5.2. Indicadors de les possibilitats de substitució entre inputs.

En l'anàlisi econòmica convencional les possibilitats de substitució entre els inputs o factors productius venen donades per les isoquantes. En aquest plantejament inicial, i a fi de simplificar, reduïm els inputs a dues grans categories: els recursos naturals i els factors produïts. Diferents pendents -o graus de convexitat- de les isoquantes reflecteixen les opcions existents en la substitució dels inputs. Quan menor és el grau de convexitat d'una isoquanta més elevades són les possibilitats de substitució, és a dir, menor és la renúncia en la que incorre un factor en relació al que el substitueix per mantenir inalterada la producció. La situació extrema és aquella en que la isoquanta és una línia recta, el que indica que en el tram en que la substitució és possible aquesta té lloc a una taxa constant. En general, quanta menys corbatura presenti l'isoquanta més facilitat de substitució existeix entre ambdós inputs en aquell domini en que la substitució és factible. D'altra banda, si el recurs natural és un input essencial (sempre se n'ha d'utilitzar una part), la isoquanta mai tallarà l'eix que representa els factors produïts. Un cas extrem -que s'ha d'entendre únicament com una possibilitat teòrica- és aquell en que cap dels factors productius és essencial. Això significaria, per exemple, que la producció es podria dur a terme sense recursos naturals, amb una utilització suficientment elevada de factors produïts (capital i treball). Una isoquanta que tallés en algun punt ambdós eixos reflectiria aquesta possibilitat (75).

En una economia que utilitza diversos factors de producció, l'elasticitat de substitució, σ , és un dels indicadors que millor capta les possibilitats de substitució entre ells, ja que determina de quina manera canvia (en termes percentuals) la relació entre els factors com a resposta a una variació (percentual) en els seus preus relatius. Quan es consideren més de dos factors, les possibilitats de substitució es reflecteixen en les elasticitats parcials de substitució, que indiquen el grau amb que es poden substituir dos factors mantenint constant el valor dels altres factors (76). En principi, caldria esperar que els valors de les elasticitats parcials de substitució es modifiquin quan també ho fan els preus dels factors productius. En aquest sentit, si bé l'elasticitat de substitució no constitueix una mesura de l'escassetat dels inputs per ella mateixa, sí permet detectar la capacitat d'una economia per adaptar-se a eventuais restriccions en la seva disponibilitat, que és el que ara ens interessa.

Els valors de l'elasticitat de substitució, se situen en l'interval $(-\infty, \infty)$. Així, si un canvi en els preus relatius dels inputs no té incidència sobre la seva utilització, $\sigma = 0$, el que indicaria que els inputs (en aquest cas recursos naturals i factors produïts) s'utilitzen en proporcions fixes (77). D'altra banda, si una variació en els preus relatius comporta no utilitzar més l'input que ha augmentat de preu, $\sigma = \infty$, i hi hauria una substituïbilitat perfecta entre els recursos

(75) La idea de dur a terme l'activitat productiva sense l'ús de recursos naturals ha estat criticada de manera repetida -i en ocasions, contundent- pels economistes que posen l'èmfasi en les bases físiques que regulen els processos de producció. Com ja hem exposat en el primer capítol, Georgescu-Roegen i Daly han abandonat aquesta polèmica. Per això convé recordar que des de l'òptica de l'anàlisi neoclàssica aquesta circumstància només representa una possibilitat teòrica -una més- dins de les diferents combinacions hipotètiques entre els inputs productius. L'anàlisi empírica serà l'encarregada d'establir allò que és realment factible.

(76) Algebraicament, l'elasticitat de substitució s'expressa de la següent manera:

$$\sigma = \frac{d\left(\frac{FP}{RN}\right) \frac{P_{FP}}{P_{RN}}}{d\left(\frac{P_{FP}}{P_{RN}}\right) \frac{FP}{RN}}$$

on P són els preus i FP i RN representen factors produïts i recursos naturals, respectivament.

(77) En aquest cas les isoquantas serien línies rectes que formen un angle de 90°.

naturals i els factors produïts (78). En general, quan els inputs presenten substituïbilitat entre ells, $\sigma > 0$ (79). Finalment, si una variació en els preus relatius dels inputs provoca un canvi de sentit contrari en el seu ús, la relació és de complementarietat i això ho reflectirà un valor negatiu de l'elasticitat de substitució. Convé remarcar, però que, més enllà de l'estricta relació de complementarietat o substituïbilitat entre els inputs, intervals i valors concrets de σ indiquen la magnitud dels ajustaments necessaris en una economia per afrontar possibles situacions d'escassetat. És clar que aquests ajustaments seran més fàcils quan $\sigma > 1$ que quan la substitució entre inputs és quelcom problemàtica ($\sigma < 1$).

En la pràctica, la mesura de l'elasticitat de substitució està subjecte a les mateixes dificultats i condicionants que apareixen quan s'utilitzen indicadors econòmics individuals per avaluar l'escassetat. Un aspecte important per la incidència que té en el valor de σ és la fase del procés de transformació dels recursos en que tenen lloc els càlculs. D'igual manera, el nivell d'agregació emprat en l'anàlisi també afecta els resultats. Addicionalment, l'heterogeneïtat de les circumstàncies en que es determina σ de vegades també impideix establir comparances sobre les possibilitats de substitució dels recursos naturals en diferents situacions. Al referir-nos als treballs empírics tornarem a considerar aquests aspectes, doncs incideixen directament en les conclusions que s'obtenen.

A nivell teòric la importància de l'elasticitat de substitució s'evidencia en els models neoclàssics de creixement que incorporen els recursos no renovables com a inputs productius. Com ja hem assenyalat en el segon capítol, en aquests models es determinen les condicions en que és possible mantenir el consum per càpita al llarg del temps amb una població constant. Dasgupta i Heal ho fan a partir d'una funció de producció CES i Stiglitz amb una funció del tipus Cobb-Douglas. En tots els casos es palesa que l'element clau és el valor de l'elasticitat de substitució entre els recursos naturals (RN) i el capital (K) en el límit, així que la quantitat de recurs natural disminueix. Si l'elasticitat de substitució és constant, un creixement sostingut és possible si $\sigma_{K,RN} > 1$, o alternativament, si $\sigma_{K,RN} = 1$ i

(78) És la situació a la que ens hem referit abans de la isoquanta que talla ambdós eixos: cap dels factors productius seria essencial.

l'elasticitat de l'output respecte el capital (és a dir, la participació del capital en el producte brut) és superior a l'elasticitat de l'output respecte els recursos no renovables (que indica la participació d'aquests recursos en el producte brut). Si l'elasticitat de substitució no és constant, el que interessa és determinar el seu comportament en termes asimptòtics, quan la quantitat utilitzada del recurs no renovable tendeix a zero. En aquesta situació caldria esperar que el preu del recurs augmentés en relació al preu del capital, pel que hi haurà un incentiu per substituir recursos per capital. Si com a conseqüència d'això té lloc un canvi tecnològic augmentador dels recursos no renovables que permet la seva substitució per capital a una velocitat superior a la que s'incrementa el preu d'aquests recursos, la creixent escassetat física dels recursos tampoc no tindria conseqüències econòmiques i el consum per càpita es podria mantenir al llarg del temps. Això s'acompleix àdhuc si els recursos no renovables són imprescindibles per l'activitat econòmica, de manera que sense aquests recursos el nivell de producció seria nul (80).

L'elasticitat de substitució fa referència a la relació entre factors en l'àmbit directament productiu, però en el cas dels recursos no renovables la substitució per altres inputs també pot tenir lloc de manera indirecta, impulsada per canvis en la demanda dels béns que aquests recursos contribueixen a fabricar. Com abans hem exposat, per que l'escassetat física d'un recurs no renovable tingui conseqüències importants per a l'activitat econòmica, a més d'una $\sigma_{RN,K}$ baixa, la demanda directa del recurs també ha de ser bastant inelàstica. Això

(79) Gràficament la isoquanta seria convexa respecte els eixos. I quan més gran sigui el valor de σ , menor serà la convexitat.

(80) En aquests models les possibilitats de substitució entre factors també es poden determinar a partir de les seves participacions relatives en l'output. Amb el supòsit addicional d'una situació competitiva, que iguala els preus dels factors al seu valor del producte marginal, hom esperaria que a mesura que el preu d'un factor augmentés en relació a l'altre, davant de dificultats -o simplement, la impossibilitat- de procedir a la seva substitució, la participació en l'output del factor que ha augmentat el preu també s'incrementés. És un altra manera d'indicar que l'elasticitat de substitució entre aquests dos factors és inferior a la unitat.

indicaria que a mesura que els recursos no renovables esdevenen escassos tampoc hi ha marge per a la substitució de les mercaderies molt intensives en aquests recursos per d'altres de menys intensives en el seu ús, ja sigui perquè es tracta de productes de primera necessitat, o simplement, per la impossibilitat d'adaptar les preferències dels consumidors a les noves circumstàncies (81).

Per determinar l'impacte d'aquestes dues possibilitats (o dos efectes) l'anàlisi teòrica s'ha de situar en el marc de l'equilibri general. Les primeres incursions en aquesta línia corresponen a Chichilnisky i Heal (1983) i Solow (1987). D'acord amb el seu plantejament un augment en el preu d'un recurs no renovable repercuteix en el conjunt de l'activitat econòmica per una doble via. D'una banda, a nivell microeconòmic, mitjançant la substitució del recurs per altres inputs (essencialment capital i treball) per part de l'empresa. L'abast d'aquesta substitució depèn de les possibilitats tècniques que permet el procés productiu. D'altra part, els efectes de l'augment del preu també es manifesten en l'àmbit macroeconòmic per la modificació de la demanda final. Si el preu dels recursos no renovables s'incrementa també ho farà el preu de les mercaderies intensives en aquests recursos en relació a la resta de béns finals, i per tant, desencadena un procés de substitucions en els béns finals que pot modificar ulteriorment la demanda d'aquell recurs. Ambdós efectes poden operar conjuntament en la mateixa direcció, amb el resultat d'una reducció de la demanda dels recursos no renovables per part de les empreses. Però l'aspecte rellevant és que aquests dos efectes no necessàriament s'han de manifestar de manera interrelacionada. Al tractar-se de fenòmens diferents -tot i tenir una causa comuna- poden actuar de manera independent: és factible que tingui lloc una substitució dels recursos naturals a nivell macro -via modificacions en la demanda final- encara que no s'alteri l'ús relatiu dels factors en l'àmbit microeconòmic (82). Això suggereix que les possibilitats de substitució en

(81) En sentit, invers, si l'elasticitat directa de la demanda dels béns i serveis és alta (per exemple, perquè es poden substituir productes finals intensius en recursos naturals per d'altres menys intensius en aquests inputs), l'escassetat física de recursos no renovables tampoc no estarà associada a problemes econòmics greus.

tre recursos no renovables i factors produïts no estan únicament determinades per la tecnologia, que és la possibilitat que contempla l'aproximació microeconòmica, sino que també són importants les preferències dels consumidors. En conseqüència, l'elasticitat de substitució varia a mesura que ho fa l'equilibri de l'economia pel mecanisme de la demanda en resposta a variacions en el preu dels inputs. Per aquest motiu l'elasticitat de substitució ha de considerar-se endògena i no el simple resultat de les opcions tècniques en la combinació dels factors en un moment determinat.

El que hem exposat fins ara sobre els efectes de l'escassetat dels recursos no renovables per l'activitat econòmica condueix a una conclusió important, i és que l'anàlisi s'ha de traslladar a l'àmbit empíric, ja que la pedra de toc és el valor que adopti l'elasticitat de substitució entre aquests recursos i els factors produïts, sobretot el capital. Per limitacions òbvies sobre la disponibilitat de les dades, no s'han dut a terme estimacions de l'elasticitat de substitució al nivell d'agregació dels models macroeconòmics a que ens acabem de referir, però si han tingut lloc diferents temptatives a uns nivells més limitats d'agregació que poden constituir una aproximació acceptable al que succeeix a nivell general. Tanmateix, determinar de quina manera operen els mecanismes de substitució en la realitat, fins i tot en un entorn bastant desagregat, no és senzill, ja que les anàlisi empíriques han d'afrontar considerables dificultats. D'una banda, pel que fa al seu àmbit d'aplicabilitat -temporal, espacial i sectorial. I d'altra part, per que qualsevol contrastació requereix previament l'especificació d'un model i aquí tornen a manifestar-se la diversitat d'alternatives existents. En concret, l'ús de diferents funcions de producció condiciona els resultats que s'obtenen, pel que aquest és un altre aspecte rellevant de l'anàlisi. Per la seva importància i per les modificacions que ha experimentat és pertinent referir-s'hi amb un cert detall.

(82) Aquesta situació podria tenir lloc, per exemple, si els factors només es poden utilitzar en proporcions fixes (almenys a curt termini) i la demanda dels béns finals intensius en recursos naturals és molt elàstica.

5.3. Tipus i característiques de les funcions de producció. Conseqüències per a l'anàlisi de la substitució entre inputs.

Les funcions de producció indiquen les possibilitats existents en la combinació dels factors per obtenir una determinada quantitat d'output. A nivell teòric aquestes possibilitats van des de l'estricta complementarietat entre els inputs fins a la substituïbilitat perfecta, però en la pràctica un aspecte que acota els límits de la substitució és l'horitzó temporal que es considera. Així, hom pot raonablement acceptar que el marge de maniobra -en termes de substituïbilitat- a mig i llarg termini és més elevat que en un període curt de temps. En funció dels tipus de substituïbilitat que presuposen, les funcions de producció es poden classificar en tres grans grups.

En primer lloc, les funcions que admeten una substituïbilitat "ex-ante" (és a dir, abans de dur a terme la inversió) i "ex-post" (un cop la inversió s'ha materialitzat) entre els diversos factors de producció (83). El prototipus correspon a la funció Cobb-Douglas (que es desenvolupa en els anys 20) i que presuposa una substituïbilitat perfecta entre factors, pel que la combinació d'aquests té lloc, en cada moment, en funció dels preus relatius. També la funció CES pertany a aquest grup.

Tanmateix, per diferents motius, els supòsits implícits en aquestes funcions no encaixen prou bé amb la realitat. Per exemple, admeten una perfecta divisibilitat dels factors, quan de fet les indivisibilitats condicionen l'ús d'alguns inputs, situació que afecta especialment al capital. D'altra banda, tampoc consideren les rigideses tecnològiques, que en la pràctica restringeixen les possibilitats de substitució. L'aspecte més important, però, és que postulen reversibilitat en les decisions assignatives, car se suposa que l'adaptació a les noves circumstàncies es pot dur a terme de manera instantània i sense incórrer en cap cost, men-

(83) En la terminologia anglosaxona són les anomenades funcions de producció "putty-putty"

tre l'experiència mostra que predominen les situacions d'irreversibilitat (canvis en els preus relatius en sentit contrari al que van modificar la situació inicial poques vegades comporten una decisió inversa a la que es va adoptar en un primer moment). En aquest sentit també cal tenir present el temps que transcorre per fer efectiva la substitució d'alguns inputs, com és el cas dels recursos no renovables, tant en forma d'energia com de materials. Degut precisament als costos de la reversibilitat, les empreses intentaran assegurar-se que la nova situació és estable abans de modificar la combinació dels factors, pel que la substitució només té lloc si el preu dels factors experimenta un augment considerable i després que hagi transcorregut un període de temps suficientment llarg per que el nou nivell de preus es consideri permanent.

En la pràctica les substitucions entre inputs (sobretot pel que fa als recursos no renovables) són consubstancials a la renovació dels equipaments, ja que els diferents factors productius no operen de manera independent: el seu ús es troba fortament mediatitzat per les característiques del capital existent (Rosenberg, 1994) (84). Sovint la substitució dels inputs exigeix modificar el tipus d'equipament utilitzat, i tampoc no és estrany que aquesta modificació requereixi d'alguna innovació, el que encara pot dilatar més la substitució. Al seu torn, en la renovació dels equipaments influeixen una diversitat d'elements, entre els que s'hi compten l'amortització de les instal·lacions (85), les circumstàncies específiques en que operen les empreses (per exemple, la necessitat d'ampliar la capacitat de la planta) així com factors externs (condicions de finançament, etc). Per això és difícil establir amb precisió si la renovació ha estat induïda (total o parcialment) per modificacions en els preus relatius dels inputs o, simplement, respon a d'altres causes. En qualsevol cas, el que no es pot obviar és que la relació entre la demanda d'inputs (i en particular, recursos no renova-

(84) En aquest sentit, serien com peces d'un trencaclosques o un mecano. L'entitat de cada peça li ve donada perquè forma part d'un conjunt complet.

(85) En aquest cas la seva renovació tindria lloc en el mig-llarg termini, un cop esgotada la vida útil dels equipaments.

bles) i el seu preu està fortament mediatitzada per les característiques dels equipaments amb els que funcionalment interactuen aquells inputs. Aleshores, la relació esdevé complexa i les funcions del tipus "putty-putty", per les hipòtesis que incorporen, no semblen les més aptes per capturar aquesta relació.

En segon lloc, situant-nos en l'altre extrem, tenim les funcions que postulen una complementarietat total entre els diferents factors, i per tant, rebutjen les substitucions "ex-ante" i "ex-post" (85). El prototipus és la funció de coeficients fixes, introduïda per Harrod i popularitzada per Leontief en la dècada dels 40. En una economia amb quatre factors productius, capital (K), treball (L), energia (E) i materials (M), són funcions del tipus

$$Y = \frac{K}{v} = \frac{L}{u} = \frac{E}{w} = \frac{M}{m}$$

on v , u , w , m són constants que representen la intensitat de la utilització de cada input. La formulació prèvia indica l'existència d'una rigidesa total en les combinacions dels factors, pel que es tracta d'unes funcions que només consideren relacions pròpies del curt termini, període en el que hom pot raonablement acceptar que aquests coeficients són estables. Per la seva construcció, en aquest tipus de funcions canvis en els preus relatius dels factors no modifiquen -no poden fer-ho- les seves combinacions, pel que l'elasticitat de substitució és nul·la. Però en realitat l'evolució del progrés tècnic augmenta el nombre de combinacions possibles entre factors al llarg del temps i això es tradueix precisament en una modificació dels coeficients tècnics.

Per relaxar la restricció imposada per l'estabilitat dels coeficients tècnics s'han desenvolupat les funcions de generacions de capital, en les que les proporcions fixes entre factors només es mantenen pels equips d'una generació, però poden variar entre generacions. La

(85) Funcions del tipus "clay-clay"

combinació entre factors es pot modificar en funció dels preus relatius així que els equipaments es renoven, de manera que els equipaments més recents estaran millor adaptats als preus relatius dels inputs. Un clar avantatge d'aquestes funcions en relació a les anteriors és que introdueixen de manera explícita l'estructura diversa del capital al considerar que aquest és un factor productiu heterogeni en qualsevol moment del temps. En sentit invers, al excloure la possibilitat de substitucions "ex-ante" a nivell de cada generació de capital, no permeten marge de maniobra a curt termini.

Finalment, cal considerar les funcions que admeten una substitució "ex-ante" entre factors però rebujen o limiten les substitucions "ex-post", i que comencen a desenvolupar-se als anys 60 amb les aportacions de Salter (86). Aquí el marge de maniobra té lloc a l'inici de l'activitat i l'elecció de la tècnica depèn dels preus relatius dels factors i de les expectatives sobre la seva evolució. Però un cop presa la decisió no hi ha possibilitats de substitució fins que s'introdueixi la nova generació d'equipaments. Prediccions o estimacions errònies dels preus relatius dels factors comporta suportar costos futurs elevats, ja que l'empresa opera en una situació d'ineficiència que no es pot modificar durant el període de vida útil de l'equipament.

Posteriorment Fuss va presentar una versió modificada d'aquest plantejament, en la que es permet una certa flexibilitat per variar la combinació de factors "ex-post", bé que el marge de maniobra és menor que en la situació "ex-ante" (87). En aquest cas les empreses decideixen abans de comprometre la inversió el grau de flexibilitat que desitjen -dins dels límits que permet la tecnologia disponible- en funció de la variació esperada dels preus relatius dels factors durant el període de vida útil dels equipaments. La situació que acabem d'exposar correspondria a funcions del tipus Cobb-Douglas o CES "ex-ante" que passarien a ser de coeficients fixes o amb algun grau de flexibilitat "ex-post".

(86) Funcions del tipus "putty-clay".

(87) Són les funcions del tipus "putty-semi putty".

Per superar les principals restriccions consubstancials als casos extrems (substituïbilitat perfecta en el cas de les funcions Cobb-Douglas i complementarietat rígida per les funcions de coeficients fixes) sembla que les funcions dels dos darrers tipus ("putty-clay" i "putty-semi putty") constitueixen una alternativa adequada. Tanmateix, encara persisteixen alguns factors limitatius. En les funcions del tipus Cobb-Douglas o CES compatibles amb funcions de generacions de capital una limitació important és que l'elasticitat de substitució es manté constant. La major restricció la imposen les funcions del tipus Cobb-Douglas, en les que l'elasticitat de substitució és igual a la unitat per qualsevol combinació de factors. Això significa que la substituïbilitat entre dos inputs productius sempre és directament proporcional a les variacions en els seus preus relatius, i per tant, la part dels costos dels factors en el total es manté constant, situació que difícilment encaixa amb la realitat.

Les funcions del tipus CES, per la seva part, incorporen un major grau de flexibilitat pel que fa a la substituïbilitat entre factors: l'elasticitat de substitució es manté constant però pot assolir qualsevol valor. Aquest plantejament permet corregir algunes de les limitacions de les funcions del tipus Cobb-Douglas i reflectir de manera més acurada els moviments en les combinacions dels factors productius. Així, en una funció del tipus CES les participacions dels factors en l'output estan mediatitzades pels canvis en els seus preus i pel comportament de l'elasticitat de substitució. En concret, es pot mostrar que si l'elasticitat de substitució és inferior a la unitat, quan augmenta el preu d'un input també ho fa la seva participació en els costos totals, degut a la dificultat per substituïr-lo. En canvi, si l'elasticitat de substitució és superior a la unitat, l'increment del preu es traduirà en una disminució de la seva participació, ja que l'input és fàcilment substituïble. I quan l'elasticitat de substitució és igual a la unitat, la situació seria la mateixa que en el cas d'una funció Cobb-Douglas.

En l'anàlisi de les substitucions entre inputs, i en particular, en relació als recursos no renovables, els desenvolupaments en la teoria de la producció i dels costos que tenen lloc en els anys 60 varen permetre superar algunes de les limitacions conceptuals i pràctiques que acabem de comentar, la qual cosa facilità les anàlisi empíriques que de manera sistemàtica tenen lloc a partir de la dècada dels 70. L'inici d'aquestes contribucions rau en una recerca de Nerlove al 1963 sobre les possibilitats de substituïr capital, treball i diferents tipus de

combustible en la generació d'electricitat als Estats Units. Per dur a terme l'estudi, Nerlove presentà una aportació teòrica, consistent en una funció de cost dual amb rendiments no constants a escala, que havia de substituir a una funció de producció convencional del tipus Cobb-Douglas degut a les excessives restriccions que aquesta presentava. Pocs anys després McFadden intensificà la investigació en la teoria i aplicacions de la dualitat en la producció amb l'objectiu de generar formes funcionals de tres o més inputs que fossin menys limitatives que les de la de Cobb-Douglas o la CES. Es tractava d'eliminar les restriccions "a priori" sobre l'elasticitat de substitució, i a l'hora, mantenir la consistència amb els supòsits de la teoria. Això exigia generalitzar les funcions del tipus CES i convertir-les en funcions del tipus VES (elasticitat de substitució variable), que no imposen cap condició prèvia a les elasticitats de substitució entre factors. És a dir, transformar formes funcionals rígides en formes funcionals flexibles. El pas decisiu en aquesta línia té lloc amb la introducció de les funcions translogarítmiques (un tipus especial de funcions VES) per Christensen, Jorgenson i Lau (1971). Les funcions "translog" tenen l'avantatge de no imposar restriccions "a priori" i són les que més s'han utilitzat per estimar les elasticitats de substitució entre inputs els darrers 25 anys.

5.4. L'evidència empírica de la substitució de recursos no renovables (energia i materials) per factors produïts.

5.4.1. Primeres controvèrsies.

Les anàlisi aplicades de la substitució entre recursos no renovables i factors produïts (sobretot capital) han estat marcades des dels seus inicis per un debat sobre la complementaritat o la substituïbilitat d'aquests inputs. Els primers treballs, realitzats als Estats Units, aporten evidències parcials i indirectes, però ja reflecteixen un posicionament sobre aquesta qüestió. És el cas dels exercicis que es duen a terme els anys 50 i 60 per detectar la importància dels recursos naturals en la composició del comerç exterior. Així, els estudis

desenvolupats primer per Leontief i després per Vanek, Weiser i Baldwin a partir de les taules input-output constaten que els productes més intensius en l'ús de recursos naturals també ho són en capital, amb una relació capital/output que supera la mitjana industrial, i concloen que la relació entre els recursos naturals i el capital produït és de complementarietat.

En sentit contrari, en la mateixa època, Hagen i Adler troben indicis de la substitució de recursos naturals per capital en els sectors tecnològicament més avançats i de la importància de les innovacions en aquest procés de substitució. Però és a partir de l'estudi de Barnett i Morse quan pren força la idea de la substituïbilitat. La causa última s'atribueix a les millores en el coneixement, de les que se'n deriva un progrés tecnològic acumulatiu. Aplicat als recursos naturals, això s'expressa mitjançant una "funció de conversió" que reflecteix les possibilitats de transformar recursos de baixa qualitat en recursos de qualitat estandard amb un major ús dels factors produïts (capital i treball).

Durant els anys 70 s'inicien les anàlisi directes de la substitució entre factors de producció incloent-hi explícitament els recursos no renovables. S'incorporen els progressos teòrics sobre les funcions de producció i s'utilitzen tècniques econòmiques més avançades. Amb unes formulacions més elaborades els resultats semblen guanyar fiabilitat, però a l'hora també apareixen nous reptes, com és el cas de les especificacions dinàmiques.

Un dels primers treballs empírics per mesurar les possibilitats de substitució entre factors productius correspon a Binswanger (1974), que en una anàlisi de tall transversal estima les elasticitats parcials de substitució entre els diferents inputs de l'agricultura als Estats Units (terra, fertilitzants, maquinària i treball), però sense considerar l'energia un factor independent. Els anys de referència són el 1949, 1954, 1959 i 1964. Els resultats indiquen, d'una banda, una elevada substituïbilitat entre el treball i els fertilitzants. Segons Binswanger, aquesta relació s'explica -almenys parcialment- perquè en aquella època el control de la producció s'efectuava sobre el nombre d'hectàrees, i això hauria estimulat l'ús intensiu dels fertilitzants. D'altra part, en aquells anys també tingué lloc una substitució de la terra per la maquinària degut a la intensificació del conreu. En canvi, les relacions obtingudes entre els

fertilitzants i la maquinària i entre la maquinària i el treball són de complementarietat, circumstància que s'atribueix a la necessitat de combinar aquests inputs en proporcions relativament fixes. Així, doncs, en el període considerat, la dinàmica en la utilització dels inputs en l'agricultura consistí essencialment en la substitució d'un recurs natural existent en quantitat fixa, la terra, per factors produïts com la maquinària i els fertilitzants, el que en la pràctica equival a un augment en la superfície total conreuada.

Poc després del treball de Binswanger per a l'agricultura té lloc un dels primers exercicis per mesurar la substitució entre factors productius incloent-hi els recursos naturals en sentit ampli (Humphrey i Moroney, 1975). L'estudi se centra en 12 sectors de la indústria dels Estats Units, dels qual 6 són intensius en l'ús de recursos naturals. L'anàlisi es de tipus transversal, amb dades del 1963. Els recursos naturals tenen la forma d'un input agregat que en cada sector opera com un tercer factor de producció en una funció translogarítmica. Aquest input agregat està format per 19 recursos naturals, dels quals 12 són renovables i 7 no renovables (88). Dels recursos no renovables 2 són combustibles fòssils i 5 minerals no combustibles. El principal resultat de Humphrey i Moroney és que els factors produïts presenten un cert grau de substitució amb els recursos naturals en la majoria d'activitats industrials. Atinent als valors de les elasticitats, les possibilitats de substituir els recursos naturals són majors pel treball que pel capital. Així, pels 6 sectors més intensius en la utilització de recursos naturals, l'elasticitat de substitució presenta valors bastant baixos (entre 0 i 1), llevat en la primera transformació metal·lúrgica. D'altra banda, a nivell global els resultats indiquen que els factors de producció es poden considerar funcionalment separables i per tant es relativitza la idea que els inputs operen en proporcions fixes, deguda sobretot a Leontief.

(88) Es tracta essencialment de les mateixes categories de recursos naturals emprades en els treballs previs sobre la importància dels recursos naturals en la composició del comerç exterior dels Estats Units per Leontief, Vanek, Weiser i Baldwin.

Moroney i Toevs (1977) duen a terme un altre estudi amb un objectiu similar, però en un àmbit més limitat i amb una metodologia diferent. L'anàlisi s'aplica a set sectors situats en les primeres fases de transformació industrial dels Estats Units i després s'extén al conjunt de la indústria manufacturera. De les activitats que consideren quatre són intensives en la utilització de recursos no renovables. Es tracta del refinat de petroli, producció de ciment hidràulic, fabricació primària del zinc i fabricació de "gypsum". Les estimacions es basen en dades d'una sèrie temporal que cobreix el període 1954-1971. Els resultats suggereixen l'existència d'un grau de substituïbilitat acceptable entre el capital i els recursos naturals per tots els sectors considerats, reforçant-se les conclusions del treball de Humphrey i Moroney.

Per la seva part, Brown i Field (1978) mesuren les possibilitats de substitució entre recursos naturals i factors produïts en quatre sectors de capçalera (i per tant, intensius en l'ús de recursos naturals) de la indústria dels Estats Units: la fabricació d'acer, alumini, coure i pasta de paper. L'anàlisi és de tipus transversal i les dades corresponen al 1967. Els resultats també indiquen una substituïbilitat entre factors produïts i recursos naturals, però l'elasticitat de substitució entre recursos naturals i capital presenta uns valors considerablement més elevats que en la majoria de sectors intensius en capital en el treball de Humphrey i Moroney. En aquest cas per a tots els sectors el valor de l'elasticitat de substitució entre recursos naturals i capital és superior a tres, el que indica l'existència d'un ampli ventall de possibilitats de substitució.

Quasi d'una manera simultània a aquests estudis es desenvolupen les anàlisi introduïnt l'energia. En un primer moment l'energia es considera un factor homogeni, fent abstracció de les diferències entre les seves diferents modalitats, i els treballs es limiten al sector industrial dels països avançats. Serà en la dècada dels 80 quan aquests exercicis s'extenguin als països en vies de desenvolupament i també al sector agrari. Els resultats que s'obtenen reflecteixen la polarització entre la substitució i la complementarietat. Pel que fa a les relacions entre el capital i el treball i entre el treball i l'energia les conclusions són

coincidents sobre la seva substituïbilitat. La polèmica sorgeix al escatir les implicacions de la substituïbilitat entre el treball i l'energia per a les relacions entre el capital i l'energia.

Les qüestions que es plantegen responen a tres consideracions. D'una banda, si la substitució de treball per capital comporta també un major consum d'energia (el que suggeriria una relació de complementarietat entre energia i capital). D'altra part, quins efectes té la progressiva substitució de l'energia animada (humana) per l'energia inanimada (mecànica) sobre la utilització del capital. I finalment, quin és l'abast de les possibilitats de substitució directes entre l'energia i el capital.

Berndt i Wood (1975) duen a terme una anàlisi de la substitució d'inputs pel conjunt del sector manufacturer dels Estats Units. Les estimacions s'obtenen a partir d'una sèrie temporal que abasta el període (1947-71), una fase de ràpid creixement industrial. El model que especifiquen es basa en una funció de producció translogarítmica amb quatre factors (capital, treball, energia i materials), rendiments constants a escala i progrés tècnic neutral en el sentit de Hicks. Els resultats indiquen una substituïbilitat entre el capital i el treball i entre el treball i l'energia, mentre el capital i l'energia presenten una forta complementarietat, amb un valor de l'elasticitat de substitució de -3,14. Això suggereix que en uns anys de forta expansió econòmica, la substitució del factor relativament més costós, el treball, pel capital, ha comportat també una major intensitat energètica en la producció. En aquest sentit, el fet que en el període de referència el preu de l'energia fos bastant baix -i no únicament en termes relatius, també en valors absoluts- podia haver accentuat la complementarietat entre l'energia i el capital, ja que les empreses no tenien massa incentius per dur a terme inversions addicionals que milloressin l'eficiència energètica dels equipaments, però en qualsevol cas, això només és una circumstància addicional. La principal conclusió de Berndt-Wood és que la relació natural -a banda d'aspectes conjunturals- entre el capital i l'energia és de complementarietat.

Per la seva part, Gregory i Griffin (1976) duen a terme un exercici similar per a 9 països de l'OCDE ⁽⁸⁹⁾. El treball també s'aplica al conjunt del sector industrial, però en aquest cas l'anàlisi és de tall transversal. Les dades corresponen a quatre anys (1955, 1960, 1965 i

1969), que representen un període bastant coincident amb el que havien considerat Berndt-Wood. A l'igual que aquests, Gregory-Griffin presenten un model amb una funció de producció translogàrítica, però amb tres factors, capital, treball i energia (els materials no s'inclouen per manca de dades). Pel que fa a les relacions entre el capital i el treball i el treball i l'energia, els resultats coincideixen amb els de Berndt i Wood, ja que aquests inputs apareixen com a substituïus entre ells. La discrepància es refereix a la relació entre l'energia i el capital, doncs per tots els països es detecta una relació de substituïbilitat -bé que en sentit feble-, amb uns valors de σ propers a la unitat.

En un treball d'abast més limitat, Christensen i Greene (1976), avaluen les possibilitats de substituïr l'energia per altres inputs en la generació d'electricitat als Estats Units. Les dades emprades provenen de les empreses del propi sector i l'anàlisi és de tipus transversal. Els dos anys pels que s'efectua l'estimació són el 1955 i el 1970. En aquest cas l'elasticitat de substitució presenta signe positiu, però amb uns valors molt baixos ($\sigma = 0,2$), el que indica que les possibilitats de substitució són bastants limitades.

A partir dels resultats divergents obtinguts per Berndt-Wood i Gregory-Griffin s'enceta un debat que s'ha mantingut fins l'actualitat sobre el tipus de relació existent entre l'energia i el capital i les possibles causes de les diferències.

Les explicacions d'aquestes discrepàncies han estat diverses. D'entrada, la controvèrsia incideix en tres àmbits. En primer lloc, en el tipus de funció que s'utilitza, amb tres factors de producció (Gregory-Griffin) o quatre (Berndt-Wood). En segon lloc, en el tipus d'anàlisi pel que fa a les dades de base, que poden ser de tipus transversal (Gregory-Griffin) o temporals (Berndt-Wood), aspecte que, al seu torn, condiciona l'especificació del model. I en tercer lloc, la mostra considerada: un país (Berndt-Wood) o a un conjunt de països (Gregory-Griffin).

(89) Es tracta de Bèlgica, Dinamarca, França, Alemanya Occidental, Itàlia, Holanda, Noruega, el Regne Unit i els Estats Units.

Per explicar les diferències en les conclusions, Griffin (1981a; 1981b) se centra en els aspectes operatius i assenyala que el resultat final (substituïbilitat o complementarietat) depèn essencialment de la relació que es mesura (a curt termini o llarg termini), la qual cosa està mediatitzada pel tipus de dades que s'utilitzen (temporals o transversals). A curt termini l'energia per unitat de capital és fix, de manera que si els altres inputs poden ser substituïts contra l'agregat capital-energia, aquests dos factors seran complementaris. Però res impedeix que a llarg termini la relació capital/energia varii i el capital i l'energia esdevinguin substituïts. En aquest sentit, Griffin assenyala que la rigidesa de la relació entre el capital i l'energia a curt termini fa inviablès ajustaments instantanis -d'un any- a un equilibri de llarg termini, pel que els resultats que obtenen Berndt-Wood amb una especificació estàtica a partir de dades temporals reflecteixen una relació pròpia del curt termini: una combinació fixa del capital i energia amb els altres inputs variant contra aquest "factor agregat". Addicionalment, Griffin introdueix una altra consideració, i és que Berndt-Wood obtenen les elasticitats a partir d'una sèrie temporal pel període 1947-1971, que en els Estats Units es va caracteritzar per una considerable estabilitat -a nivells molt baixos- en el preu de l'energia. Això va fer que la tecnologia afavorís l'ús de capital poc eficient en termes energètics, reforçant-se la complementarietat entre ambdós factors.

Per que l'elasticitat de substitució capti les relacions entre els inputs a llarg termini -que són les que tenen interès econòmic-, cal que transcorri un període de temps suficientment llarg per que l'economia s'adapti a uns preus canviants, és a dir, per que l'estoc de capital -que és l'input menys maleable- s'ajusti als nous preus relatius. Una opció és introduir en els models retardaments que permetin aquesta adaptació, aspecte que deriva la discussió cap a les formes d'especificació (dinàmiques) i al que ens referirem tot seguit. Una altra alternativa seria calcular les elasticitats mitjançant variacions de tipus transversal en el conjunt de dades. Griffin considera que les anàlisis de tipus transversal són adequades per captar els efectes dels canvis en els preus en períodes dilatats de temps, ja que les dades provinents de diversos països i en diferents moments reflecteixen precisament les característiques estructurals de la producció a llarg termini i això és el que permet a les anàlisis de tall transversal, per exemple, capturar les conseqüències en el temps dels persistents preus baixos de l'energia als Estats Units en relació a Europa. En canvi, les elasticitats estimades a partir

de sèries cronològiques no tindrien la capacitat de captar els efectes a llarg termini dels canvis en els preus, degut a la magnitud temporal i a la variabilitat dels retardaments necessaris per dur a terme l'ajustament.

Enfront d'aquest raonament, Berndt-Wood (1979) posen l'èmfasi en els aspectes teòrics per explicar la divergència de resultats. Consideren que Gregory-Griffin han adoptat una visió excessivament tècnica de les relacions entre el capital i l'energia, la qual cosa fa aquestes relacions massa rígides. L'argument de Berndt-Wood és que una substituïbilitat tècnica bruta entre l'energia i el capital no és incompatible amb una complementarietat econòmica neta, que es deu a l'efecte d'escala en la utilització dels factors, és a dir, a un augment en la utilització simultània de capital i energia quan el preu del capital disminueix en relació al preu de l'energia. Així, pel capital l'efecte de substitució bruta i l'efecte d'escala es reforçen (la demanda de capital augmenta), però per l'energia ambdós efectes actuen en sentit invers (l'efecte substitució disminueix la demanda d'energia, mentre l'efecte d'escala l'augmenta). Si l'efecte d'escala supera l'efecte de substitució el resultat serà un augment net en la quantitat demandada d'energia: el capital i l'energia poden ser substituïts bruts en sentit tècnic però complementaris nets en sentit econòmic.

Berndt-Wood descomposen la funció de producció $Y = F(K, L, E, M)$ en dos subconjunts separables que corresponen respectivament a l'energia i el capital i als materials i el treball. La nova funció es pot expressar com $Y = f(K^*, L^*)$ on $K^* = g(K, E)$ i $L^* = h(L, M)$. A partir d'aquesta descomposició mostren que:

$$\sigma_{ij} = \eta_{ij} + e_{xx}N_{xj}$$

(elasticitat preu creuada neta)
(elasticitat preu creuada bruta)
(elasticitat preu d'escala)

Llavors, l'energia i el capital poden ser substituïts bruts en sentit tècnic si $\sigma_{ij} > 0$, però això no impedeix que siguin complements nets en sentit econòmic si $\sigma_{ij} < 0$, (és a dir, quan $|\sigma_{ij}| < |e_{xx}N_{xj}|$). Segons Berndt-Wood, Gregory-Giffin mesuren elasticitats creuades brutes associades a l'efecte substitució (que normalment és negatiu), però si es mesurés sin elasticitats creuades netes el resultat seria de complementarietat (90).

La controvèrsia sobre el tipus de relació entre el capital i l'energia, més enllà de contribuir a la clarificació de les causes per les quals aquests dos inputs poden aparèixer com a

substitutius o complementaris, també serveix per evidenciar algunes limitacions de les formulacions proposades i marca les pautes sobre les noves línies d'anàlisi que es desenvolupen tot seguit. Stapelton (1981) considera que la principal raó de les divergències en els valors de les elasticitats de substitució entre l'energia i el capital no es troba ni el tipus d'anàlisi (transversal, temporal) ni té un origen conceptual, i situa el debat en l'àmbit analític: l'obtenció d'elasticitats de substitució fiables depèn, essencialment, de l'especificació que es presenta, i sobretot, de modelar correctament el factor temporal d'ajustament. Així, el supòsit que els inputs productius es poden ajustar gairebé de manera instantània -en un període inferior a un any- als nivells d'equilibri de llarg termini en resposta a canvis en els paràmetres de cost-minimització del model és clarament irreal per la demanda d'energia, al tractar-se d'un factor quina utilització està molt vinculada a la renovació dels equípaments. Aquesta circumstància afecta sobretot les anàlisi que es basen en sèries temporals, però l'adopció d'un enfocament de tipus transversal no necessàriament resol la dificultat, ja que la seva consistència per captar relacions a llarg termini depèn de l'estabilitat en el temps dels preus relatius dels factors. A partir d'aquí es planteja la conveniència d'especificar models dinàmics en els que es restringeixi la capacitat dels inputs d'ajustar-se de manera instantània. Una alternativa per obtenir elasticitats a curt i llarg termini és especificar models en els que només un subconjunt d'inputs s'ajusti automàticament, mentre la resta es manté fix per un cert període de temps (91). Durant els anys 80 els models dinàmics també s'utilitzaran -bé que de manera esporàdica- per identificar les relacions entre els diferents inputs productius.

D'altres carències de les primeres anàlisi sobre la relació entre l'energia i el capital se situen en el pròpi àmbit d'aplicació dels treballs empírics. Així, una de les principals febleses

(90) Reprènent la polèmica, Gibbons (1984) mostra que aquest resultat depèn, en darrera instància, de l'elasticitat de la demanda d'energia. Així, si la demanda d'energia és inelàstica, l'efecte substitució predomina sobre l'efecte d'escala i el capital i l'energia serien substituïts nets.

(91) Una primera temptativa en aquesta direcció la dugueren a terme Berndt, Fuss i Waverman que van especificar un model dinàmic per estimar la demanda d'energia als Estats Units en el que la taxa d'ajustament era endògena al propi model.

de les elasticitats globals de substitució entre factors és que no permeten discriminar (aïllar) una modificació de les proporcions entre factors a nivell de la indústria (entesa com l'agrupació de les activitats manufactureres) d'una variació en l'estructura de la pròpia indústria (que es reflecteix en una modificació de la seva composició sectorial). Això significa que en les anàlisi que es duen a terme amb un cert nivell d'agregació, la validesa dels resultats depèn de l'estabilitat en el temps en l'estructura dels macrosectors. És clar, tanmateix, que per períodes relativament llargs la composició sectorial varia, i a més, la modificació en l'estructura de la indústria pot ser distinta en cada país. Una alternativa per corregir -almenys parcialment- els efectes sobre les elasticitats de substitució dels canvis en la composició sectorial consisteix en treballar amb branques d'activitats més homogènies, i per tant, amb una major desagregació.

Pel que fa al tractament dels factors productius, una de les principals limitacions de les anàlisi empíriques és que consideren aquests factors com un tot homogeni. Aquesta situació afecta especialment a l'energia, però també té conseqüències en el cas del capital. Com alguns estudis posteriors s'encarregaran d'evidenciar, la descomposició de l'energia en les seves diverses modalitats pot donar lloc a relacions diferenciades -de substituïbilitat o complementarietat- amb la resta de factors productius. I quelcom semblant s'esdevé amb el capital quan aquest es descomposa entre el fix i el circulant.

5.4.2. L'extensió de les anàlisi.

Després dels treballs amb els que s'inicia la polèmica que acabem de comentar, les anàlisi aplicades s'intensifiquen a finals dels 70 i durant la dècada dels 80. En aquests anys el context econòmic canvia de manera significativa degut a la modificació dels preus relatius dels inputs com a conseqüència dels xocs energètics (1973-74 i 1979-80), però els estudis empírics reflecteixen igualment resultats contradictoris, circumstància que tampoc és del tot sorprenent. D'una banda, perquè alguns dels treballs que es duen a terme encara utilitzen dades que corresponen als anys 60 i 70. D'altra part, perquè l'impacte dels xocs energètics

en la demanda relativa de factors es manifesta a mig i llarg termini (mitjançant la renovació dels equipaments), pel que previsiblement la seva total absorció no té lloc fins a la segona meitat dels 80 i són molt pocs els estudis que abasten aquest àmbit temporal. I finalment, perquè al marge dels canvis que s'esdevenen en l'entorn, la diversitat d'opcions existents en el terreny analític (sobre l'especificació dels models, el nombre de factors considerat, el nivell de desagregació sectorial, l'àmbit espacial, la pròpia consistència i fiabilitat de les dades emprades), dificulta la consecució d'un consens sobre aquesta qüestió. De fet, al estendre's les anàlisi -durant els anys 80 els exercicis s'amplien als països d'industrialització mitjana i a alguns països en vies de desenvolupament-, tendeixen a polaritzar-se les diferències.

Fuss (1977) avança en una de les línies d'anàlisi a que abans ens hem referit i presenta un model en el que l'energia figura de manera desagregada. La mostra és el sector manufacturer de cinc regions del Canadà pel període 1962-71 i l'especificació es basa en una funció translogarítmica amb quatre factors de producció "globals": treball, capital, materials i energia. L'energia, al seu torn, està integrada per sis tipus d'inputs diferents (carbó, gas líquid, fuel oil, gas natural, electricitat i petroli). Amb aquest plantejament, Fuss determina dos tipus de relacions. D'una banda, les que existeixen a nivell d'inputs agregats. I d'altra part, les que tenen lloc en el si del factor energia. Pel que fa a les relacions a nivell agregat, els resultats assenyalen una relació de substituïbilitat entre els factors productius, llevat els casos de l'energia i els materials i l'energia i el capital, que presenten una feble complementarietat. Respecte a les relacions interenergètiques, apareixen àmplies possibilitats de substitució entre els diferents inputs, amb l'excepció de l'electricitat i el petroli. La conclusió és, doncs, que existeix un considerable marge de maniobra en les substitucions interenergètiques, però les opcions són més limitades per substituir el factor global energia per altres inputs (llevat el cas del treball).

Hudson i Jorgenson (1978) duen a terme un exercici similar al de Berndt-Wood extenent l'anàlisi a quatre grans branques d'activitat de l'economia dels Estats Units: 1) l'agricultura, minerals no combustibles i construcció; 2) el sector manufacturer; 3) transport comercial; i 4) els serveis, comerç i comunicacions (92). Hudson i Jorgenson consideren quatre inputs: treball, capital, energia i materials intermedis, i els dos darrers constitueixen una

aproximació a l'ús dels recursos no renovables. L'anàlisi és de tipus temporal i abasta el període 1947-1971. En aquest cas el treball i l'energia apareixen com a substituïts en el sector de l'agricultura, minerals no combustibles i construcció i en la indústria, mostren una relació feble de complementarietat en el sector del transport i una complementarietat més accentuada en el cas dels serveis. Per la seva part, la relació entre l'energia i el capital és de complementarietat en tres de les quatre branques d'activitat, bé que els valors de les elasticitats de substitució són menors (en termes absoluts) que els obtinguts per Berndt-Wood. Així, la major complementarietat té lloc en la indústria ($\sigma = -1,4$), suavitzant-se pel transport ($\sigma = -0,9$) i sense significabilitat en el cas de les activitats primàries ($\sigma = -0,06$). En el sector serveis la relació es de substituïbilitat ($\sigma = 1,2$). D'altra banda, el signe de l'elasticitat de substitució entre el capital i els materials és positiu en tots els casos, però amb uns valors inferiors a 0,6, el que indica que les possibilitats de substitució entre aquests dos inputs són bastant limitades. Finalment, el treball i els materials presenten una relació de substituïbilitat en les quatre branques d'activitat, assolint-se valors significatius (superiors a la unitat) de l'elasticitat de substitució en el sector primari i el transport, amb unes menors possibilitats de substitució en la indústria ($\sigma = 0,5$) i gairebé nul·les en els serveis.

Per la seva part, Pindyck (1979) adopta un plantejament més semblant al de Gregory-Griffin i utilitza dades internacionals per mesurar la relació a llarg termini entre els factors de producció. Però la seva anàlisi s'aplica al conjunt de l'economia (Gregory-Griffin se centren en el sector manufacturer) i es du a terme en intervals temporals d'un any. L'objectiu és detectar possibles diferències en el comportament dels factors entre països. Com ja havia fet Fuss, Pindyck incorpora quatre inputs energètics individuals en el model (carbó, petroli, gas natural i electricitat), bé que per aquest nivell de desagregació només mesura les elasticitats directes i creuades. Les elasticitats de substitució es determinen pels inputs "globals". La mostra la constitueixen 10 països de l'OCDE ⁽⁹²⁾ i el període mostrat abasta els anys 1959-1973, una etapa de forta expansió econòmica. Els resultats que obté Pin-

(92) Recordem que el treball de Berndt-Wood es limitava al sector manufacturer.

dyck són més similars als de Gregory-Griffin que als de Fuss. Així, el treball i l'energia apareixen com a substituïts en la pràctica totalitat de països, amb uns valors que, llevat els Estats Units i el Canadà, depassen la unitat. El més significatiu, tanmateix, és que el capital i l'energia també són substituïts en tots els països, assolint-se els valors més elevats de l'elasticitat de substitució pels Estats Units (1,77) i el Canadà (1,48), que són precisament els que presenten uns valors més febles en l'elasticitat de substitució entre treball i energia. Per a la resta de països els valors de l'elasticitat de substitució oscil·len entre el 0,36 del Regne Unit i el 0,74 del Japó, el que indica unes possibilitats de substitució més limitades entre aquests dos factors que en el cas de l'estimació duta a terme per Gregory-Griffin.

Amb els resultats obtinguts per Pindyck es va plantejar novament la qüestió de la possible influència de l'àmbit espacial (un país o una diversitat de països) en els valors de les elasticitats de substitució, ja que l'experiència existent fins llavors semblava suggerir que les relacions de complementaritat entre l'energia i el capital tenien lloc quan la mostra es limitava a un país mentre que la relació de substituïbilitat estava associada a la inclusió d'un ventall de països.

L'àmbit internacional també és el que utilitzen Özatalay et al (1979) per mesurar les possibilitats de substitució entre els inputs productius en el sector industrial. En aquest cas la mostra la constitueixen set països de l'OCDE (94). L'anàlisi és de tipus transversal, abasta el període 1963-1974 i es du a terme a un doble nivell: de manera conjunta i individualment per una selecció de països. El model que s'especifica presenta la configuració habitual: una funció de producció amb quatre inputs (capital, treball, energia i materials) i una funció de cost translogarítmica amb rendiments constants a escala. Els resultats que s'obtenen pel que fa a la relació crítica (capital-energia) presenten una elevada consistència amb els de

(93) Els Estats Units, Canadà, França, Itàlia, Japó, Holanda, Noruega, Suècia, el Regne Unit i Alemanya Occidental.

(94) Els Estats Units, Canadà, Alemanya Occidental, Japó, Holanda, Noruega i Suècia.

Gregory-Griffin i Pindyck -que utilitzen una metodologia i dades similars- i entren clarament en conflicte amb els de Berndt-Wood, Fuss i Hudson-Jorgenson, que duen a terme aproximacions diferents i també empren mostres distintes de dades. Això sembla confirmar que els aspectes de procediment -com ja havien suggerit Gregory-Griffin- tenen una influència directa en el biaix de les conclusions. En aquest sentit, es repeteixen els arguments habituals sobre la discrepància en els resultats, posant l'èmfasi en la diferent significabilitat de les estimacions a partir de dades temporals corresponents a un país i amb un enfocament de tall transversal enfront les dades provinents de diferents països.

En l'estimació d'Özatalay, a nivell agregat, el valor de l'elasticitat treball-energia és lleugerament superior a la unitat i no difereix significativament del que s'obtenia en les anàlisi prèvies. De la mateixa manera, també es detecten acceptables possibilitats de substitució entre el treball i els materials, amb un valor de l'elasticitat igual a la unitat, superior al que havien obtingut Berndt-Wood i similar al de Hudson-Jorgenson. Les possibilitats de substitució entre el capital i els material també són més elevades que en els casos anteriors ($\sigma = 0,85$), en els que malgrat el valor positiu de l'elasticitat el marge de maniobra era molt limitat. Les principals discrepàncies, tanmateix, apareixen en la relació capital-energia i contribueixen a consolidar la dicotomia substituïbilitat-complementarietat entre aquests dos factors. Així, el valor de l'elasticitat a nivell global és 1,2, molt proper al que havien obtingut Gregory-Griffin i compatible amb el ventall de valors de l'anàlisi de Pindyck. La conclusió és, doncs, que les possibilitats de substitució entre aquests dos inputs són considerables. En aquest sentit és significatiu que a nivell global el valor de l'elasticitat capital-energia sigui precisament el més elevat. Les majors dificultats de substitució, en canvi, apareixen entre el capital i els materials, amb un valor inferior al que havien obtingut Berndt i Wood ($\sigma = 0,58$). Per països, no s'evidencien diferències destacables en la mostra per a la que s'ofereixen els resultats (els Estat Units, Alemanya i Japó). Es repeteix la tendència global i les variacions en els valors de les diferents elasticitats entre ells són gairebé imperceptibles.

Un altre extensió de l'anàlisi correspon al tractament dels inputs que no són els recursos no renovables, situació que afecta directament al capital. Field i Grebenstein (1980) observen

que en els treballs empírics el capital no responia a una categoria homogènia. La inclusió del capital en els models tenia lloc de manera agregada, però amb criteris que difereien considerablement pel que fa a la manera de comptabilitzar-lo. Aquestes divergències no es refereixen tant a la part instrumental -com mesurar el capital- sino que se situen en el nivell conceptual: com es defineix el capital, és a dir, quins elements s'han d'incloure per disposar d'una aproximació fiable al seu significat. En aquest sentit Field i Grebenstein recupe- ren una idea que ja havia suggerit Berndt i mostren que la diversitat de criteris en el tractament del capital és una de les principals causes de la disparitat de resultats en les anàlisi aplicades.

Així, Gregory-Griffin, Fuss i Pindyck utilitzen l'aproximació del valor afegit per estimar el cost del capital, que es calcula per la diferència entre el seu valor afegit i l'amortització. L'aspecte rellevant, tanmateix, és que aquesta diferència mesura el cost total del capital. Per la seva part, Berndt-Wood només es refereixen al capital fix. La primera aproximació té una dimensió més àmplia, ja que a més del capital fix comprén el capital circulant i la terra. D'acord amb això, la complementarietat que apareix en l'estudi de Berndt-Wood té lloc entre el capital fix i l'energia. D'altra banda, com el cost del capital circulant representa una part important del cost total del capital, en les anàlisi que utilitzen l'aproximació del valor afegit aquest és el tipus de capital que predomina, pel que si aquesta forma de capital és substituïble amb l'energia, llavors la relació entre el capital i l'energia serà de substitució. Al capdavant, doncs, els resultats divergents poden ser deguts -almenys en part- a l'existència de dues formes de capital, el capital físic i -que inclou totes les formes de capital però en el que predomina el capital circulant- i el capital fix, que actuarien de manera diferent en relació amb els altres inputs productius.

Un cop plantejat el problema, Field-Grebenstein especifiquen un model amb quatre inputs, el treball, l'energia i les dues formes de capital, el capital fix i el capital circulant per avaluar les possibilitats de substitució en 10 branques d'activitat dels Estats Units (95). L'anàlisi és de tipus transversal i les dades corresponen al 1971. Les estimacions que duen a terme no inclouen les elasticitats parcials de substitució, pel que les relacions entre els inputs es mesuren a partir dels valors de les elasticitats creuades. El capital fix i l'energia apareixen com a complementaris en quatre sectors (96), en d'altres tres la significabilitat estadística és

baixa, però la relació també és de complementarietat (97), mentre en la resta d'activitats els resultats no són estadísticament significatius. La relació entre el capital circulant i l'energia és l'oposada. En cinc dels 10 sectors les elasticitats creuades són significativament positives, el que suggereix una relació de substituïbilitat entre aquests dos inputs (98), mentre en els altres cinc sectors els resultats no són significatius. És remarcable així mateix que en cap sector la relació entre el capital circulant i l'energia sigui de complementarietat (tots els valors de les elasticitats creuades són positius).

D'acord amb Field-Grebenstein els resultats anteriors indiquen que mentre una aproximació al cost del capital en termes de valor afegit -en la que predomina el capital circulant- tendeix a reflectir una relació de substitució entre aquest input i l'energia, una aproximació basada únicament en el cost del capital fix pot mostrar una relació de complementarietat, i es reforça la idea que la forma de tractar el capital determina el seu tipus de relació amb l'energia. Un punt important al respecte és que la part del valor afegit que no constitueix retribucions al treball representa la contribució de diverses formes de capital i només una part és imputable al capital fix en el sentit convencional, mentre els altres tipus de capital (circulant, la terra) es poden comportar de manera diferent al capital fix en relació a la resta d'inputs productius.

En la mateixa línia de Fuss i Pindyck, Turnovsky et al (1982) especifiquen un model per determinar les relacions entre els factors de producció agregats i entre els diferents inputs

(95) Nou d'aquestes branques d'activitat pertanyen a la indústria manufacturera i són: alimentació, transformats de la fusta, indústria química, indústria del petroli, indústria del cautxú, vidre i materials de construcció, siderúrgia i primera transformació metal·lúrgica, transformats metàl·lics i instrumentació. L'activitat restant és el transport.

(96) Es tracta de l'alimentació, els transformats de fusta, la indústria química i la primera transformació metal·lúrgica.

(97) Es el cas de la indústria del cautxú, la fabricació de vidre i materials de construcció i el sector del transport.

(98) Aquestes activitats són la indústria alimentària, els transformats de fusta, la indústria química, la indústria del petroli i la indústria del cautxú.

energètics. Les dades corresponen a una sèrie temporal pel període 1945-75 i l'anàlisi se centra en el sector manufacturer d'Austràlia, que es considera en el seu conjunt. La funció de producció inclou quatre factors globals: capital, treball, materials i energia, i aquesta, al seu torn, es descomposa en quatre inputs que són el carbó, petroli, gas i electricitat. Les elasticitats de substitució s'estimen en sis moments del temps. La mitjana dels valors de l'elasticitat capital-energia és 2,26, el que indica l'existència de considerables possibilitats de substitució entre aquests dos factors. En aquest cas el resultat és rellevant perquè evidencia que les relacions de substituïbilitat capital-energia no són exclusives de les anàlisi que es basen en una mostra de diferents països. L'energia i els materials també presenten una relació de substituïbilitat, però més feble que en el cas anterior ($\sigma = 0,8$). Finalment, la relació entre els diferents inputs energètics és de complementarietat en el cas del carbó-gas i del petroli-electricitat, mentre en les restants combinacions regeix la substituïbilitat.

Els primers estudis que descomposen l'energia en inputs específics (Fuss, Pindyck) mesuren les possibilitats de substitució entre les diferents formes d'energia i entre el factor energia considerat en la seva globalitat i els altres factors, però no consideren la relació directa entre els diversos inputs energètics i la resta de factors productius. Le Grand (1983) avança en aquesta direcció i mesura la relació directa entre els diferents inputs energètics i els factors produïts. El model que presenta compta amb dos factors produïts, capital (K) i treball (L), i dos inputs energètics, que responen a la categoria enginyeril de fonts i formes d'energia. Les fonts constitueixen l'energia primària i estan representades pel conjunt dels combustibles fòssils (F), mentre que les formes d'energia, que s'associen a l'energia transformada, estan representades per l'electricitat (E). La mostra del treball és el sector industrial de França i l'anàlisi es du a terme a un doble nivell: pel conjunt de la indústria i per tres grans branques d'activitat classificades segons el lloc que ocupen en la cadena productiva (i per tant, en funció de la seva intensitat energètica): sectors de capçalera i fabricants de béns intermitjos, sectors fabricants de béns d'equipament i sectors fabricants de béns de consum.

Els resultats que obté Le Grand indiquen que les possibilitats de substitució són majors en tots els sectors entre l'electricitat (energia transformada) i el treball que entre el treball i els

combustibles fòssils (energia primària). A nivell industrial $\sigma_{LE} = 1,41$, mentre $\sigma_{LF} = 1$. El capital i l'electricitat són complementaris a nivell global i en totes les branques industrials (i en particular en el sector de béns d'equipament, amb $\sigma = -2,7$). Tanmateix, en les indústries de capçalera i de béns intermitjos (que presenten una forta intensitat energètica) la complementarietat és feble ($\sigma_{KE} = -0,32$). La complementarietat es repeteix entre el capital i els combustibles fòssils, llevat en el sector de béns de consum, en que apareix substituíbilitat. Així mateix és remarcable que en el sector de capçalera i béns intermitjos el valor de l'elasticitat de substitució sigui pràcticament igual que en el cas anterior ($\sigma_{KF} = -0,34$). D'altra banda, pel conjunt de la indústria es detecta una relació de complementarietat gairebé idèntica entre el capital i l'electricitat i entre el capital i els combustibles fòssils: $\sigma_{KE} = -0,78$ i $\sigma_{KF} = -0,8$. La considerable complementarietat entre el capital i les diferents modalitats energètiques combinada amb la substituíbilitat entre el capital i el treball suggereix que les economies d'energia es troben més en la ralentització en la substitució de treball per capital que en les inversions en equipaments orientades a reduir el consum energètic. Finalment, l'electricitat i els combustibles fòssils apareixen com a substituïts en totes les branques industrials ($\sigma_{EF} = 1$).

Pindyck i Rotemberg (1983) presenten un dels pocs models translogarítmics dinàmics per mesurar les relacions entre els factors de producció. La seva especificació limita la capacitat d'adaptació temporal dels inputs incorporant els costos d'ajustament de l'estoc de capital. Així, en el curt termini els únics factors flexibles són l'energia i els materials, en el mig termini ja es permet l'ajustament del treball i només el capital roman com un input quasi fix, mentre en el llarg termini els quatre factors són totalment variables i és possible l'ajustament complet. Amb aquest plantejament es poden estimar les elasticitats a curt, mig i llarg termini en funció de la capacitat d'ajustament permesa. Pindyck i Rotemberg apliquen el nou model a les mateixes dades que van utilitzar Berndt-Wood, el que permet comparar els resultats amb dues formulacions alternatives. En el cas de l'energia, el valor de l'elasticitat directa a curt termini (-0,36) és molt proper al que obtenen Berndt i Wood, mentre el valor a llarg termini (0,99) quasi és similar als de Gregory-Griffin i Pindyck. Aquests resultats semblen corroborar que Berndt i Wood mesuren elasticitats a curt termini mentre que les anàlisi de Gregory-Griffin i Pindyck ho fan en el llarg termini. Pel que fa als costos de l'ajustament,

aquests són molt més elevats en el cas del capital que pel treball. Finalment, els resultats mostren una relació de complementarietat en el llarg termini entre el capital i l'energia.

Malgrat les limitacions inherents a les funcions d'elasticitat constant, durant la dècada dels 80 també es dugueren a terme algunes temptatives per estimar les relacions entre els factors a partir d'elles. Així, Prywes (1986) presenta un model amb una funció CES de quatre inputs i l'aplica a 20 sectors de la indústria manufacturera dels Estats Units considerats individualment pel període 1971-76. El tractament de les dades és de tipus transversal. La novetat de l'anàlisi de Prywes és que utilitza dos conceptes diferents d'elasticitat. D'una banda, l'elasticitat en l'accepció enginyeril, que mesura el grau amb que l'energia se substitueix pel capital tot mantenint la contribució conjunta d'aquests dos factors a l'output constant. D'altra part, l'elasticitat en sentit econòmic, que mesura la facilitat amb que l'energia es pot substituir pel capital mantenint constant només l'output final. Degut a la mostra temporal (insuficient per variar els requeriments energètics per unitat d'output per adaptar-se a les noves condicions dels mercats dels factors després de l'augment dels preus del petroli el 1973-74), les estimacions que s'obtenen són pròpies del curt termini. Els valors de l'elasticitat de substitució entre el capital i l'energia en sentit enginyeril són positius en la majoria de sectors, però inferiors a 0,5, el que indica un feble marge de substitució entre aquests dos inputs. Les elasticitats en sentit econòmic, en canvi, assenyalen clarament una relació de complementarietat: els seus valors són negatius en 16 sectors, i en els altres quatre són inferiors a 0,3. Tanmateix, més enllà de la capacitat per captar de manera precisa les relacions entre el capital i l'energia -condicionada per les limitacions temporals de la mostra-, la significabilitat d'aquests resultats rau en que reflecteixen la possibilitat d'obtenir relacions diferents en funció del tipus de substitució considerada. Així, el capital i l'energia poden presentar un cert marge de substitució en sentit enginyeril però actuar com a complements en sentit econòmic, possibilitat que ja havien suggerit Berndt- Wood (1979) per explicar les discrepàncies en les conclusions de les primeres anàlisi empíriques.

En un treball d'abast més ampli, Apostolakis (1987) du a terme una anàlisi comparativa de les relacions entre els factors productius pel conjunt de l'activitat econòmica en cinc països del sud d'Europa: Espanya, França, Itàlia, Portugal i Grècia. El període mostrat abasta els

anys 1953-84. L'extensió del període de referència fins a mitjans dels 80 permet detectar els primers efectes dels canvis en els preus relatius dels factors durant la dècada dels 70. L'aproximació és de tipus temporal i el model que especifica segueix les pautes habituals: translogarítmic, amb rendiments constants a escala i progrés tècnic neutral en el sentit de Hicks. Els factors de producció són el treball, el capital i l'energia.

La direcció dels resultats que s'obtenen presenta una acusada coincidència pels cinc països en els diferents anys seleccionats. Així, les elasticitats parcials de substitució tenen valors positius en tots els casos. El major grau de substituïbilitat té lloc entre el treball i l'energia (amb valors de l'elasticitat parcial propers a la unitat). Pel que fa a la relació entre el capital i l'energia, els valors de l'elasticitat mostren algunes diferències entre països, bé que en general indiquen unes moderades possibilitats de substitució, al oscil·lar entre 0,5 i 1. Els valors més baixos corresponen a Grècia (0,41-0,66) i els més elevats a França (0,86-0,94) i Itàlia (0,83-0,95), situant-se Espanya (0,74-0,82) i Portugal (0,62-0,71) en una posició intermitja. D'altra banda, els valors de les elasticitats directes de la demanda d'inputs assenyalen que l'energia és el factor que presenta una major rigidesa en Espanya, Grècia i Portugal.

Per la seva part, les elasticitats creuades de la demanda d'inputs reflecteixen en tots els casos un signe positiu, el que corrobora la seva substituïbilitat. És significatiu que els valors més elevats de l'elasticitat creuada entre el capital i l'energia corresponguin a Espanya, i a més, mostrin una tendència creixent durant aquest període (de 0,33 el 1953 a 0,55 el 1979; el 1984 té lloc una inflexió: 0,49). Finalment, en tots els països té lloc una disminució de la participació en l'energia en els costos totals al llarg del temps. Aquesta pèrdua de pes relatiu s'intensifica en el darrer quinquenni (1979-84), circumstància que confirma l'adaptació de l'estructura productiva cap a mètodes menys intensius en l'ús d'energia. En el cas espanyol el pes relatiu d'aquest input es manté pràcticament estable en els anys 1953-1979 (a un nivell lleugerament per sobre del 20%), però en el quinquenni 1979-1984 té lloc una disminució espectacular i en aquest darrer any la participació se situa en el 9%, el que significa que l'ajustament s'ha dut a terme en un període de temps molt curt, un cop consolidada la nova relació de preus relatius dels factors. És igualment remarcable que en els casos d'Itàlia i França el retrocés de l'energia es compensa per una major participació del capital,

mentre que en Portugal i Espanya el factor que augmenta la presència de manera significativa és el treball.

Més recentment, Morrison (1992) ha profunditzat en les conseqüències d'utilitzar diferents formes de capital i du a terme una anàlisi aplicada a set sectors de la indústria dels Estats Units, amb diferents intensitats de capital pel període 1966-86 (99). Això li permet detectar si la relació entre l'energia i el capital varia entre diferents indústries. El capital es divideix en tres components: un capital "high tech" compostat per equipaments de tecnologia de la informació, el conjunt d'equipaments productius (exclós el capital "high tech") i les infraestructures. Els resultats indiquen que la relació entre l'energia i el capital varia de manera significativa segons el tipus de capital i l'activitat industrial considerada. L'energia presenta una creixent substitució en el temps amb el conjunt del capital i les infraestructures, bé que aquesta relació és més moderada per la primera transformació metal·lúrgica, el sector químic i la fabricació de maquinària. En canvi, en les indústries d'alta tecnologia el capital i l'energia mostren una elevada complementarietat.

Els darrers anys també s'han dut a terme alguns estudis específics per determinar les relacions entre els diferents inputs energètics de l'economia espanyola. Es el cas d' Alegre (1993), que centra la seva anàlisi en el conjunt del sector industrial (l'àmbit d'aplicació són els 81 sectors manufacturers inclosos en l'Enquesta Industrial). Els inputs que es consideren són l'electricitat, carbó, fuel, gas-oil/benzina i gas, i el període de referència es el 1978-86. Els resultats indiquen la coexistència de relacions de complementarietat i substituint, sense que aparegui una tendència dominant. Les majors possibilitats de substitució corresponen al gas-oil/benzina i al gas.

Durant la dècada dels 80, les anàlisi sobre les possibilitats de substitució entre els inputs productius, que fins llavors s'havien centrat en els països de l'OCDE, s'amplien als països

(99) Es tracta dels sectors tèxtil, confecció, químic, primera transformació metal·lúrgica, maquinària i material elèctric (incloent-hi els equips informàtics i els components electrònics) i de material de transport.

en vies de desenvolupament amb més dinamisme econòmic (cas dels països asiàtics) i comencen a desenvolupar-se treballs aplicats al sector industrial. Aquesta extensió és important per diversos motius. D'una banda, perquè l'estructura productiva dels països en vies de desenvolupament presenta sensibles diferències amb la dels països més avançats, circumstància que podria influir en la utilització relativa dels factors. D'altra part, perquè la dotació relativa dels inputs en aquests països també es distingeix clarament de la dels països industrialitzats, pel que, àdhuc considerant les mateixes branques d'activitat, caldria esperar que la seva utilització relativa reflectís les especificitats en la seva disponibilitat. I pel mateix motiu podria succeir que la resposta de les empreses d'aquests països a canvis en els preus relatius adoptés una direcció distinta a la que té lloc en els països desenvolupats. Finalment, com aquests països són els que presenten unes majors perspectives de creixement, bona part de les possibles restriccions futures en la dotació de recursos no renovables podrien apaivagar-se si existeix una acceptable capacitat de substitució d'inputs escassos per d'altres més abundants allà on la demanda d'aquests inputs es preveu més dinàmica.

Williams i Laumas (1981) duen a terme un dels primers treballs per mesurar la relació entre els recursos no renovables i la resta de factors productius en un país en vies de desenvolupament. L'anàlisi se centra en el sector manufacturer de la Índia, l'aproximació és de tipus transversal i les dades corresponen a l'any 1968. Els factors de producció que es consideren són el treball, el capital, l'energia i els materials. El model s'especifica de la forma habitual: funció de cost translogarítmica, rendiments constants a escala i progrés tècnic neutral en el sentit de Hicks. William i Laumas obtenen valors positius per les elasticitats creuades capital-energia, capital-materials i materials-energia, pel que conclouen que existeix un marge considerable de substitució entre aquests inputs.

Iqbal (1986) realitza el mateix exercici per 16 sectors de la indústria manufacturera del Paquistà. L'especificació del model és similar, però només es consideren tres factors de producció, excloent-se els materials per manca de dades. A diferència de l'anàlisi anterior, en aquest cas l'aproximació és de tipus temporal. Els resultats indiquen l'existència de considerables possibilitats de substitució entre el capital i l'energia pel conjunt de la indústria

($\sigma = 1,6$), però es remarcable que en 7 dels 16 sectors de la mostra la relació entre aquests dos factors sigui de complementarietat.

En una línia semblant se situa el treball de Saicheua (1987), per determinar la demanda d'inputs i les elasticitats de substitució en cinc sectors manufacturers de la indústria tailandesa en el període 1974-77. En els cinc sectors el capital i l'energia apareixen com a substituïts; les diferències es reflecteixen en la relació entre l'energia i el treball. Així, en els sectors intensius en mà d'obra (alimentació, tèxtil-confecció i indústries orientades cap a l'exportació) aquests dos factors presenten substituïbilitat, mentre que la relació és de complementarietat en les activitats intensives en capital (transformació metal·lúrgica i maquinària i indústries orientades cap a l'exportació), circumstància que s'atribueix a la protecció internacional.

Sidayao et al (1987) realitzen una anàlisi comparativa de les possibilitats de substitució entre inputs per Tailàndia, Filipines i Bangladesh, però l'àmbit d'aplicació i el període de referència presenten una certa heterogeneïtat per les dades disponibles. Per Tailàndia els sectors són els mateixos que en l'anàlisi de Saicheua, mentre que per a les Filipines i Bangladesh es redueixen a la indústria de l'alimentació i tèxtil-confecció. El període mostrat és 1970-80 en el cas de les Filipines i Bangladesh i es limita als anys 1974-77 per a Tailàndia. El model que s'especifica presuposa rendiments constants a escala i inclou una tendència temporal per representar el progrés tècnic. Per a Tailàndia es repeteixen els resultats de l'exercici anterior: les elasticitats parcials reflecteixen substituïbilitat entre el capital i l'energia en els sectors intensius en mà d'obra i complementarietat entre el treball i l'energia en les activitats intensives en capital. En el cas de Filipines tots els factors presenten substituïbilitat entre ells, mentre que per a Bangladesh els únics resultats significatius són els de la indústria tèxtil, i mostren complementarietat entre l'energia i el capital i l'energia i el treball.

5.5. Síntesi de resultats.

Després de la diversitat de treballs que s'han dut a terme durant les dues darreres dècades per determinar el tipus de relació existent entre l'energia i el capital, la discussió sobre les discrepàncies en els resultats deixa d'estar centrada en les dades que s'utilitzen (temporals o transversals) i en la mostra espacial (un país o diversos països) en relació al tipus d'efectes que mesuren (curt termini o llarg termini) per estendre's a d'altres àmbits.

Una primera explicació és que el considerable nombre d'estudis que apareixen a finals dels 70 i durant la dècada dels 80 evidencien que la relació entre el tipus d'aproximació i els valors de les elasticitats de substitució no és tant directa com semblava en un primer moment. En aquest sentit, l'experiència indica que la complementarietat entre l'energia i el capital s'obté de manera gairebé exclusiva a partir d'aproximacions de tipus temporal. Però aquesta situació no és biunívoca, ja que un nombre significatiu de treballs que es basen en l'aproximació temporal conclouen que la relació és de substituïbilitat. És el cas, per exemple, de Ózatalay, Turnovsky i Apostolakis. I si la relació de substituïbilitat és pròpia del migllarg termini, aleshores es qüestiona l'exclusivitat dels enfocaments de tall transversal per capturar efectes en el mig i llarg termini així com la idea que les anàlisi de tipus temporal només mesuren relacions de curt termini.

Un segon element de conflicte es troba en el nombre d'inputs considerats, i especialment en els efectes derivats de la inclusió dels materials intermitjos. L'exclusió dels materials presuposa que aquest factor és separable de la resta d'inputs productius i que això no afecta els valors de l'elasticitat de substitució entre els altres factors. La distinció de Berndt-Wood entre les elasticitats brutes i netes sembla desmentir aquesta idea. Com ja hem vist, aquests autors van mostrar que el capital i l'energia podien ser substituïts bruts en una subfunció de producció però complementaris nets en la funció de producció agregada, i com, segons ells, els estudis amb tres factors de producció només capten les elasticitats brutes, això explicaria la tendència que mostren aquests treballs a detectar relacions de substituïbilitat. Tanmateix, a l'igual que succeïa amb la discussió sobre el tipus de dades, l'evidència posterior no permet tancar de manera concloent aquesta qüestió. Així, les

anàlisi de Ózatalay, Turnovsky i Pindyck-Rotemberg detecten una relació de substituïbilitat, tot i incloure els materials en l'anàlisi, mentre en els treballs de Field-Grebenstein i Prywes apareix una complementarietat forta malgrat que els materials no hi figuren.

Un tercer aspecte es refereix a la definició i tractament del capital. En aquest sentit, Field-Grebenstein mostren que diferents definicions de capital poden conduir alternativament a un resultat de complementarietat o substituïbilitat. La distinció entre capital fix -vinculat directament a la producció: plantes i equipaments- i capital circulant apareix com un element determinant. El capital fix és el que es considera habitualment mentre que el capital circulant normalment queda exclòs del concepte "capital", ja que es contempla com un element residual del valor afegit. Field-Grebenstein assenyalen que l'energia i el capital fix tendeixen a ser complementaris, mentre que l'energia i el capital circulant poden ser substituïts. Tanmateix, aquesta explicació no esgota la discussió, ja que amb una definició diferent de capital es poden obtenir els resultats contraris (100). Sembla, doncs, que la definició del capital influeix en el tipus de relació, però el que no apareix tan clar és de quina manera.

Finalment, es planteja la possible incidència del nivell d'agregació considerat i la importància de les dimensions micro-macroeconòmica en la relació entre el capital i l'energia. Aquest aspecte trascendeix les condicions específiques que es refereixen a les característiques dels models emprats i als conceptes subjacents i situa la problemàtica en el domini de la pròpia teoria. Les aportacions de Heal i Chichilnisky i Solow a les que ens hem referit amb anterioritat sobre l'endogeneïtat de l'elasticitat de substitució són pertinents al respecte. En aquest sentit, és convenient insistir en la influència del nivell d'agregació en els resultats que s'obtenen, ja que, àdhuc sense possibilitats tècniques de substitució, i per tant, sense que tinguin lloc canvis en les proporcions efectives en que s'utilitzen els diferents factors, les dades agregades poden reflectir complementarietat o substitució entre els inputs simplement com a conseqüència de canvis en la composició del producte final (a nivell macroeconòmic).

(100) L'evidència empírica es troba en Koop i Smith (1982).

A desgrat de les limitacions (conceptuals, metodològiques, etc) que presenten els treballs que acabem d'exposar, en termes pràctics l'ampli ventall d'anàlisi que s'han dut a terme el darrers 20 anys indica que les possibilitats de substitució entre els recursos no renovables i els factors produïts (especialment el capital) són elevades en una considerable diversitat de situacions. En conseqüència, no sembla que una eventual escassetat en la dotació de recursos a mig termini es tradueixi en restriccions al desenvolupament normal de l'activitat econòmica.

Bibliografia Capítol 5.

- Alegre, J. (1993). "Estimación de sistemas de ecuaciones simultáneas con datos de panel: una ampliación a la demanda de energía", Cuadernos de Economía, vol 21, Nº 61, pp. 189-209.
- Apostolakis, B.E. (1987). "The role of energy in production functions for southern european economies", Energy, vol 12, Nº 7, pp. 531-541.
- Berndt, E.R. i Wood, D.O. (1975). "Technology, prices and the derived demand for energy", Review of Economics and Statistics, vol 57, Nº 3, pp. 259-268.
- Berndt, E.R. i Wood, D.O. (1979). "Engineering and econometric interpretations of energy-capital complementarity", The American Economic Review, vol 69, Nº 3, pp. 342-354.
- Binswanger, H. (1974). "A cost function approach to the measurement of elasticities of factor demand and elasticities of substitution", American Journal of Agricultural Economics, vol 56, pp. 377-386.
- Chichilnisky, V.G. i Heal, G.M. (1983). Energy-Capital Substitution: A General Equilibrium Analysis, Collaborative Paper, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxemburg, Austria.
- Christensen, L.R. i Greene, W.H. (1976). "Economies of scale in U.S. electric power generation", Journal of Political Economy, vol 84, Nº 4, pp. 655-676.
- Christensen, L.R., Jorgenson, D.W. i Lau, J.L. (1971). "Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function", Econometrica, vol 39, pp. 255-256.
- Field, B.C. i Grebenstein, C. (1980). "Capital-energy substitution in U.S. manufacturing", Review of Economics and Statistics, vol 62, Nº 2, pp. 207-211.
- Fuss, M.A. (1977). "The demand for energy in canadian manufacturing", Journal of Econometrics, vol 5, pp. 89-116.
- Gibbons, J. (1984). "Capital-energy substitution in the long run", The Energy Journal, vol 5, Nº 2, pp. 109-118.
- Gregory, P.R. i Griffin, J.M. (1976). "An intercountry translong model of energy substitution responses", The American Economic Review, vol 66, Nº 5, pp. 845-857.
- Griffin, J.M. (1981a). "Engineering and econometric interpretations of energy-capital complementarity: comment", The American Economic Review, vol 75, Nº 5, pp. 1100-1104.
- Griffin, J.M. (1981b) "The energy-capital complementarity controversy: a progress report on reconciliation attempts", en E. Berndt i B. Fields (Eds), Modelling and Measuring Natural Resource Substitution, The MIT Press.

- Hudson, E.A. i Jorgenson, D.W. (1978). "The economic impact of policies to reduce U.S. energy growth", *Resources and Energy*, vol 1, pp. 205-229.
- Humphrey, D.B. i Moroney, J.R. (1975). "Substitution among capital, labor and natural resource products in american manufacturing", *Journal of Political Economy*, vol 83, N° 1, pp. 57-82.
- Iqbal, M. (1986). "Substitution of labor, capital and energy in the manufacturing sector of Pakistan", *Empirical Economics*, vol 11, pp. 81-95.
- Koop, R.J. i Smith, V.K. (1982). "Neoclassical measurement of ex ante resource substitution: an experimental evaluation", en J.R. Moroney (Ed), *Advances in the Economics of Energy and Resources*, JAI Press, pp. 183-198.
- Le Grand, O. (1983). "Les fonctions de production C.L.E.F.: capital, travail, électricité et combustibles fossiles", en *Prévision et Analyse Economique*, Cahiers du GAMA.
- Moroney, J.R. i Toevs, A.L. (1977). "Factor cost and factor use: an analysis of labor, capital, and natural resource inputs", *Southern Economic Journal*, vol 44, N° 2, pp. 229-239
- Morrison, C. (1992). "Energy and capital: further exploration of E-K interactions and economic performance", *The Energy Journal*, vol 14, N° 1, pp. 217-243.
- Özatalay, S. et al. (1979). "Energy substitution and national energy policy", *The American Economic Review*, vol 69, N° 2, pp. 369-371.
- Pindyck, R.S. (1979). "Interfuel substitution and the industrial demand for energy: an international comparison", *Review of Economics and Statistics*, vol 61, N° 2, pp. 169-179.
- Pindyck, R.S. i Rotenberg, J.J. (1983), "Dynamic factor demands and the effect of energy price shocks", *The American Economic Review*, vol 73, N° 5, desembre, pp. 1066-1079.
- Prywes, M. (1986). "A nested CES approach to capital-energy substitution", *Energy Economics*, vol 8, N° 1, pp. 22-28.
- Rosenberg, N. (1994). "Energy-efficient technologies: past and future perspectives", en N. Rosenberg, *Exploring the Black Box*, Cambridge University Press.
- Saicheua, S. (1987). "Input substitution in Thailand's manufacturing sector", *Energy Economics*, vol 9, N° 1, pp. 55-63.
- Scott, A.D. (1962). "The development of the extractive industries", *Canadian Journal of Economics*, febrer.
- Siddayao, C.M. et al. (1987). "Estimates of energy and non-energy elasticities in selected Asian manufacturing sectors", *Energy Economics*, vol 9, N° 2, pp. 115-127.
- Solow, J.L. (1987) "The capital-energy complementarity debate revisited", *The American Economic Review*, vol 77, N° 4, pp. 605-614.

- Stapelton, D.C. (1981). "Inferring long-term substitution possibilities from cross-section and time-series data", en E.R: Berndt i B.C. Field (Eds), Modelling and Measuring Natural Resource Substitution, The MIT Press, pp. 93-118.
- Turnovsky, M. et al. (1982). "Factor substitutability in australian manufacturing with emphasis on energy inputs", Economic Record, vol 58, pp. 61-72
- Williams, M. i Laumas, P. (1981). "The relation between energy and non-energy inputs in India's manufacturing industries", The Journal of Industrial Economics, vol 30, N° 2, pp. 113-122.

Capítol 6.

**LA DETERMINACIÓ DELS PREUS DELS RECURSOS NO RENOVABLES
EN EL CURT TERMINI.**

6. LA DETERMINACIÓ DELS PREUS DELS RECURSOS NO RENOVABLES EN EL CURT TERMINI.

En els capítols 4 i 5 ens hem referit a l'escassetat dels recursos no renovables, a la manera de mesurar-la i a les seves implicacions. L'evidència disponible indica que l'escassetat física dels disminueix fins el 1970, quan té lloc una inflexió per a bastants recursos. D'ençà les tendències no apareixen massa definides, pel que és quelcom arriscat referir-se a un augment generalitzat de l'escassetat en els darrers 25 anys. Aquest augment pot haver afectat recursos concrets, però encara no existeixen prous elements per assegurar que aquesta serà la pauta en el futur.

D'altra banda, també hem vist que l'escassetat física dels recursos individuals és una condició necessària però no suficient per que se'n derivin conseqüències econòmiques d'ample abast. En aquest sentit, a curt i mig termini són importants les possibilitats de substitució entre els recursos no renovables i altres factors productius (especialment el capital), mentre que a llarg termini el canvi tecnològic es revela com el principal mecanisme per adaptar una economia a una dotació relativa de factors canviant.

Les anàlisi empíriques que hem exposat en el capítol 5 indiquen que les forces que operen en el curt/mig termini han resultat decisives per respondre a eventuals escassetats, pel que actualment el problema de l'exhauriment no és el més important. Admesa aquesta conclusió, és convenient situar l'anàlisi econòmica dels recursos no renovables en un àmbit més positiu: enlloc d'intentar respondre quan s'esgotaran els recursos i si els mecanismes adaptatius respondran en el futur com ho han fet en el passat, pot ser més útil centrar-se en els aspectes factuais. Això requereix desplaçar l'anàlisi de l'àmbit de l'eficiència a la determinació dels preus en la realitat, la qual cosa comporta sortir del marc restrictiu -pels objectius que té- de la teoria de l'esgotament. Aquest canvi d'orientació no significa que l'estudi es traslladi al camp descriptiu. El nostre interès no és tan exposar l'operativa dels mercats dels recursos no renovables com valorar els diferents esquemes que proporciona l'anàlisi econòmica per explicar el seu funcionament. En aquest punt una distinció important

és la del curt, mig i llarg termini, ja que els factors explicatius dels preus són diferents en cada cas. A continuació s'identifiquen els principals elements que influeixen en la determinació dels preus a curt termini a partir de l'anàlisi marshallià que s'aplica als recursos no renovables introduint-hi les qualificacions corresponents. Després d'identificar els factors individuals, l'èmfasi es posa en les formes de mercat (o formes transaccionals) pròpies dels recursos no renovables. Finalment s'exposa de quina manera les característiques bàsiques d'aquests recursos afecten l'estructura del mercat -i per aquesta via incideixen en els preus- i com aquesta estructura pot canviar al llarg del temps.

6.1. El procés d'oferta.

L'estoc geològic (o recurs base) constitueix l'eventual oferta a llarg termini dels recursos no renovables, mentre l'oferta accessible ve donada per les reserves. El recurs base es converteix en reserves mitjançant un procés que comprén dues etapes, l'exploració i el desenvolupament dels nous dipòsits. Aquestes activitats permeten transformar un estoc geològic en un flux econòmic en forma d'addició de jaciments a les reserves existents, que constitueixen la part del recurs que ja es podria explotar.

La teoria de l'esgotament considera els recursos no renovables com una forma de capital que es revaloritza al llarg del temps i centra l'interès en les condicions que garanteixen la seva explotació eficient. Però al dirigir l'atenció a l'activitat de l'explotació, la teoria de l'esgotament posa l'èmfasi en un aspecte concret de l'oferta, mentre deixa de banda altres factors rellevants.

Addicionalment, l'anàlisi convencional atribueix a l'oferta una naturalesa elàstica, amb uns ajustaments instantanis a les condicions del mercat. Tanmateix, en la pràctica el mecanisme de l'oferta presenta una major complexitat. Una primera consideració fa referència als diferents tipus d'ajustaments: els que tenen lloc en el curt termini i aquells altres que operen en el mig i llarg termini. L'anàlisi d'aquests ajustaments requereix distingir el comportament dels costos variables (determinats pels factors de producció mòbils a curt termini)

dels costos fixos, associats a la nova inversió i que precisa d'un període de realització més dilatat. La materialització de la nova inversió, per la seva part, és el resultat final d'una estratègia per modificar les pautes de la producció, pel que està vinculada a actuacions prèvies per part de l'empresa en l'àmbit de l'oferta.

Bohi i Toman (1983) analitzen les implicacions del procés d'oferta de recursos no renovables i les interaccions que es generen. Aquest procés es materialitza al llarg de tres fases, en cadascuna de les quals s'obté un output que és a l'hora un input per la realització de la fase següent. La primera etapa del procés és l'exploració, que consisteix en la prospecció i primera perforació del terreny i té com a resultat el descobriment de noves reserves. Un cop identificades les noves reserves comença la fase de desenvolupament, que consisteix en la instal·lació de l'equipament necessari per a l'extracció. Finalment, el procés conclou amb l'explotació, que és l'activitat que habitualment s'associa amb l'oferta dels recursos no renovables. Dins d'aquest procés la determinació del nivell d'inversió esdevé un aspecte cabdal, ja que determina la capacitat productiva de l'empresa, i per tant, l'oferta efectiva.

Les empreses que exploten els recursos no renovables decideixen el nivell de capacitat en funció de diversos condicionants. Un element important és l'evolució de la demanda futura. Així, si es preveu que aquesta augmenti d'una manera continuada, la capacitat instal·lada serà superior, per evitar escanyaments en els moments d'expansió. D'altra part, també cal tenir en compte les característiques del dipòsit, i especialment, la seva dimensió, qualitat i accessibilitat. Val a dir que mentre la incertesa sobre l'evolució de la demanda és consubstancial a qualsevol activitat productiva, el segon aspecte diferencia l'explotació dels recursos no renovables de la resta d'indústries, ja que en aquell cas l'output que es pot obtenir d'una determinada inversió també està limitat per la naturalesa i peculiaritats dels jaciments.

Després de completar-se el procés d'oferta amb la determinació del nivell de capacitat, el pas següent és l'obtenció de la funció d'oferta de l'empresa a curt termini, aspecte al que es refereixen Adelman i Houghton (1983). A curt termini la inversió en equipaments i infraestructures és fixa, pel que l'oferta està determinada pels costos dels factors variables, negligint-se els costos enfonsats del capital. La corba d'oferta d'una empresa representa la quantitat anual que es pot explotar del recurs per diferents nivells de preus (que suposem

estables). Per cada preu, l'empresa du a terme la inversió que considera adequada per optimitzar la grandària del dipòsit tenint en compte la demanda actual i futura. El tram horitzontal de la corba indica precisament el marge de maniobra que permet la capacitat instal·lada de producció. Quan s'utilitza tota la capacitat disponible qualsevol pressió addicional sobre l'explotació es tradueix únicament en un augment del preu, i la funció esdevé vertical. La corba d'oferta del sector s'obté mitjançant l'agregació de les funcions de les diferents explotacions i presenta una forma d'escala en la que cada graó està associat a una renda diferencial, llevat la que correspon a la darrera explotació, que simplement cobreix els costos de producció. L'obtenció de beneficis extraordinaris és el que permet a la resta d'empreses cobrir -almenys parcialment- les despeses inicials del procés (exploració i desenvolupament).

Un cop explicitada la funció d'oferta de l'empresa a curt termini, ja es pot dur a terme una primera anàlisi de la influència dels preus en el nivell de producció. En el procés d'oferta els costos fixes assoleixen una magnitud considerable en les fases d'exploració i desenvolupament. Addicionalment, l'explotació també acostuma a requerir una elevada intensitat de capital. Tot això comporta que els costos variables siguin molt baixos en termes relatius (en relació als costos fixos). Quan l'empresa inicia l'explotació d'un dipòsit els costos d'exploració i desenvolupament corresponen a inversions ja desemborsades (es tracta de costos enfonsats), pel que la producció es mantindrà sempre que els preus siguin superiors als costos de funcionament. I la reduïda magnitud d'aquests costos permet que, a curt termini, el preu del recurs natural pugui experimentar davallades considerables sense que tingui lloc el cessament de l'activitat (101). Això significa que una disminució del preu per sota dels costos fixos no afectarà el nivell de producció a curt termini, sino que el seu impacte es manifestarà a llarg termini, mitjançant la interrupció del procés d'exploració, que bloqueja el nou cicle de l'oferta.

Aquest resultat s'explica per les característiques de les activitats extractives i el funcionament de les seves empreses. La inversió en exploració té un risc elevat, pel que habitualment no es financia amb recursos externs. Els recursos externs acostumen a destinar-se al desenvolupament i l'explotació del jaciment, un cop l'activitat ofereix una rendibilitat que

garanteix la retribució d'aquells recursos. Una disminució del preu per sota dels costos fixos comporta una minva en els ingressos generats per l'empresa, i en les circumstàncies que acabem d'exposar el primer efecte de la disminució del preu és la interrupció de les inversions en exploració, ja que els ingressos que obté l'empresa han de destinar-se a retribuir les inversions de desenvolupament i explotació ja realitzades. Addicionalment, i segons la magnitud de la davallada, es poden aturar les inversions necessàries per desenvolupar els dipòsits que ja s'exploten així com les noves inversions en els jaciments ja descoberts. En definitiva, a curt termini, una disminució dels preus per sota dels costos fixos pot tenir una feble influència en el nivell de producció, ja que el tancament d'aquelles explotacions marginals en que no es cobreixen els costos variables tendeix a compensar-se pels augments de la producció en aquells altres jaciments en que aquests costos encara són superiors al preu. En canvi, a llarg termini el resultat previsible serà una contracció en l'output degut a la manca de renovació dels dipòsits en funcionament al aturar-se les inversions en exploració.

La magnitud de la resposta per adaptar l'oferta a una situació canviant depèn de la situació en que operi l'empresa a curt termini, i per tant, de l'actuació que calgui implementar per modificar (augmentar) la producció. Això, a la seva vegada, està influït per la capacitat instal·lada i pel seu nivell d'utilització. Quan no s'opera al nivell de plena capacitat, l'empresa se situa en el tram horitzontal de la corba d'oferta. En aquest cas qualsevol modificació (expansió) de la demanda provoca una intensificació de la producció amb el recurs als factors variables i l'ajustament a una nova situació d'equilibri es du a terme amb celeritat. D'altra banda, si l'empresa opera al màxim de la seva capacitat a curt termini (és a dir, es troba en el tram vertical de la corba d'oferta, on aquesta és perfectament inelàstica), un augment en la demanda no es tradueix de manera immediata en un augment de l'explotació i l'ajusta-

(101) En sentit estricte, àdhuc si el preu se situa per sota dels costos de producció a curt termini, l'explotació podria continuar en funcionament, ja que cal computar també els costos tècnics del tancament. Aquest nivell ve donat pels "costos evitables", que determinarien el nivell per sota del qual és inviable mantenir l'explotació.

ment via quantitats requereix d'un cert període de temps. Això significa que la possibilitat d'intensificar l'explotació del recurs en resposta a un canvi en la demanda només és possible si existeix excés de capacitat. La teoria de l'esgotament dels recursos naturals prescindeix d'aquesta eventualitat, ja que al considerar que la corba d'oferta és perfectament elàstica presuposa que els ajustaments tenen lloc de manera instantània i la producció sempre s'igualava a la demanda. Aquesta abstracció és acceptable quan l'objectiu de la teoria es determinar les condicions d'eficiència, però pot distorsionar els resultats quan es tracta d'explicar el comportament habitual de les empreses. Per això, en la pràctica, un aspecte fonamental és determinar si les empreses operen prop de la plena capacitat o mantenen capacitat excedentària per raons estratègiques. Com veurem més endavant, les respostes a aquesta qüestió són diverses, situació a la que no és aliena el tipus de recurs natural considerat. En qualsevol cas, la transició del curt termini al llarg termini en termes de producció requereix augmentar la capacitat productiva instal·lada. D'aquesta manera, la corba d'oferta, que es totalment rígida al nivell de la plena capacitat a curt termini, després d'un període d'ajustament esdevé més elàstica.

La implementació dels ajustaments quan l'empresa opera al nivell de plena capacitat està subjecte a diversos retardaments. Labys (1980) considera tres possibilitats, cadascuna de les quals té una dimensió temporal diferent. En primer lloc, el retardament d'implementació, que xifra en 1-5 anys. En aquest cas el desfassament temporal s'explica pel retardament en la presa de decisió per part de l'empresa, que esperarà que les noves circumstàncies s'hagin consolidat per modificar els plans d'inversió, i la constatació d'aquest fet pot requerir un cert període de temps. En segon lloc, el retardament tecnològic, associat al temps necessari per executar una inversió en una activitat intensiva en capital (5-15 anys). Finalment, si les noves inversions -que incideixen en el marge intensiu- es revelen insuficients per abastir una demanda creixent, la resposta adoptarà la forma de l'exploració i es desencadena el procés d'ajustament al que ens hem referit amb anterioritat i que opera en el llarg termini (és normal que transcorrin 15-25 anys d'ençà que s'inicia l'exploració fins que s'exploten els nous jaciments).

Les consideracions prèvies revelen la importància que tenen la determinació del nivell de capacitat i la magnitud dels ajustaments necessaris per assolir la capacitat desitjada per les

empreses. El nivell desitjat de capacitat s'associa a una inversió rendible i depèn de la relació entre el preu del recurs i els costos d'explotació. L'expansió de capacitat opera a través dels incentius que proporciona un preu més elevat, pel que si els costos augmenten quan progressa l'extracció del recurs natural, els preus també haurien d'incrementar-se per crear estímuls a la inversió en forma de majors beneficis per a les empreses. En aquest sentit, un dels principals referents de l'expansió de capacitat és la relació entre els preus i els costos. Segons Labys, a curt termini aquest rati pot presentar un valor superior a 1, però a llarg termini, després de l'ajustament tendeix a la unitat. Aquest argument presenta discrepàncies amb les prescripcions de la teoria convencional, que postula que tant a curt com a llarg termini el preu excedeix el cost marginal (degut a la renda d'escassetat del recurs natural).

El darrer aspecte a considerar en l'àmbit de l'oferta és l'existència de rendes diferencials, que s'associen amb la desigual qualitat dels recursos. En els plantejaments teòrics, des de les primeres aportacions de Malthus i Ricardo, s'ha acceptat -si més no implícitament- que els recursos són homogènis o bé presenten una variació regular en la seva qualitat (en sentit decreixent) a mesura que s'exploten, i això dona lloc a l'aparició de rendes diferencials de manera progressiva. A desgrat d'aquesta idea, l'experiència mostra que al mateix temps s'extreuen recursos naturals de qualitat diversa, pel que les rendes diferencials apareixen de manera simultània. En el capítol 2 ja hem vist que l'explotació dels jaciments en ordre estricte de qualitat decreixent seria possible si l'exploració tingués un cost menyspreable i els estocs dels recursos fossin fàcilment inventariables, de manera que l'explotació es pogués programar en funció del seu cost per assolir un resultat eficient. Però en la pràctica aquesta no és la situació habitual. Diverses raons expliquen l'explotació simultània de jaciments de qualitat desigual i l'aparició de les corresponents rendes diferencials. I aquestes raons no es limiten únicament als costos de la informació. Són igualment importants altres factors econòmics (tecnologia no homogènia entre empreses, costos dels factors diferents), geològics (disposició natural dels jaciments, accessibilitat) i també de comportament estratègic (conservació del recurs, generació ràpida d'ingressos). L'explotació simultània de dipòsits de diferent qualitat té implicacions quan es passa de l'àmbit de l'empresa -que

constitueix el principal objecte d'anàlisi de la teoria de l'esgotament- al de la indústria (fins ara molt poc estudiada), i introdueix algunes qualificacions al "gradualisme" en la funció d'oferta tal i com la presenten Adelman i Houghton. Així, pel que fa a la reducció de la producció, sembla clar que davant d'una davallada en els preus l'ajustament correspondrà a les explotacions marginals -en el sentit de més desfavorables-, la qual cosa és consistent amb el que prediu l'anàlisi convencional. Però, en canvi, en el desenvolupament de la producció poden tenir lloc "discontinuitats" en la funció d'oferta, ja que no està garantit que l'expansió -fins al límit de la capacitat instal·lada- correspongui als jaciments de més baix cost. Això vol dir que amb rendes diferencials significatives en la pràctica es presenta una dificultat per a la identificació de les corbes d'oferta, pel que l'extrapolació directa de l'anàlisi i dels resultats de l'àmbit de l'empresa al de la indústria presenta problemes de consistència interna.

6.2. Característiques de la demanda.

La teoria de l'esgotament centra l'interès en l'oferta dels recursos no renovables i ha pres tat poca atenció al comportament de la demanda. De fet, al considerar que l'oferta és per fetament elàstica s'indica que qualsevol canvi en la demanda està associat a un ajustament instantani pel costat de la producció, circumstància que ha relegat els mateixos factors de demanda a un segon terme. Abans ja hem assenyalat algunes limitacions d'aquest plantejament i la possible existència de situacions de desajustament en l'àmbit de la producció. A continuació ens referim a les característiques de la demanda dels recursos no renovables i la seva repercusió en el funcionament de la indústria.

El primer que cal recordar és que la demanda de recursos no renovables és una demanda derivada, ja que depèn de la demanda dels béns i serveis que aquests recursos contribueixen a obtenir. Això vol dir que a curt termini la demanda de recursos no renovables es modifica -en el sentit de desplaçar-se- quan: 1) varia la demanda global, i 2) varia la composició de l'output (és a dir, de la demanda agregada). La variació de la demanda

global depèn directament dels cicles de l'activitat econòmica. Una fase expansiva, per exemple, comporta un augment en la demanda de recursos, mentre que en una recessió el consum retrocedeix. D'altra banda, la demanda de recursos també es modifica quan ho fa la composició de la demanda global. Així, una recomposició de la demanda global en favor d'aquells béns i serveis menys intensius en l'ús recursos no renovables comportaria una disminució en la seva demanda. En sentit contrari, si la recomposició de la demanda és a favor dels béns i serveis més intensius en la utilització d'aquests recursos, la seva demanda tendirà a augmentar (102).

El segon aspecte que convé assenyalar és que els canvis en la demanda global i/o en la seva composició no afecten per igual tots els recursos no renovables. L'impacte d'aquests canvis depèn de les característiques de cada recurs i de les funcions que duen a terme, ja que això determina l'ús que se'n fa d'ells i la posició que ocupen en l'activitat econòmica. En aquest sentit és necessari distingir els dos grans tipus de recursos no renovables: els combustibles fòssils (recursos energètics) i els minerals no combustibles.

La funció dels combustibles fòssils és contribuir a la provisió de serveis bàsics pel conjunt de l'activitat econòmica. La seva demanda directa es troba bastant concentrada en unes poques activitats -el cas més clar és la generació d'energia-, però a través d'elles l'impacte d'aquests recursos es manifesta en la resta de sectors productius. Degut a la demanda generalitzada dels serveis que contribueixen a obtenir aquests recursos (com succeeix amb l'energia), la seva utilització depèn més de la conjuntura econòmica general que del comportament de sectors concrets (103).

L'evolució macroeconòmica és fonamental per determinar el consum d'aquests recursos així com els desplaçaments en la seva corba de demanda. Com, en general, les fluctuacions del conjunt de l'activitat econòmica no són molt acusades, a curt termini la demanda global de combustibles fòssils no presenta massa oscil·lacions i es manté en uns nivells relativa-

(102) Això explicaria que la demanda relativa de recursos no renovables sigui superior en les fases inicials del desenvolupament d'un país que quan aquest ja es troba desenvolupat.

ment estables. Tanmateix, la demanda individual de cada recurs està afectada per les relacions que s'estableixen entre ells, especialment pel que fa a les possibilitats de substitució. Això vol dir que una corba de demanda global estable és compatible amb desplaçaments en les corbes de demanda individuals com a resposta a canvis en els preus relatius dels diferents recursos.

La situació del petroli en relació a la resta de combustibles fòssils serveix per il·lustrar el que diem. La demanda de petroli depèn de tres tipus de productes refinats (Fernández Cuesta i Merry del Val, 1984; Jacquet i Nicolas, 1991). En primer lloc, els que es destinen a la utilització pobre, que consisteix en la generació de calor destinat als sectors elèctric i industrial; és el cas, per exemple, del fuel-oil pesant. En segon lloc, els que es destinen a la utilització intermitja, que consisteix en la generació de calor individualitzat (per usos comercials i domèstics) i en la generació de potència en motors fixes. Finalment, en tercer lloc, se situa la utilització noble, que també adopta dues modalitats: els carburants i combustibles pel transport (en motors de combustió interna) i les primeres matèries per a la indústria petroquímica. En la pràctica, les possibilitats de substitució del petroli depenen de l'aplicació considerada. En la utilització pobre, per exemple, el petroli es pot substituir fàcilment per altres recursos, com el carbó, el gas natural (i àdhuc, a mig termini, per l'energia nuclear). En la utilització intermitja, les possibilitats de substitució ja són més dificultoses, mentre que en la utilització noble el marge de maniobra és pràcticament inexistent. Les possibilitats de substitució, al seu torn, mediatitzen l'ús relatiu dels recursos en funció del seu preu. Si el preu del petroli és baix, la seva demanda abastarà totes les aplicacions, mentre que si el preu és elevat l'ús del petroli quedarà reduït a la utilització noble i se substituirà en els altres casos.

En els recursos d'utilització específica, com els minerals no combustibles, la demanda presenta unes altres característiques. En aquest cas els recursos, més que proporcionar un servei, s'incorporen com a inputs materials en els processos de producció i la seva trans-

(103) En el benentès que quantitativament la seva demanda té més importància en les activitats intenses en el consum d'energia.

formació dona lloc als productes finals. Per aquest grup de recursos primeren les propietats particulars -específiques- de cadascun d'ells, pel que per una determinada aplicació les possibilitats de substitució, a curt termini, són bastant limitades, a diferència del que succeïa amb els recursos energètics. Per cada recurs la demanda directa es troba molt concentrada en un reduït nombre d'activitats, fins el punt que sovint es tracta d'una demanda individualitzada (104). En el cas dels minerals no combustibles l'efecte de la demanda derivada té una implicació immediata, i és que l'ús dels recursos pot variar de manera significativa amb independència del seu preu, degut a modificacions en la demanda dels productes finals en que s'incorporen. En aquest cas, a diferència del que succeïa amb els recursos energètics, no són les modificacions en els preus d'altres recursos el que provoca els desplaçaments de les corbes de demanda individuals, sino la conjuntura dels sectors en que aquests recursos s'incorporen. En la pràctica per bastants recursos s'observa una acusada vinculació amb el cicle econòmic. Això és el que succeeix, per exemple, amb aquells minerals no combustibles que tenen una forta dependència de les grans branques d'activitat (que representen una part molt elevada del seu consum): la construcció, la maquinària i equipament i els béns de consum durader (especialment, l'automoció). Aquests tres sectors presenten un comportament bastant inestable, ja que la seva evolució depèn, respectivament, de les decisions d'inversió del sector públic, les empreses industrials i els particulars, i aquests agents modifiquen continuament les seves decisions en funció de la conjuntura econòmica general. Això, al seu torn, fa que la demanda dels minerals no combustibles sigui molt volàtil, amb unes oscil·lacions molt superiors a les del conjunt de l'activitat econòmica (105).

Un altre aspecte que influeix en la demanda d'un recurs és el seu pes en l'estructura de costos del producte en que s'incorpora, ja que quan major sigui aquell també ho serà la va-

(104) Aquesta és la situació més habitual pels minerals no combustibles. Així, la demanda directa de ferro és gairabé exclusiva de les indústries siderúrgica i de forja. I el mateix succeeix amb la majoria de recursos no fèrrics (coure, alumini).

riació en l'ús del recurs provocada per un canvi en la demanda del producte final. El pes d'un recurs en l'estructura de costos del producte final influeix igualment en la relació entre un canvi en el seu preu i la modificació de la demanda. Així, si la importància relativa del recurs en l'estructura de costos és baixa, és possible que un augment -ni que sigui significatiu- en el preu no afecti de manera sensible la seva utilització, circumstància que reflectiria la rigidesa de la demanda en l'aplicació considerada (Roxburg, 1980) ⁽¹⁰⁶⁾. Tanmateix, si la participació del recurs en l'estructura de costos del producte final és elevada, cal esperar una reacció diferent dels utilitzadors com a resposta a un increment en el preu, però en aquest cas és pertinent la distinció entre el curt i el llarg termini ⁽¹⁰⁷⁾.

A curt termini, per raons de tipus tecnològic (sobretot degut a les dificultats de substitució en els processos productius), la demanda de recursos no renovables és, en general, bastant inelàstica, pel que modificacions en el preu del propi recurs no afectaran de manera sensible la quantitat demandada. Naturalment, en aquelles activitats en que existeix un cert marge de substitució (ja sigui entre diferents recursos o entre recursos i factors produïts), la demanda pot presentar una major elasticitat. En general, les possibilitats de substitució a

(105) Aquestes fluctuacions s'accentuen per determinats recursos degut a les particularitats de la seva demanda. És el cas del níquel, molt utilitzat en la fabricació d'armament, pel que el seu consum es troba mediatitzat per circumstàncies especials, com els conflictes bèlics, durant els quals la demanda experimenta una forta expansió. Una excepció significativa a les pautes de la demanda que abans hem exposat la constitueixen aquells recursos naturals amb un consum relativament estable. Els casos més significatius són els fosfats i els sulfurs, que s'utilitzen com a fertilitzants en l'agricultura.

(106) Roxburg ha dut a terme un dels estudis més complets sobre l'impacte dels preus d'un recurs no renovable al llarg de la cadena productiva, amb una anàlisi aplicada al cas del mercuri que abasta un període de més de 50 anys. En aquest sentit mostra que malgrat la creixent escassetat física del mercuri al llarg del segle XX i els successius increments de preus d'aquest recurs, les empreses utilitzadores no estigueren massa interessades en la seva substitució, ja que el pes del mercuri en l'estructura de costos era bastant baix en les principals aplicacions, i especialment en el procés del clor-alkali. Com les empreses utilitzadores operaven en condicions oligopolístiques es limitaren a traslladar els increments de preus aigües avall. En canvi, és significatiu que les modificacions en els processos per substituir (o esmorteïr) l'ús del mercuri s'iniciïn en la dècada dels 60 degut a l'enduriment de la regulació mediambiental.

curt termini són particularment baixes en els recursos naturals que es destinen a unes aplicacions més específiques, cas dels minerals no combustibles. En canvi, en els recursos energètics, les possibilitats de substitució s'han de ponderar per cada aplicació, pel que la resposta de la demanda a un canvi en el preu depèn de l'existència d'alternatives pels diferents tipus de demanda, que, al seu torn, poden tenir lloc a preus diferents (108).

En les aplicacions en que la substitució és difícil, la demanda de recursos naturals pot esdevenir elàstica, però la transició exigeix un cert període de temps, pel que els efectes sobre el consum es manifestaran en el mig-llarg termini. Així, quan la participació dels recursos en l'estructura de costos és significativa, per engegar un procés de substitució cal que l'augment en el preu hagi estat substancial i es mantingui en el nou nivell durant un cert temps, de manera que els utilitzadors considerin la nova situació com estable. D'altra banda, un cop internalitzada la nova situació, la modificació dels processos, la construcció

(107) En aquest plantejament acceptem la idea de Hicks sobre els mecanismes de reacció quan té lloc un canvi en els preus relatius dels factors. Recordem que segons Hicks un augment en el preu d'un factor productiu (en aquest cas un recurs no renovable) desencadena un procés que comporta substituir el factor que ha augmentat de preu per d'altres relativament menys costosos. Posteriorment Fellner, Samuelson, i Salter varen questionar la idea de Hicks adduint que davant de canvis en els preus relatius dels factors l'objectiu de les empreses és simplement evitar que augmentin els costos totals i això no necessàriament requereix substituir el factor que ha incrementat de preu. La reducció dels costos totals pot ser compatible amb una nova tècnica de producció en la que la utilització del factor que ha augmentat el preu es mantingui respecte la situació inicial.

(108) El cas del petroli il·lustra novament aquesta situació. Els principals avantatges que presenta el petroli en relació a d'altres combustibles fòssils són l'elevat rati contingut energètic/pes i la facilitat de transport. Per determinades aplicacions, com la generació d'energia elèctrica, aquestes propietats no són especialment importants. I ja hem vist que en aquest cas existeixen substituïts -com el carbó-, pel que la demanda de petroli com a input per generar electricitat -que és una demanda que té lloc a preus baixos- és bastant elàstica en el curt termini. En canvi, per altres aplicacions, la demanda de petroli a curt termini és bastant inelàstica, ja que la relació contingut energètic/pes és determinant i li atorga un avantatge absolut en relació a la resta de combustibles fòssils. És el que succeeix en els sectors del transport i la petroquímica, on no existeixen alternatives viables al seu ús.

de nous equipaments i el redisseny del producte final per reduir l'ús del recurs natural que s'ha encarit requereixen d'un període d'adaptació addicional. En conseqüència, el comportament de la demanda segueix, a grans trets, unes pautes semblants a les de l'oferta: les elasticitats són baixes a curt termini però augmenten de manera considerable en el migllarg termini un cop s'han desencadenat els mecanismes d'ajustament.

6.3. Formació dels preus a curt termini.

En l'anàlisi marshalliana la formació dels preus s'explica a partir de l'oferta i la demanda i la seva interacció en el mercat. Quan s'aplica aquest plantejament als recursos no renovables es reforça la distinció prèvia entre el curt i el llarg termini, ja que segons el període temporal que es consideri la formació dels preus respon a una casuística diferent i els factors rellevants en cada cas també són diferents.

L'evolució dels preus a llarg termini es reflecteix en la seva tendència. L'explicació del comportament tendencial i de les causes que el determinen ha estat el principal focus d'interès de les diferents contribucions teòriques sobre l'explotació dels recursos no renovables, i a elles ens referim en el proper capítol amb l'anàlisi específica del petroli. En aquest punt el que interessa destacar és que, admesa l'existència d'una tendència, l'evidència empírica mostra que l'evolució dels preus no és uniforme sino que en alguns casos apareixen oscil·lacions que es repeteixen periòdicament. Aquestes oscil·lacions es deuen al comportament de l'oferta i la demanda a curt termini, que està molt mediatitzat per la forma de mercat (o forma transaccional) existent.

Situem-nos, en una primera aproximació, en un escenari de competència perfecta, en el que cap agent gaudeix de poder de mercat. A curt termini, l'oferta és inelàstica a partir del nivell de producció de plena capacitat. Quan les empreses es troben en aquest punt, la restricció per dur a terme un ajustament no és la quantitat fixa del recurs natural -que operaria com un límit a l'augment de la producció a llarg termini-, sino el temps requerit per augmentar la capacitat. Per la seva part, la demanda a curt termini també és bastant

inelàstica, però mentre la corba d'oferta està fixada, la de demanda pot presentar variacions degut als moviments cíclics de l'activitat econòmica. En aquestes circumstàncies, la magnitud de les fluctuacions i els tipus d'ajustament dependran del nivell inicial d'utilització de la capacitat. Si les empreses operen al nivell de plena capacitat, l'oferta no es pot expandir per acoplar-se a una demanda en expansió, pel que una major demanda es tradueix de manera immediata en un augment de preus (que dependrà de la magnitud en la variació de la demanda). En aquesta situació, l'augment de preus reflecteix l'escassetat temporal del recurs natural. En canvi, si les empreses operen per sota el nivell de plena capacitat, la major demanda es podria satisfer amb una expansió de la producció, pel que l'ajustament es faria via quantitats, amb petites fluctuacions dels preus.

En sentit contrari, quan té lloc un retrocés de la demanda i apareix un excedent de capacitat, les existències s'acumulen. Llavors, algunes empreses poden reduir els preus per eliminar part dels excedents a costa dels seus competidors. Però la generalització d'aquesta pràctica per defensar les quotes de mercat individuals degenera en una guerra de preus que a curt termini no té cap efecte sobre la demanda degut a la seva inelasticitat, de manera que l'equilibri només es restableix quan la producció s'ha reduït a un nivell compatible amb la reabsorció dels excedents. En una situació competitiva aquest ajustament via producció té lloc quan els preus davallen per sota dels costos variables de les explotacions marginals, però per sobre d'aquest nivell cap empresa disminuirà la producció, ja que intentarà cobrir el màxim dels costos fixos. Com ja hem observat, en l'explotació dels recursos no renovables els costos fixos acostumen a ser bastant elevats en relació als variables, pel que fins que els preus no experimenten un fort retrocés no es procedeix al tancament de les explotacions. Així, doncs, en una situació competitiva, el marge de fluctuació dels preus entre el nivell "sostre", en el que tenen lloc les substitucions, i el nivell "terra", en el que els tancaments són inevitables, presenta una major amplitud en el cas dels recursos no renovables que per a la majoria de sectors industrials (109). En la pràctica, en els mercats competitius de recursos no renovables té lloc una inestabilitat contínua dels preus entre aquests dos límits que s'explica per les característiques de l'oferta i la demanda.

Pel que fa a la demanda, ja ens hem referit al seu comportament naturalment fluctuant, que en bastants recursos assoleix una magnitud molt superior a la del conjunt de l'activitat

econòmica. En l'àmbit de l'oferta també hem comentat que quan les empreses operen per sota del nivell de plena capacitat, la seva adaptació a una demanda canviant té lloc de manera ràpida i sense afectar els preus. En la pràctica, tanmateix, un factor de gran importància és la inèrcia en la producció, que pot dificultar una adaptació ràpida a la demanda. Aquesta inèrcia s'explica essencialment per dues causes. En primer lloc, la necessitat de les empreses d'operar al límit de la seva capacitat per generar un flux estable d'ingressos que permeti l'amortització de les inversions. I d'altra part, per la progressiva introducció de les tecnologies d'explotació contínua (especialment pel que fa als minerals no combustibles), que dificulten considerablement la flexibilització de la producció.

El resultat d'aquesta anacronia entre el comportament de la producció i la demanda a curt termini és que la seva igualtat només té lloc de manera casual i els mercats competitius de recursos naturals es caracteritzen per una recerca continuada -i impossible- de situacions d'equilibri, amb uns preus que fluctuen de manera permanent per clarejar el mercat. Aquesta situació comporta igualment que els beneficis de les empreses presentin una forta volatilitat, circumstància que acaba de condicionar llur pròpia estratègia d'actuació. Així, en les

(109) Convé remarcar que en l'anàlisi sobre les fluctuacions dels preus, alguns autors prioritzen altres elements a la configuració del mercat. És el cas de Slade (1982), que sintetitza les raons per les quals els preus dels recursos no renovables presenten inestabilitats en quatre factors: 1) les baixes elasticitats-preu de l'oferta i la demanda a curt termini; 2) l'elevada elasticitat-renda de la demanda; 3) el retardament entre l'inici i la conclusió dels projectes; i 4) la grandària d'inversió en aquestes activitats. Tanmateix, Slade observa que les amplades de les oscil·lacions cícliques depenen de quina és la causa que les provoca i del tipus de recurs considerat (combustibles fòssils o minerals no combustibles). Així, l'elevada elasticitat-renda pot conduir a fluctuacions de preus que, en promig, duren 4-5 anys, i que estarien determinades pels cicles d'activitat, i el seu impacte és major en el cas dels minerals no combustibles. Per la seva part, la naturalesa de la inversió seria la responsable del cicle dominant, d'una durada superior. En aquest cas, i mitjançant una anàlisi empírica, Slade mostra que per a bastants minerals no combustibles la llargada del cicle és de 10-13 anys, aproximadament dues vegades el període de temps necessari per completar la inversió. En canvi, pels recursos energètics no es detecta un comportament cíclic sistemàtic. Slade ho atribueix al fet que la capacitat de producció es pot augmentar de manera incremental amb un desfassament temporal menor. Val a dir, tanmateix, que aquesta explicació no es contradictòria amb el nostre plantejament d'atorgar una major rellevància a les formes de mercat, ja que la importància real dels factors que considera Slade és diferent en cada configuració, i assoleix el major impacte en les situacions competitives.

situacions d'expansió l'augment dels beneficis té lloc per la via dels preus, ja que la quantitat es troba limitada per la capacitat disponible. En canvi, en les conjuntures recessives la davallada dels beneficis és d'una magnitud superior, al coincidir el retrocés de l'output i els preus (110).

L'oscil·lació contínua dels preus també ha suscitat l'interès per les possibilitats d'estabilització, amb l'objectiu d'apaivagar l'impacte d'aquestes fluctuacions sobre els beneficis empresarials. Les anàlisi que s'han dut a terme incideixen principalment en dos aspectes. D'una banda, en la funció dels inventaris. I d'altra part, en les possibilitats d'ajustar la producció als cicles de la demanda.

La importància dels inventaris com instrument d'estabilització ha estat objecte de controvèrsia sense que s'hagi arribat a resultats definitius. Alguns treballs empírics recents conclouen que els inventaris tenen una funció estabilitzadora, tant pel que fa als minerals no combustibles (Mosion i Sperry, 1982) (111), com pels recursos energètics (Serletis i Hulleman, 1994). Tanmateix, encara primeren les opinions dels qui consideren que la gestió dels inventaris tendeix a agreujar les fluctuacions enlloc de corregir-les. Aquest és el punt de vista de Prain (1975), que dugué a terme un dels primers estudis al respecte (referit al coure), i d'Adams (1989), que situa l'anàlisi en un nivell més general, en relació amb el comportament de productors i utilitzadors en relació als estocs.

(110) La contínua fluctuació dels preus també afecta la capacitat d'adaptació de la producció a la demanda en el mig/llarg termini. En aquest punt Radetzki i Van Duyne (1984) i Majd i Pindyck (1987) atorguen gran importància al llarg període associat a la gestació i maduració de les inversions. El procés de resposta comporta un retardament tant en la presa de decisió com en la implementació de les inversions. D'una banda, perquè els canvis en els preus (deguts a la fluctuació de la demanda) no es consideren definitius fins que el nou nivell es manté un cert temps. Però degut al llarg període de materialització de les inversions, quan aquestes s'implementen els preus poden enregistrar un comportament oposat al que presentaven inicialment. I en aquest moment la direcció de les inversions pot haver adoptat una inèrcia que faci no econòmica -o simplement, inviable- la seva interrupció (àdhuc si s'espera que la tendència vigent en la demanda i/o els preus es mantingui en el futur). El resultat seria, doncs, que el retardament en l'ajustament pel costat de l'oferta pot accentuar els desequilibris enlloc de corregir-los.

Segons Adams, la capacitat dels productors d'acumular inventaris depèn de l'accés al crèdit, i aquest sembla més fàcil quan l'empresa es financia amb recursos propis, ja que aquesta situació ofereix majors garanties. Per la seva part, els utilitzadors no acostumen a mantenir existències per raons relacionades amb el cicle econòmic, sino més aviat en funció dels plans de producció, i això afavoreix les fluctuacions dels preus enlloc d'esmoreir-les. Així, en les fases d'expansió es poden acumular existències per sostenir un augment de la producció prevista pel futur, mentre les conjuntures recessives comporten una disminució dels estocs en la mesura que els plans de producció dels béns finals es revisen a la baixa. Una alternativa seria que la funció estabilitzadora la duguessin a terme els intermediaris, però el mateix Adams assenyala un dels principals inconvenients: la seva demanda d'inventaris és molt elàstica al preu. Quan més elevada és la quantitat que cal finançar, menor és el preu al qual els intermediaris estan disposats a proporcionar el finançament, pel que una major participació dels intermediaris en l'ajustament accentuaria la volatilitat en els preus.

La segona opció consisteix en ajustar la producció al cicle econòmic, la qual cosa exigeix establir un coixí de capacitat compensatòria per adaptar-se a la situació del mercat en cada moment: intensificar l'explotació en les conjuntures expansives i reduir la utilització de capacitat durant les recessions. Tanmateix, la naturalesa de les activitats extractives fa que operar a taxes baixes d'utilització de la capacitat comporti un fort augment en els costos unitaris (conseqüència de l'elevada intensitat de capital d'aquestes indústries), pel que aquesta opció presenta clares limitacions en termes de rendibilitat.

Adams albira un altra possibilitat, consistent en variar la gradació del recurs que s'explota, però això novament pot accentuar els problemes cíclics. L'experiència mostra que una

(111) Moison i Sperry en una anàlisi sobre l'alumini corroboren la tendència dels preus i inventaris a moure's en direccions oposades, però introduint-hi alguns matisos. Els resultats que obtenen indiquen que els inventaris no necessàriament han de ser grans perquè els preus assoleixin uns valor baixos: quan els estocs tenen una durada que supera les set setmanes (en relació al consum mitjà), els preus es mantenen sempre baixos i només quan la durada dels estocs és inferior a aquest període els preus comencen a augmentar.

resposta habitual per part de les empreses en situacions d'excés d'oferta i preus baixos és augmentar la gradació del recurs que s'extreu (per reduir els costos unitaris), però en la pràctica l'increment de la gradació en l'explotació comporta col·locar una major quantitat de recurs en el mercat, la qual cosa agreuja els desequilibris. Un cop descartades les opcions que acabem d'exposar, Adams considera que la forma més probable d'ajustament (que hom pot associar al comportament compensador de l'oferta) és el tancament d'una instal·lació per reobrir-la en la fase de recuperació. Tanmateix, els tancaments temporals són costosos, ja que les instal·lacions s'han de mantenir en condicions per l'eventual reobertura. Això significa que en les indústries competitives de recursos no renovables el cessament de l'activitat no necessàriament comporta l'eliminació dels costos variables en el sentit habitual. En la pràctica, l'existència d'uns costos addicionals de tancament amplifica el límit inferior de fluctuació dels preus i constitueix un altra dificultat per adaptar de manera flexible la producció a la demanda (112). Els tancaments, quan tenen lloc, acostumen a ser definitius.

Quan les formes de mercat -o més pròpiament, les formes transaccionals- canvien, també ho fa la formació dels preus. És el que succeeix en els anomenats "mercats de preus administrats", que corresponen a una configuració de poder de mercat pel costat de l'oferta. Els mercats de preus administrats es presenten sovint en els recursos no renovables i un tret distintiu és que les empreses poden controlar, fins a cert punt, els preus a curt termini. Com ha assenyalat Tilton (1977), la modalitat de preus administrats està associada a contractes a llarg termini que doten d'estabilitat a la relació entre productors i utilitzadors. En aquests mercats els preus tendeixen a reflectir les condicions de l'oferta i la demanda a mig i a llarg termini, més que l'oferta i la demanda del moment, pel que les seves fluctuacions

(112) Com ja hem vist, el concepte rellevant és el de "costos evitables". A curt termini aquests costos són considerablement inferiors als costos variables comptables i indiquen el límit inferior real de fluctuació dels preus. Radetzki (1989) estima que pels minerals no combustibles els costos evitables representen entre el 20% i el 40% dels costos variables comptables.

també són menys accentuades. Una situació que caracteritza el nou escenari és que el grau de rivalitat entre empreses per la via dels preus és menor, i àdhuc, poden tenir lloc pràctiques col·lusives per maximitzar els beneficis a llarg termini, la qual cosa requereix evitar la penetració en el mercat de recursos alternatius.

Aquesta estratègia en la fixació de preus no és aliena al comportament dels utilitzadors, que duen a terme la substitució dels recursos a partir dels canvis en els preus relatius a mig i llarg termini, sense prendre en consideració les modificacions dels preus a curt termini que no reflecteixen el seu comportament tendencial. Aleshores, les empreses que operen en aquest tipus de mercats -i especialment les que s'enfronten a una amenaça de substitucions- intenten mantenir els preus tan baixos com els costos ho permeten. Així, la corba d'oferta en mercats controlats pels productors és una línia horitzontal fins que s'assoleix la plena utilització de la capacitat productiva, el que suggereix que els preus dels recursos es mantenen constants durant tot el cicle. En realitat, però, els preus experimenten un augment en la fase d'expansió i retrocedeixen en els moments recessius, però la magnitud i la freqüència dels canvis són considerablement menors que en els mercats competitius. Altrament, com els preus es mantenen bastant estables a mig i llarg termini i l'elasticitat de la demanda és baixa a curt termini, els beneficis de les empreses també varien menys que en la situació competitiva, en que experimenten una forta davallada en la conjuntura recessiva al coincidir el retrocés de l'output i dels preus.

Finalment, mentre els mercats competitius sempre es buiden -la incògnita és a quin preu -, els mercats de preus administrats no necessàriament ho fan. En la fase expansiva, quan la demanda excedeix la capacitat de producció, aquella pot estar subjecte a racionament (per dilatar els lliuraments en el temps, afavorir els utilitzadors habituals), mentre en la conjuntura recessiva, quan l'oferta excedeix a la demanda, el resultat és una restricció de la producció i/o una acumulació d'estocs.

Les formes transaccionals que acabem d'exposar corresponen a situacions pures que en alguns casos poden constituir una representació adequada de la realitat. Tanmateix, normalment els mercats presenten configuracions mixtes, en les que el predomini d'una

determinada estructura pel costat de l'oferta es completa amb un subconjunt d'empreses que actuen en condicions diferents. En la realitat el cas més habitual és la presència d'oligopolis amb una oferta marginal competitiva. L'existència d'una configuració mixta d'aquest tipus fa que les empreses de cada grup s'enfrontin a funcions de demanda diferents i que la seva estratègia també sigui distinta. En conseqüència, els resultats que s'obtenen també difereixen dels que hem exposat amb anterioritat. El més remarcable és que aquesta configuració també afavoreix una estabilització dels preus, però en cap cas es tracta d'un resultat inevitable, pel que resten obertes altres possibilitats.

Per exercir alguna influència sobre els preus una empresa ha de controlar l'oferta o la demanda. En la pràctica l'única opció factible és controlar l'oferta, ja que el comportament (cíclic) de la demanda respon a causes exògenes. Les implicacions teòriques dels diferents tipus d'ajustament pel costat de l'oferta com a resposta a canvis en la demanda han estat analitzats per Greer (1992). Un element determinant és l'elasticitat de la demanda. Si la demanda és inelàstica, davant d'una recessió, l'empresa té, a priori, dues alternatives. La primera d'elles consisteix en mantenir la utilització de la capacitat i ajustar els preus a la baixa, però aquesta estratègia provocarà pèrdues si el nou preu se situa per sota dels costos mitjans. Tanmateix, l'empresa continuarà en funcionament a curt termini sempre que cobreixi els costos variables, que en les activitats de recursos no renovables acostumen a ser bastant baixos en relació als costos fixos, pel que el marge de fluctuació dels preus a curt termini és gran. La segona possibilitat consisteix en mantenir el preu i reduir la producció, la qual cosa dona lloc a una capacitat excedentària. En aquest cas els costos mitjans augmenten però el manteniment del preu permet obtenir beneficis malgrat el comportament cíclic, pel que aquesta seria l'alternativa òptima. En canvi, quan la demanda a curt termini és elàstica, l'opció adequada per maximitzar beneficis és la inversa: reduir els preus i mantenir la utilització de la capacitat.

L'aplicació d'una o altra estratègia depèn de l'elasticitat de la demanda a que s'enfronten les empreses. En una configuració mixta pel costat de l'oferta com la que hem considerat, la demanda inelàstica és pròpia de les empreses del subconjunt oligopolístic, mentre que les empreses marginals que operen en condicions competitives tenen una demanda elàstica. Una conclusió remarcable és, doncs, que en aquest tipus de configuracions, les

empreses competitives (marginals) són les que suporten l'ajustament via preus, mentre les grans empreses, idealment, optaran per reduir la quantitat quan disminueixi la demanda. I aquesta és la principal raó perquè en les configuracions de tipus oligopolístic predomini l'estabilitat de preus i dels ajustaments via quantitats (113).

La determinació dels preus i les condicions per a la seva estabilització en les estructures mixtes de predomini oligopolístic ha estat estudiada per Giraud (1992) en el cas del petroli, bé que l'anàlisi es podria estendre a d'altres recursos no renovables que presenten configuracions similars. Giraud considera dos grups de productors amb funcions de demanda singulars i comportaments diferenciats. D'una banda, les companyies del segment oligopolístic, que s'enfronten a una demanda inelàstica i actuen com a preu-fixadors (114). D'altra part, les empreses marginals, que són preu-acceptants i col·loquen tota la producció al mercat "lliure" (en el que conflueixen les ofertes i demandes marginals) amb independència del preu vigent (sempre que aquest sigui superior al preu "terra" en el sentit abans explicat). Els preu-fixadors, al seu torn, estableixen un preu i permeten a les empreses marginals vendre tota la producció a aquest preu mentre elles cobreixen la quantitat restant (de manera que al fixar el preu aquestes empreses perden el control sobre la quantitat). En la pràctica, l'ajustament via quantitats pot requerir, en primer lloc, recórrer a les existències. Però quan les variacions d'estocs es revelen insuficients per cobrir la demanda que els hi correspon, aquestes empreses duen a terme ajustaments en la producció, el que presuposa l'existència d'un marge de balanceig (115). La capacitat d'adaptació de la producció a la demanda és precisament el que caracteritza les empreses del segment oligopolístic, que actuen com a "productors compensadors".

(113) En la pràctica, tanmateix, aquest mecanisme no sempre opera en els termes que acabem d'exposar. Com ja hem comentat, raons de tipus tècnic (per exemple, la utilització de les tecnologies de procés continu) poden dificultar l'ajustament via quantitats, pel que de vegades acaba imposant-se l'ajustament via preus per part de les grans empreses, malgrat els desavantatges que presenta.

(114) Aquesta seria una situació semblant a la que té lloc en els mercats de preus administrats.

El funcionament dels dos segments del mercat es troba interrelacionat mitjançant els preus. Així, si els preus en el mercat lliure són inferiors als preus de producció, una part de la demanda adreçada a les companyies del segment oligopolístic es desplaçarà cap a les empreses que operen en el mercat lliure i el seu preu tendirà a augmentar. I si el preu del mercat lliure supera el que fixen les grans empreses tindrà lloc el procés invers, pel que aquest mecanisme sembla garantir la convergència d'ambdós preus. En la realitat, tanmateix, perquè el preu dels productors oligopolístics determini el del mercat lliure calen dues condicions. La primera d'elles és que les empreses preu-acceptants no puguin augmentar les vendes de manera continuada a un preu inferior al que han fixat les grans empreses. Si això succeís, els productors oligopolístics perdrien una part important de la seva quota (i poder) de mercat i la configuració de l'oferta esdevindria competitiva, el que condueix a una inestabilitat permanent dels preus. La segona condició és que la capacitat de producció del segment oligopolístic no es trobi saturada. En una situació de plena capacitat, el preu del mercat lliure pot augmentar contínuament defugint el control dels productors oligopolístics, davant de la impossibilitat d'aquests per cobrir la demanda excedentària que es dirigeix al mercat lliure (116). Tot això suggereix, doncs, que en la pràctica l'estabilitat dels preus requereix de l'existència d'un grup de productors compensadors amb poder de mercat que actuïn de manera conjunta i adaptin voluntàriament l'oferta a la demanda per mantenir el control del mercat. La situació que hem exposat evidencia la importància estratègica de mantenir una certa capacitat excedentària en les activitats de recursos no renovables malgrat les limitacions de tipus tecnològic a que abans ens hem referit. El següent apartat es dedica a discutir aquesta qüestió.

(115) Com acabem d'exposar, l'ajustament via quantitats és el més idoni quan la demanda és inelàstica.

(116) Aquesta eventualitat és precisament la que justifica una certa capacitat excedentària per part dels productors oligopolístics.

6.4. La utilització de la capacitat.

Per analitzar la utilització de la capacitat en les activitats de recursos no renovables prèviament cal referir-se als aspectes conceptuals. Aquesta qualificació és important perquè com ha assenyalat Radetzki (1988) l'existència de diversos criteris sobre la capacitat influeix en el resultat final (existència o no d'excés de capacitat) i en les implicacions que se'n deriven.

El concepte habitual de capacitat s'associa a la quantitat màxima del recurs que es pot extreure en un moment del temps amb els costos i preus existents i les instal·lacions disponibles. Tanmateix, aquesta quantitat pot variar considerablement en funció tant del contingut geològic dels jaciments com les decisions empresarials sobre les vetes que s'exploten, i això fa que la mesura de la capacitat presenti problemes pràctics (117). Per la seva part, la capacitat excedentària es defineix com aquella capacitat que no s'utilitza perquè els costos variables de l'explotació excedeixen el preu (tenint en compte el cost tècnic del tancament).

D'altra banda, el manteniment de la capacitat en condicions operatives té uns costos per a l'empresa. El que cal determinar és si aquests costos són fixes o variables, ja que la seva incidència en el nivell d'utilització de la capacitat és diferent en cada cas. D'acord amb Radetzki, la inclusió dels costos de manteniment de la capacitat amb els costos fixes o variables depèn del període temporal. En el curt termini els costos de manteniment són fixes, però a llarg termini s'han de considerar variables. Aleshores, quan més dilatat és el període de referència major és la proporció de costos variables, la qual cosa afecta la regla microeconòmica de maximització de beneficis i el comportament de l'empresa pel que fa al manteniment de la capacitat enfront de variacions en els preus. Així, si una reducció en els preus

(117) La decisió que adopta l'empresa també té implicacions diferents sobre els costos. Una reducció dels preus, per exemple, pot fer que s'explotin únicament els dipòsits de major qualitat, amb l'objectiu de compensar uns preus menors amb una disminució dels costos.

se suposa esporàdica, l'empresa intentarà situar els costos variables per sota del preu. I per aconseguir-ho podria optar, per exemple, per augmentar la gradació de l'explotació tot mantenint la producció a plena capacitat. O, simplement, diferir els costos de manteniment de la capacitat. Tanmateix, aquestes actuacions són inviables en el llarg termini. D'una banda, perquè els costos variables de les instal·lacions que s'utilitzen però no es mantenen augmenten progressivament degut a la decadència gradual dels equipaments. I d'altra part, perquè si la capacitat que no s'utilitza no es manté, es contreu, pel que en absència de manteniment la capacitat efectiva de l'empresa disminueix ràpidament. Per això, segons Radetzki, per dur a terme inversions en nova capacitat no és imprescindible que l'excés de capacitat sigui nul. La racionalitat econòmica pot comportar inversions addicionals de capacitat àdhuc si existeix capacitat excedentària, la qual cosa succeeix quan els costos variables de les noves instal·lacions són menors que els costos variables de les instal·lacions que no s'utilitzen.

Un cop delimitats els aspectes conceptuals, la discussió sobre la utilització de la capacitat ja es pot situar en l'àmbit estratègic, en relació a les característiques de les empreses i l'estructura de mercat. En aquest punt el primer que cal remarcar és que les inèrcies en la producció i els desajustaments que en resulten de la seva interacció amb la demanda fan que en l'explotació de recursos no renovables siguin freqüents els excessos conjunturals de capacitat, circumstància que afecta especialment les empreses que operen en condicions més competitives. En canvi, en d'altres configuracions els excessos de capacitat responen més a comportaments estratègics. Com suggereixen diversos treballs (per exemple, Hilke, 1984; Lieberman, 1986) la funció estratègica de l'excés de capacitat es manifesta sobretot en aquelles activitats que responen als trets bàsics de bastants indústries extractives: elevats costos fixes, importància de les economies d'escala i presència d'un nombre d'empreses relativament baix. Però a desgrat de la incidència que puguin tenir l'excés de capacitat en aquestes indústries, les anàlisis desenvolupades fins ara s'han situat essencialment en la vessant teòrica, sense que es disposi d'un nombre suficient de treballs empírics que permetin obtenir resultats concloents sobre l'existència d'un excés de capacitat estratègic en les activitats de recursos no renovables (118). Dins de la limitació que acabem d'assenyalar,

els pocs estudis que s'han dut a terme se centren en l'excés de capacitat com una forma directa de competència, i en determinar en quines condicions el manteniment de capacitat excedentària és una estratègia vàlida de les empreses ja establertes per frenar l'entrada de nous competidors.

Les primeres discussions sobre el nivell d'utilització de la capacitat en l'explotació dels recursos no renovables fan referència a la situació dels minerals no combustibles i posen l'èmfasi en la rendibilitat directa de la inversió com a factor determinant. Des d'aquesta perspectiva, no és estrany que existeixi una coincidència significativa en considerar l'excés de capacitat com una situació excepcional (Bosworth, 1976). L'argument bàsic és que degut a la magnitud absoluta de la inversió, el manteniment de capacitat ociosa resulta antieconòmic pels elevats costos que comporta, de manera que les empreses tendeixen a descartar aquesta opció en la seva estratègia competitiva. Es reconeix que disposar d'un excés regular de capacitat també presenta avantatges, com la possibilitat de respondre amb major rapidesa a les puntes de demanda, però aquests incentius normalment són insuficients per garantir la rendibilitat de l'esmentada estratègia.

Adams (1989), per la seva part, presenta un argument diferent i incideix en els aspectes financers i tecnològics per explicar la tendència a operar als nivells de plena capacitat. La seva anàlisi se situa en un àmbit més concret i es refereix a la situació de moltes empreses durant les dècades dels 70 i 80. Pel que fa als aspectes financers, la principal raó que adueix Adams és que les noves inversions -que tenen lloc majoritàriament en els països en vies de desenvolupament- deixen de finançar-se amb recursos propis (emissió d'accions) per fer-ho amb recursos externs (obligacions), la qual cosa obliga a mantenir una elevada taxa d'utilització de la capacitat per generar un flux d'ingressos que permeti afrontar el servei del deute. Una altre motiu per operar a taxes d'utilització elevades de la capacitat és la introducció de les tecnologies de procés continu, que fa necessari mantenir un ritme constant en l'explotació dels jaciments per rendibilitzar la inversió.

(118) La limitació de treballs empírics també es fa extensible a les altres activitats industrials que presenten les característiques que acabem d'assenyalar.

Enfront dels plantejaments que es basen en la rendibilitat directa de les empreses es troben aquells que posen l'accent en la relació entre l'excés de capacitat i la configuració de l'oferta, com és el cas de Hannan i Torries (1989). En aquest plantejament la idea és molt simple: en una situació ideal les estructures no competitives es caracteritzarien per un excés de capacitat permanent, ja que les empreses tenen l'opció de limitar la quantitat per maximitzar els beneficis igualant els costos i ingressos marginals, alternativa que s'expressa clarament en el cas del monopoli. En una situació competitiva, en canvi, les empreses no poden restringir l'output sense que també ho facin els beneficis, pel que tendiran a produir al nivell de plena capacitat, que és el que minimitza els costos mitjans. Tanmateix, això no significa que en la pràctica una situació de competència perfecta comporti una saturació de la capacitat, doncs el nivell de la demanda pot fer-ho inviable. D'altra part, quan la demanda és suficient per garantir la plena utilització de la capacitat, hi ha un incentiu per dur a terme noves inversions -que en aquest cas també estarien afavorides per unes barreres d'entrada relativament febles- i això es pot traduir en un ulterior excés de capacitat que condueixi a un nou cicle de sobrecapacitat. Per aquest motiu Hannan i Torries assenyalen que en la pràctica la utilització de la capacitat en les configuracions competitives pot presentar una considerable volatilitat al llarg del temps.

La teoria indica que la diferència en la utilització de la capacitat en una situació monopòlica i de competència perfecta és màxima quan els costos marginals són constants i es redueix així que aquests costos esdevenen creixents. En el cas extrem en que els costos marginals són verticals, els nivells d'output coincideixen: és el que succeeix quan les empreses operen a plena capacitat. Això suggereix, doncs, que modificacions en l'estructura dels mercats estan associades a canvis en la utilització de la capacitat. Hannan i Torries analitzen el cas del níquel en el període 1973-83 i mostren que el grau d'utilització de la capacitat és significativament més elevat en la situació quasi monopòlica existent el 1973 que deu anys més tard, després que la indústria esdevingués més competitiva (119).

En la mateixa línia de relacionar l'excés de capacitat amb la configuració de l'oferta, Barham (1995) exten l'anàlisi previ i presenta un model de capacitat estratègica en el que estableix les condicions perquè una acció de bloqueig als possibles competidors en una situació de monopoli sigui creïble. La idea és que l'excés de capacitat pot permetre

l'empresa establerta -l'incumbent- augmentar els costos marginals dels rivals, però a l'hora aquesta empresa ha de sospesar els costos addicionals de mantenir la capacitat ociosa, és a dir, comparar els beneficis extraordinaris del monopoli amb els costos de la capacitat excedentària. En el cas que el resultat sigui positiu, perquè l'estratègia sigui creïble, segons Barham calen cinc condicions suplementàries: a) l'incumbent ha de tenir un avantatge identificable (de "first mover") en la inversió de capacitat; b) la inversió de l'incumbent en planta i equipaments ha de ser enfonsada i específica del producte; c) la inversió en capacitat ha de tenir un impacte considerable sobre els costos potencials dels rivals; d) els costos per a l'incumbent d'augmentar els costos dels rivals han de ser baixos; i e) l'incumbent ha de mantenir un excés de capacitat observable en recursos escassos. Si totes aquestes condicions es donen, l'incumbent dominarà l'activitat fins que canviï substancialment l'entorn del mercat. Aquesta modificació pot ser deguda, per exemple, a un canvi tecnològic radical, a una intervenció governamental que modifiqui els costos relatius en favor del rival, o, àdhuc, al fracàs en la pròpia estratègia.

En un dels pocs estudis aplicats sobre aquesta temàtica, Barham mostra que les condicions prèvies són consistents amb l'estratègia d'Alcoa-Alcan durant la primera meitat d'aquest segle, quan va bastir un monopoli gairabé absolut en el mercat mundial de l'alumini (120).

L'anàlisi de Barham es refereix a una situació de monopoli, i a nivell teòric, la seva extensió a configuracions de tipus oligopòlic -que són les més habituals pels recursos no renovables- requereix d'alguns matisos. Ja hem vist que l'excés de capacitat té un cost, pel

(119) L'any 1973, una empresa, Inco, representava més del 60% de la producció total de níquel i la utilització de la capacitat se situava en el 84%. El 1982, després d'una dècada en que noves empreses s'afegiren al mercat, la quota de producció d'Inco s'havia reduït considerablement, situant-se en el 25%, i la utilització de capacitat era del 58%. En aquest període també tingué lloc una forta reducció dels preus, de més del 50%.

(120) El poder de mercat d'Alcoa-Alcan es basà en el control dels dos inputs bàsics en l'obtenció de l'alumini. D'una banda, les inversions estratègiques de capacitat en reserves de baix cost. I d'altra part, en les inversions en les plantes d'energia hidroelèctrica.

que en situacions d'oligopoli les empreses establertes tenen un incentiu per subinvertir, doncs d'aquesta manera poden maximitzar els beneficis sense suportar els costos: apareix el conegut problema del polissó ("free rider"). D'altra banda, en les configuracions oligopòliques el comportament de la demanda també influeix en el resultat final. El cas més clar és aquell en que un augment ràpid en la demanda tendeix a contrarestar el comportament de les empreses en termes del polissó al estimular una expansió de la capacitat.

6.5. Els recursos no renovables i l'estructura de mercat.

Després d'exposar els factors rellevants en el comportament de les empreses en el curt termini, el pas següent consisteix en establir un marc que permeti determinar les formes organitzatives que resulten de la interacció entre els diferents agents que intervenen en el mercat. Val a dir que si l'objecte d'anàlisi fossin els béns reproduïbles, en una primera instància es podria recórrer, per exemple, a l'esquema de la teoria de l'organització industrial: estructura - conducta - resultats. Tanmateix, en el cas dels recursos no renovables, l'existència d'alguns elements diferencials fa necessari modificar l'aproximació. Com han assenyalat Barham et al. (1994), el primer que cal considerar és de quina manera les característiques bàsiques dels recursos no renovables influeixen en la configuració de la pròpia activitat. La idea és que les estratègies dels diferents actors que intervenen en el mercat (empreses, estats) estan mediatitzades per les característiques dels recursos, pel que aquestes estratègies són anteriors a la configuració de la indústria a l'hora que la determinen.

Per analitzar les formes de mercat previament cal introduir els els diferents actors (o grups d'actors) que intervenen en aquesta activitat i les seves interrelacions. Per fer-ho, Barham et al adopten un enfocament estructuralista i consideren dos àmbits d'actuació. D'una banda, el que correspon al "nucli", que està integrat pels estats dels països desenvolupats, les empreses explotadores i les empreses utilitzadores dels recursos d'aquells països. D'altra part, l'àmbit de la "perifèria", format pels estats propietaris dels recursos (amb clar

predomini dels països en vies de desenvolupament), i també per empreses d'aquests mateixos països dedicades a la seva explotació.

Els referents de "centre" i "perifèria" són útils per situar l'anàlisi en un primer nivell, el que determina la jerarquia político-econòmica. Tanmateix, en la pràctica les relacions comercials tenen lloc en un nivell inferior i presenten una complexitat que depassa la simple dicotomia centre-perifèria. És precisament l'existència d'aquesta diversitat de relacions el que comporta dificultats addicionals en l'anàlisi. Tot depèn de quina és la relació que es considera rellevant per determinar el resultat final. En alguns casos, l'èmfasi es posa en el conflicte d'interessos per la distribució de la renda entre els Estats perifèrics propietaris dels recursos i les companyies explotadores dels països del nucli (Mikesell, 1971). En d'altres ocasions s'atorga més importància a la pugna per la distribució intertemporal en l'explotació del recurs entre els estats perifèrics/empreses explotadores (amb independència de l'estat al que pertanyen), d'una banda, i les empreses utilitzadores (majoritàriament en els països del nucli), per l'altra (Dorfman, 1985). En qualsevol cas, degut a la multiplicitat de relacions entre els diferents actors, la dinàmica de l'explotació dels recursos naturals pot esdevenir bastant complicada i donar lloc a resultats singulars en funció del protagonisme que assumeixin aquests actors i de les opcions estratègiques que duguin a terme. En una primera aproximació basada únicament en la racionalitat econòmica, hom pot suposar que els actors intentaran maximitzar els seus objectius (rendes, beneficis, control del mercat, aprovisionament) en funció de la seva posició jeràrquica i poder relatiu (en relació a la resta d'actors) (121). Tanmateix, aquest plantejament general precisa de matitzacions quan s'aplica a l'anàlisi de recursos concrets, com succeeix en el cas del petroli, que es discuteix en el següent capítol.

D'acord amb l'argumentació de Bunker et al, l'estructura de la indústria es troba mediatitzada per cinc factors, enfront dels quals els diferents actors adopten un posicionament concret. En primer lloc, les característiques de la demanda dels recursos no renovables. Aquí un aspecte rellevant és el marge que existeix a curt termini per la substitució del recurs. Si les possibilitats de substitució són baixes i el recurs és essencial, la demanda presentarà una elevada inelasticitat, la qual cosa té diverses conseqüències. Una d'elles és que incentiva la participació en l'explotació tant d'empreses dels països nucli com de la perifèria. Els

utilitzadors, per la seva part, intentaran assegurar-se un subministrament estable, circumstància que afecta sobretot els països del nucli, on es concentra la major part de la demanda. En sentit invers, si els recursos es poden substituir amb certa facilitat, la demanda presentarà una major elasticitat en relació al preu. En aquest cas pels productors serà menys atractiu (i tal vegada menys factible) manipular el mercat, mentre els consumidors (especialment els països del nucli) tindran menys interès en dissenyar una estratègia de subministrament estable.

A més del tipus de demanda, la seva evolució en el temps també pot exercir una influència sobre l'organització i funcionament de la indústria, en la mesura en que el seu creixement estimula el desenvolupament de noves fonts de subministre, la implementació de tècniques més eficients d'extracció i transformació del recurs i la RiD en tecnologies alternatives (cas dels materials sintètics, per exemple).

El segon aspecte és l'escassetat relativa dels recursos no renovables, que és la causa última de la pugna per l'apropiació de les rendes entre les empreses encarregades de la seva explotació i els estats perifèrics. L'escassetat relativa té una dimensió múltiple i depèn de diversos factors. Un element crític és la disponibilitat absoluta del recurs en relació a la demanda, que indica la potencialitat de les rendes que podria generar el recurs. També són importants les variacions en la qualitat dels recursos i en els costos d'extracció entre diferents localitzacions, ja que quan més baixa és la dotació de recursos de qualitat elevada, major és l'incentiu per assegurar-se el seu control i apropiar-se tant les rendes d'escassetat com les rendes estratègiques (degudes al poder de mercat). D'altra banda, l'escasse-

(121) A tall d'exemple, assenyalem que algunes empreses productores del nucli han aconseguit integrar les fases clau del procés (control de les reserves, explotació, primera transformació), la qual cosa els hi permet un considerable marge de decissió entre diferents opcions estratègiques pel que fa als preus i la producció. La situació de l'alumini ha estat paradigmàtica en aquest sentit. En canvi, el marge de maniobra de que disposen les empreses utilitzadores és -almenys a curt/mig termini- menor, i es limita a una oferta estable i el manteniment d'uns preus baixos.

dat relativa també està afectada per la disponibilitat de recursos alternatius, ja que aquests imposen límits a les rendes que es deriven tant de la dotació absoluta d'un recurs com dels canvis en la seva qualitat.

El tercer element és la concentració geogràfica de les reserves, i especialment les de major qualitat, ja que quan més agrupades es trobin aquestes reserves més incentius tenen els diferents actors per assegurar-se el seu control. En el cas dels estats la concentració geogràfica pot afavorir la participació directa en l'explotació, i en el seu defecte, una major capacitat negociadora amb les empreses. Aquestes, al seu torn, mitjançant el control de les reserves intentaran evitar l'entrada de nous competidors i assolir un cert poder de mercat. En aquest sentit, Barham et al. reprenen el plantejament d'altres autors que amb anterioritat ja s'havien referit al control de les reserves com una barrera d'entrada (122). Un punt important és que el poder de mercat de les empreses es reforça si el control de les reserves té lloc des de la fase inicial de l'activitat (Barham, 1991). Les raons adduïdes són dues. D'una banda, per a la companyia establerta augmenta el preu ombra de les reserves per damunt del valor que té pels entrants potencials, ja que les reserves de major qualitat protegeixen les rendes estratègiques dels dipòsits que ja es controlen. D'altra part, la posició existent de domini en el mercat redueix les opcions dels competidors en altres dipòsits de qualitat potencial al limitar l'amenaça d'entrada, especialment quan existeix incertesa o informació asimètrica sobre el grau de qualitat de les reserves en d'altres localitzacions. Aquestes consideracions suggereixen que en una situació com la que acabem de exposar augmenten les possibilitats d'una configuració oligopolística pel costat de l'oferta. I en sentit invers, si les reserves de qualitat es troben disperses al llarg d'un nombre relativament elevat de països, hi hauran més dificultats per assolir el poder de mercat i la configuració oligopolística serà menys probable (123).

El quart factor és la localització específica dels recursos naturals i la incidència de la seva fixació a l'espai. Quan existeixen discontinuïtats i la ubicació dels recursos presenta un cert

(122) És el cas de Spence (1977) i Newberry (1978).

aïllament, l'escassetat relativa d'un recurs s'ha de ponderar pèr la seva localització, ja que els costos de transport poden ser significatius en relació als costos d'extracció i processament (124), i això pot derivar en una fragmentació geogràfica dels mercats. En aquest cas l'existència de dipòsits d'elevada qualitat a una distància considerable dels principals centres de consum pot tenir un impacte limitat sobre l'estructura de la indústria.

El darrer factor és la tecnologia d'extracció i transformació. Segons Barham et al, els seus efectes es manifesten mitjançant tres elements que influeixen en l'estructura del mercat per la via de les barreres d'entrada: les patents en la tecnologia de procés, les economies d'escala i la inversió específica del producte i amb costos enfonsats.

En les activitats de recursos no renovables, les patents de tecnologia del procés afavoreixen que l'incumbent disposi del temps i de la posició monopsonística per controlar les reserves de qualitat i consolidar el poder de mercat. Convé assenyalar, tanmateix, que l'avantatge que atorga una patent no és absolut: la seva efectivitat també depèn d'altres trets dels recursos, com l'escassetat relativa i la concentració geogràfica. Així, una dotació abundosa del recurs (o l'existència de recursos alternatius) i la seva dispersió locacional poden dificultar l'assoliment del poder de mercat.

Per la seva part, les economies d'escala en l'extracció i la primera transformació també limiten la competència quan la dimensió mínima eficient és gran en relació al mercat o la inversió és específica del producte (inviàble d'utilitzar en altres aplicacions). En aquest sentit la situació en les activitats de recursos no renovables no difereix de la dels altres sectors. Tanmateix, degut a les característiques físiques dels dipòsits, l'extracció dels recursos pot presentar a partir de cert punt deseconomies d'escala, que serien una conseqüència dels efectes acumulatius de la pròpia extracció sobre els costos. Considerades aïlladament les deseconomies d'escala en l'extracció constitueixen un fre al poder de mercat, però com en

(123) En aquest cas l'assoliment d'una configuració oligopolística requeriria d'un comportament cooperatiu entre els diferents agents.

(124) El cas del carbó és paradigmàtic en aquest sentit.

les activitats de recursos no renovables és important la integració vertical cal analitzar també el que succeeix en les fases aigües avall: la primera transformació del recurs i el transport (ja sigui del recurs en brut o transformat). La realització d'aquestes fases requereix d'una elevada dotació en instal·lacions i infraestructures i les economies d'escala operen en el sentit habitual, pel que si la major part de la inversió inicial correspon a la primera transformació i el transport, les seves economies d'escala poden compensar les eventuais deseconomies d'escala en l'extracció. I d'això en podria resultar una forta concentració de l'activitat en unes poques localitzacions, accentuant-se el poder de mercat.

Finalment, l'impacte de la inversió sobre l'estructura del mercat també depèn de si aquesta inversió és enfonsada i específica del producte, és a dir, si només es pot utilitzar per a l'extracció/transformació en la ubicació on s'ha implementat. En general, quan més enfonsada i específica del producte és la inversió i més elevat és el seu impacte en els costos, majors són les possibilitats que les inversions ja realitzades desincentivin noves inversions dels competidors, reforçant-se el poder de mercat. La principal raó és que quan les inversions són enfonsades i afecten sensiblement els costos, els nous competidors esperen que els incumbents mantinguin els seus nivells d'output després de l'entrada, la qual cosa serveix precisament per descoratjar la nova inversió (125).

L'estructura de mercat dels recursos naturals és una conseqüència de la importància relativa que tenen aquests factors i la manera com interactuen entre ells. Així, una situació en la que coexisteixin una elevada escassetat de recursos, una acusada concentració geogràfica, fortes barreres d'entrada i una demanda inelàstica, tindria com a resultat una configuració caracteritzada per la presència de grans companyies explotadores (presumiblement amb un considerable poder de mercat), una implicació directa dels estats consumidors per

(125) El manteniment del nivell d'output és també l'estratègia habitual quan els dipòsits es troben en regions remotes i les inversions en infraestructures (en general, bastant costoses) estan directament vinculades a l'explotació dels recursos naturals.

assegurar-se un subministre estable i els intents dels estats perifèrics per capturar una part important de les rendes: és el cas de l'alumini i el níquel. Modificacions en alguns d'aquests factors comporten canvis en l'estructura del mercat. Si, per exemple, es mantenen els trets que acabem d'exposar però la demanda esdevé elàstica, el mercat tendirà a presentar una configuració com l'anterior llevat en un punt: en la nova situació és menys probable que tingui lloc una implicació directa dels països consumidors (és el cas del coure i l'estany). En general, quan es relaxa el comportament de les variables estratègiques, l'estructura de mercat tendeix a atomitzar-se i els preus se suavitzen. Si es manté la situació inicial però les barreres tecnològiques a l'entrada són petites, augmenta el nombre d'empreses participants i es redueix el seu poder de mercat, però persisteix la encara es manté una presència activa dels països consumidors (és el que succeeix amb el petroli i el ferro, per exemple). Si, a més, la demanda és elàstica, l'estructura de mercat esdevindrà més competitiva i l'increment en el nombre d'empreses es combinarà amb una feble presència directa dels estats consumidors i una pressió a la baixa dels preus com succeeix amb el carbó.

L'estructura de mercat es modifica per l'existència de processos dinàmics que alteren la situació inicial. Aquests processos es deuen principalment a dues causes. En primer lloc, l'exhauriment dels dipòsits en explotació i la necessitat d'operar en nous jaciments. Això pot suposar la incorporació de noves regions i empreses, pel que afecta directament la posició prèvia dels participants. L'anàlisi convencional estableix que si els recursos naturals s'exploten de manera eficient (seguint l'ordre de qualitat decreixent), l'extensió de l'explotació comporta un augment dels preus i de les rendes d'escassetat del recurs. L'evidència empírica, tanmateix, mostra que el resultat del procés és ambigu, depenent de les circumstàncies específiques en cada cas. Això indica la presència de factors que desvien el resultat del que hom esperaria en condicions ideals i suggereix que el resultat dels processos dinàmics no està predeterminat. En realitat, en la situació inicial no es disposa de tota la informació sobre la dotació del recurs (quantitat i qualitat dels diferents dipòsits), al llarg del temps tenen lloc canvis significatius en la tecnologia de procés, apareixen recursos alternatius, i a més, en molts casos l'explotació dista bastant de tenir lloc en condicions

competitives. En la pràctica, l'extensió de l'explotació de vegades ha comportat un enduriment del mercat, amb el resultat d'una contenció dels preus i una reducció dels beneficis de les empreses malgrat les desavantatges locacionals dels nous dipòsits, situació que ha afectat especialment els minerals no combustibles. En d'altres ocasions l'extensió de l'explotació s'ha traduït en un augment dels preus i dels beneficis, però això sovint ha estat una conseqüència del major poder de mercat associat a l'explotació dels nous jaciments, que ha permès generar unes rendes estratègiques (Giraud, 1983).

El segon aspecte té una dimensió més àmplia i fa referència als canvis en l'economia mundial, que es manifesten tant en les relacions Nord-Sud com en el poder relatiu dels diferents països del Nord. Pel que fa a les relacions Nord-Sud, el més destacable ha estat la intensificació del control dels propis recursos pels països del Sud després de la Segona Guerra Mundial (Rees, 1990; Mather i Chapman, 1995). Aquesta estratègia es manifesta habitualment mitjançant els acords de col·laboració amb companyies estrangeres i l'establiment de nous esquemes impositius, i de manera més esporàdica, per la via de les expropiacions. En qualsevol cas, darrera del control dels propis recursos plana l'interès de molts països en augmentar ràpidament els ingressos per exportacions per finançar el desenvolupament més que la maximització dels beneficis a llarg termini, i el resultat ha estat una intensificació de l'explotació dels recursos naturals i una pressió a la baixa dels preus.

Pel que fa als canvis en el poder relatiu dels països del Nord, el dinamisme econòmic d'Alemanya i Japó ha comportat un creixent interès per assegurar-se l'aprovisionament d'uns inputs essencials dels que aquests països no n'estan particularment ben dotats, i té lloc l'entrada en el mercat de noves companyies (que en alguns casos amenacen la tradicional hegemonia de les empreses dels Estats Units). La irrupció de forces competitives per aquesta via també ha modificat l'estructura prèvia del mercat i la conseqüència ha estat una minva del poder oligopolístic establert en bastants recursos no renovables i una suavització dels preus.

Bibliografia Capítol 6.

- Adams, R.G. (1989). "Metals industry forecasting: information, expectations and the question of capacity", en J.A. Cordes i T.F. Torries (Eds), Surplus Capacity in the International Metals Industry, Society of Mining Engineers, Inc., Littleton, Colorado, pp. 55-66.
- Adelman, M.A. i Houghton, J.C. (1983). "Economic issues for the mining industry", en M.A. Adelman, J.C. Houghton, G. Kaufman i M.B. Zimmerman, Energy Resources in an Uncertain Future, Ballinger Publishing Co., pp. 17-23.
- Barham, B. (1991). Strategic Commitments in Scarce Resource Industries: Microfoundations of Multinational Monopolies, Working Paper, University of Wisconsin.
- Barham, B. (1994). "Raw material industries in resource-rich regions", en B. Barham, S.G. Bunker i D. O'Hearn (Eds), States, Firms, and Raw Materials, University of Wisconsin Press, pp. 3-38.
- Barham, B. (1994). "Strategic capacity investments and the Alcoa-Alcan monopoly, 1888-1945", en B. Barham, S.G. Bunker i D. O'Hearn (Eds), States, Firms, and Raw Materials, University of Wisconsin Press, pp. 69-111.
- Bohi, D.R. i Toman, M.A. (1983). "Understanding nonrenewable resource supply behavior", Science, vol 219, pp. 927-932.
- Bosworth, B. (1976). "Capacity creation in basic-materials industries", Brookings Papers on Economic Activity, Nº 2, pp. 297- 341.
- Dorfman, R. (1985). "An economist view of natural resource and environmental problems", en R. Repetto (Ed). The Global Possible Resources, Development, and the New Century, Yale University Press.
- Fernández-Cuesta, T. i Merry del Val, F. (1984). "El precio del petroleo", Información Comercial Española.
- Giraud, P.N. (1983). Géopolitique des Ressources Minières, Economica.
- Giraud, P.N. (1992). "La logique de formation des prix des énergies primaires", Économie et Société, Nº 5, pp 39-68.
- Greer, D.F. (1992). Industrial Organization and Public Policy, McMillan.
- Hannan, M.J. i Torries, T.F. (1989). "Industry structure and capacity", en J.A. Cordes i T. F. Torries (Eds), Surplus Capacity in the International Metals Industry, Society of Mining Engineers, Inc., Littleton, Colorado, pp- 43-54.
- Hilke, J.C. (1984). "Excess capacity and entry: some empirical evidence", Journal of Industrial Economics, vol 33, pp. 233-241.
- Jacquet, P. i Nicolas, F (1991). Pétrole: Crises, Marchés, Politiques, Dunod.

- Labys, W.C. (1980). Market Structure, Bargaining Power, and Resource Price Formation, Lexington Books.
- Lieberman, M.H. (1986). Excess Capacity as a Barrier to Entry: An Empirical Appraisal, Research Paper N° 907, Stanford University.
- Mather, A.S. i Chapman, K. (1995). Environmental Resources, Longman.
- Mikesell, R.F. (1971). Foreign Investment in the Petroleum and Mineral Industries: Case Studies on Investor-Host Relations, Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.
- Moison, D.L. i Sperry, D.R. (1992). "Influence of production costs and inventories on mineral prices", Natural Resources Forum, novembre, pp. 271-276.
- Prain, R. (1975). Cooper. The Anatomy of an Industry. Mining Journal Books.
- Newberry, D. (1978). Sleeping Patents, and Entry-Detering Inventions, Working Paper, Cambridge University.
- Radetzki, M. i Van Duyne, C. (1984). "The response of mining investment to a decline in economic growth: the case of copper in the 1970s", Journal of Development Economics, vol 15, pp 19-46.
- Radetzki, M. (1989). "Capacity growth and capacity utilization in non-ferrous metal mineral industries: some conceptual issues, en J.A. Cordes i T.F.Torries (Eds), Surplus Capacity in the International Metals Industry, Society of Mining Engineers, Inc., Littleton, Colorado, pp. 7-18.
- Rees, J. (1990). Natural Resources: Allocation: Economics and Policy, Routledge.
- Roxburg, N. (1980). Policy Responses to Resource Depletion: The Case of Mercury, JAI Press.
- Slade, M. (1982). "Cycles in natural-resource commodity prices: an analysis of the frequency domain", Journal of Environmental Economics and Management, vol 9, pp. 138-148.
- Serletis, A. i Huleman, V. (1994). "Business cycles and the behavior of energy prices", The Energy Journal, vol 15, pp. 125-134.
- Spence, M. (1977). "Entry investment and oligopolistic pricing", Bell Journal Economics, vol 8, pp. 534-544
- Tilton, J.E. (1977). The Future of Nonfuel Minerals, The Brookings Institution.

Capítol 7.

LA DETERMINACIÓ DELS PREUS D'UN RECURS NO RENOVABLE EN EL MIG TERMINI: EL CAS DEL PETROLI.

7. LA DETERMINACIÓ DELS PREUS D'UN RECURS NO RENOVABLE EN EL MIG TERMINI: EL CAS DEL PETROLI.

En el capítol anterior ens hem referit a la formació dels preus dels recursos no renovables en el curt termini i a les oscil·lacions que presenten els preus d'alguns d'aquests recursos, posant l'èmfasi en la influència de les condicions tècniques d'explotació, els cicles d'activitat i les formes transaccionals (o de mercat). D'altra banda, en el capítol 4, al analitzar l'escassetat dels recursos no renovables hem comentat alguns treballs empírics sobre les trajectòries dels preus per períodes bastant llargs. L'evidència disponible a partir d'estudis econòmics indica que la tendència dels preus dels recursos no renovables presenta una uniformitat: els preus experimenten una evolució similar en el temps (en forma d'U) i l'únic que canvia entre recursos és l'amplitud de les diferents fases -decreixement, inflexió/aplanament i creixement- que configuren l'esmentada tendència.

Aquesta conclusió sobre l'evolució dels preus dels recursos no renovables serveix com un referent bàsic de l'anàlisi, però mereix algunes qualificacions. La primera és que es tracta d'un resultat massa general, que pot ser útil per explicar, a grans trets, el comportament dels preus, però afegeix poca informació addicional al que suggeriria una anàlisi que simplement es basés en la intuïció: que és bastant probable que a llarg termini els preus dels recursos no renovables experimentin una pressió a l'alça. Tanmateix, el "llarg termini" és un concepte que adoleix d'una certa ambigüitat, i més quan es refereix als recursos no renovables. La vida útil d'aquests recursos és normalment tan dilatada que la identificació de la seva tendència -i dels factors subjacents- és insuficient per explicar la determinació dels preus. Això fa necessari traslladar l'anàlisi a períodes més curts, en els que operen factors que actuen com un "soroll blanc" en el llarg termini però que influeixen directament en els moviments dels preus. L'anàlisi en el mig termini sembla el més indicat per escatir aquesta qüestió pels avantatges que presenta: permet aïllar les oscil·lacions cícliques dels preus en el curt termini així com captar aquells factors que afecten d'una manera estable els preus dels recursos no renovables a banda de les forces subjacents que operen en el llarg

termini, i que es redueixen a dos elements (el canvi tecnològic, d'una banda, i l'escassetat natural, de l'altre).

A partir del plantejament que acabem d'exposar, en aquest capítol es du a terme una anàlisi pel cas del petroli. Les raons per centrar-se en aquest recurs són dues. En primer lloc, la seva importància econòmica i estratègica en l'activitat productiva. I en segon lloc, el fet que el seu mercat hagi estat el més estudiat d'entre els recursos naturals -degut, precisament, a la seva importància-, la qual cosa s'ha traduït en una diversitat d'aportacions teòriques que enriqueixen el debat i poden servir de base per extendre l'anàlisi -amb les reserves corresponents- a d'altres recursos no renovables. Per procedir d'una manera sistemàtica, el capítol s'estructura en dos grans blocs. Primer s'exposa el comportament del mercat del petroli durant els darrers 50 anys, amb especial atenció als canvis més significatius en el seu funcionament i la possible incidència d'aquests canvis en els preus. I en una segona part es du a terme una anàlisi comparativa de les principals aportacions teòriques per interpretar aquells fets, amb l'objectiu d'avaluar la seva capacitat explicativa i extreure algunes conclusions sobre les possibilitats de la ciència econòmica en l'àmbit dels recursos no renovables.

7.1. Els fets. El comportament del mercat del petroli.

Diferents estudis sobre el mercat del petroli (Jacoby, 1974; Sampson, 1975) coincideixen en assenyalar que durant més de 40 anys (des de finals de la dècada dels 20 fins a començament dels 70), el protagonisme en aquesta indústria correspongué a unes poques grans empreses ("les set germanes"), que actuaven de manera coordinada com si es tractés d'un monopoli (126). El poder de mercat assolit per les grans empreses es basà en una

(126) Es tracta d'Exxon (antiga Standard Oil de Nova Jersey), Royal Dutch Shell, Mobil Texaco, British Petroleum, Standard Oil de Califòrnia (més coneguda com a Chevron) i Gulf.

tratrègia. D'una banda, en el control directe de l'explotació del petroli en brut en les zones que disposaven dels principals jaciments, procés que s'havia iniciat als Estats Units a finals del segle XIX per estendre's a d'altres territoris al llarg del segle XX. Primer varen ser Venèçuela i Mèxic, i amb posterioritat, l'Orient Mitjà, que en la dècada dels 40 ja s'havia convertit -amb diferència- en la primera regió productora del món mercès a l'explotació intensiva de les seves reserves (127). D'altra part, les empreses transnacionals completen el control del mercat amb una estratègia d'integració vertical "aigües avall", per consolidar la seva presència en les fases de refinatge i distribució.

Un punt important és que el control del mercat per part de les societats multinacionals va ser possible perquè fins a començament dels 70 el "cost de reproducció econòmic" del petroli havia estat decreixent (és a dir, els costos de descobrir i explotar nous dipòsits era inferior al dels jaciments que ja estaven en funcionament). Això va permetre les empreses utilitzar el poder de mercat per mantenir els preus a uns nivells baixos amb l'objectiu d'afavorir l'expansió de la demanda i la penetració d'aquest recurs i els seus derivats en el major nombre possible d'aplicacions: des de l'acabament de la Segona Guerra Mundial fins el 1970 els preus nominals del cru es mantingueren pràcticament estables en la franja dels 1-2 \$/barril.

En aquest context, la creació de l'Organització de Països Exportadors de Petroli (OPEP) el 1960 per un grup de països amb importants reserves marca una fita en l'evolució de la indústria del petroli, no tant per les seves conseqüències a curt termini com per les implicacions que se'n derivaran al llarg del temps. Un dels principals motius per la creació de l'OPEP va ser evitar que la pressió a la baixa dels preus del cru fos suportada íntegrament pels països hostes (128). En aquest sentit, el mateix sorgiment de l'OPEP reflecteix, en pri-

(127) El 1930 el 80% de la producció mundial tenia lloc en tres països: els Estats Units, Venèçuela i la Unió Soviètica. Tanmateix, una part considerable de la producció de petroli d'aquest darrer país no formava part dels intercanvis internacionals. Un altre productor important era Mèxic, que el 1938 nacionalitzà aquesta activitat.

mera instància, un dels problemes del mercat del petroli en aquells anys: la necessitat d'evitar davallades dels preus davant d'una situació de sobreoferta degut al gran excés de capacitat existent. Després de la constitució de l'OPEP, el protagonisme en l'explotació del petroli en brut es desplaçarà progressivament de les empreses multinacionals als països d'aquesta organització (Seymour, 1980; Skett, 1988).

En una primera fase, que abasta des de la seva creació fins el 1973, l'OPEP segueix una estratègia essencialment defensiva. Aquesta estratègia va consistir, per un costat, en una creixent participació en el capital de les societats concessionàries, i d'altra part, en l'augment dels impostos sobre la producció de les empreses multinacionals. Són les actuacions preliminars per assolir un major control dels propis recursos, i a partir d'aquí, un major control del mercat.

Després d'aquesta fase l'OPEP adopta una estratègia ofensiva basada en les decisions unilaterals (1973-75). L'actuació de l'OPEP modifica de manera sobtada el funcionament del mercat ja que incideix directament en els preus (que es multipliquen per quatre a finals del 1973 i se situen en els 12 \$/barril), i a través d'ells, també afecta la producció. La nova estratègia de l'OPEP es reforça amb un major control dels recursos mitjançant la política de nacionalització dels actius que les companyies estrangeres mantenien en els països hostes: en el període 1973-75 la participació dels Estats en les reserves autòctones passa, en promig, del 25% al 60%.

El canvi d'orientació de l'OPEP respon a diverses causes. En general s'atribueix la primacia als factors de tipus econòmic, però sense descartar la influència dels esdeveniments polítics en l'Orient Mitjà.

(128) Els països fundadors de l'OPEP van ser Aràbia, Kuwait, Iran, Irak i Veneçuela. Posteriorment, durant la dècada dels 60, s'afegiren Qatar, Líbia, Indonèsia, Abu Dhabi, Algèria i Nigèria. L'Equador i Gabon ho van fer a començament dels 70.

Entre els elements que afavoreixen el nou posicionament de l'OPEP se situa, en primer lloc, l'existència d'un entorn cada cop més favorable als productors com a conseqüència de l'expansió de la demanda. Ja hem comentat que en les dues dècades anteriors té lloc una ràpida penetració del petroli en el consum energètic dels països desenvolupats, que havia estat afavorida pels baixos preus del cru en un període de fort creixement econòmic (1950-1970). El nivell sostingut en l'expansió de la demanda, que durant la dècada 1960-70 augmenta en promig al 10% anual, accentua la pressió sobre les capacitats de producció i posa en evidència la vulnerabilitat del mercat a les condicions de l'oferta. És l'època en que petites incidències al llarg de la cadena d'explotació/refinament/distribució generen reaccions d'anticipació a previsibles increments dels preus i desencadenen efectes desestabilitzadors en els mercats "spot". Això fa que els països de l'OPEP percebeixin el petroli en brut com una mercaderia estratègica i li atorguin un tractament especial.

El segon factor determinant és la inflexió que té lloc a començament dels 70 en el cost de reproducció econòmic. Els nous dipòsits són més costosos de descobrir i explotar que els que estan en funcionament i aquesta circumstància s'associa amb un augment dels costos marginals a llarg termini (129). Així, si amb anterioritat la disminució tendencial del cost de reproducció havia permès el control del mercat per part de les companyies transnacionals, el canvi de tendència s'identifica amb una major escassetat relativa del recurs i es justifica un augment en el preu del cru per alinear-lo amb el nou cost de reproducció. D'altra banda, a començament dels 70 els descobriments anuals (addició a les reserves provades) per primera vegada són menors que el flux de producció, i això reforça la idea que el petroli ha esdevingut efectivament un "recurs no renovable", la qual cosa també s'intenta reflectir en el seu preu. De fet, el mercat de petroli a començament dels 70 d'alguna manera ja captu- rava l'augment en el cost de reproducció econòmic d'aquest recurs. En aquest sentit és significativa la inflexió que té lloc en els preus del cru en el període 1970-72. Després de

(129) L'augment en el cost de reproducció econòmic es deu sobretot a la necessitat d'explotar les plataformes marítimes, de més difícil accesibilitat.

dues dècades d'estabilitat, els preus comencen a augmentar i assoleixen els 3 \$/barril a finals del 1972, el que representa un increment del 60% sobre el nivell de 1970. En aquest context, els països de l'OPEP dissenyen una estratègia per millorar la seva posició en el repartiment dels ingressos que genera el petroli i, aprofitant uns esdeveniments polítics favorables als seus interessos, recuperen el control de la producció del cru per obtenir una renda extraordinària (de monopoli), que s'afegeix a la renda d'escassetat que ja havien capturat en l'etapa anterior (dècada dels 60) al augmentar els impostos sobre l'explotació.

En tercer lloc, també va influir l'interès dels Estats Units -en aquells anys el principal productor i consumidor de cru- en un increment dels preus internacionals per alinear-los amb els preus interiors. Amb l'augment dels preus internacionals els Estats Units maldaven per dos objectius. D'una banda, rendibilitzar la pròpia producció (ja que el diferencial de costos obligava a establir quotes a l'importació per protegir les explotacions autòctones) així com afavorir altres recursos energètics abundosos en el mateix país (especialment el carbó). I d'altra part, mantenir una posició d'independència energètica mitjançant el desenvolupament de recursos alternatius. Addicionalment, uns preus internacionals del cru alineats amb els preus interiors eliminava part dels avantatges que els seus principals competidors (Japó, Alemanya) estaven assolint en els mercats mundials de productes manufacturats.

Un aspecte remarcable és que, des d'una òptica estrictament econòmica, l'augment de preus de 1973-74 tenia un fonament "objectiu" en la mesura que era una conseqüència d'uns creixents costos de reproducció i capturava la major escassetat del petroli en brut. D'altra banda, l'increment de preus reflectia també un equilibri entre el cost d'oportunitat suportat pels productors degut a l'exhauribilitat de l'estoc i el cost suplementari que alguns països -especialment els Estats Units- estaven disposats a pagar per dur a terme les inversions a llarg termini en recursos alternatius. Des d'aquesta perspectiva, hom pot considerar que la pressió a l'alça de preus era inevitable i que, àdhuc sense els canvis estructurals que la indústria del cru experimentà en la primera meitat dels 70, el funcionament normal del mercat hauria conduït a un resultat similar, bé que potser de manera més gradual. En aquest sentit és igualment significatiu que, pel que fa a la demanda, l'augment de preus del 1973-74 fos assimilat sense traumes pels països consumidors, al compàs de les primeres mesures d'estalvi energètic.

Després d'un breu període de relativa estabilitat dels preus al nou nivell (1975-78), el 1979 l'OPEP persisteix en l'estratègia ofensiva novament a l'ombra d'esdeveniments polítics internacionals que considera favorables (cas de la revolució a l'Iran), i els preus del cru tornen a multiplicar-se fins assolir els 31 \$/barril. Tanmateix, aquesta actuació té lloc en un context distint al de 1973/74 i les conseqüències també són unes altres. A diferència del que havia succeït el 1973-74, l'increment de preus del 1979-80 va provocar un canvi substancial en la situació del sector, ja que els nous preus depassaven abastament el nivell compatible amb la defensa del mercat de la pròpia OPEP. Així, com a resposta a l'alça dels preus del cru, pel costat de la demanda, s'intensifiquen les actuacions que en matèria d'eficiència energètica es duïen a terme en els països consumidors, bé que els seus efectes encara trigarien alguns anys en manifestar-se. En canvi, les conseqüències pel costat de l'oferta foren més immediates al convertir-se en rendibles quantiosos recursos subeconòmics de països aliens a l'OPEP, com els jaciments de la Gran Bretanya i Noruega en el Mar del Nord i d'algunes plataformes del Golf de Mèxic.

Les raons adduïdes per explicar el comportament de l'OPEP el 1979-80 també són diverses. Una possibilitat que no es pot descartar és, simplement, que l'OPEP s'equivoqués a l'hora d'avaluar les respostes dels altres agents a la seva actuació. Però si hom atribueix a l'OPEP una certa capacitat de càlcul de reacció, aquesta explicació no és del tot satisfactòria. Una versió diferent és que l'estratègia de l'OPEP després del primer xoc respon més al criteri de maximitzar els avantatges d'una situació favorable en el curt termini (degut a la seva posició hegemònica en el mercat) que a una gestió "òptima" dels recursos naturals a llarg termini (i això explicaria precisament els efectes perversos que l'augment de preus va tenir sobre la pròpia OPEP). En qualsevol cas, el que sembla clar és que l'OPEP no va modular els nous preus d'acord amb les possibilitats d'expandir l'oferta per part dels seus competidors, amb els preus dels recursos alternatius i amb el previsible impacte de les mesures d'eficiència energètica, i la seva estratègia "miop" tingué conseqüències paradoxals en el sector durant la dècada dels 80. El més significatiu és que afavorí una explotació intensiva dels dipòsits més costosos -que no eren necessaris per garantir l'equilibri en el mercat mundial- mentre tenia lloc una infrautilització de la capacitat en els jaciments de baix cost.

L'augment de la producció en els països aliens a l'OPEP combinada amb una estabilització de la demanda (per l'estancament econòmic i les mesures d'estalvi energètic) es tradueix en una ràpida disminució de la quota de mercat de l'OPEP a partir del 1979 i això l'obliga a replantejar-se la seva estratègia a començament dels 80. Per fer front a la nova situació, l'OPEP adopta una estratègia defensiva que ben aviat posarà en evidència les diferències entre els membres de l'organització i que la seva cohesió interna és molt més feble del que ho havia estat en el cas de les "set germanes" fins a començament dels 70.

En aquest punt convé remarcar que l'OPEP, encara que estava conceptualitzada com un càrtel, fins llavors s'havia limitat a fixar els preus, mentre era el mercat el que determinava les quantitats als preus vigents. En sentit estricte, doncs, l'OPEP no actuava pròpiament com un càrtel, ja que això hauria comportat fixar els preus i quantitats de manera simultània al llarg de la corba de demanda. L'OPEP comença a actuar com un càrtel el 1982, quan la producció de cru esdevé excedentària, els preus inicien una tendència a la baixa i el mercat "spot" assoleix una certa importància en el total de transaccions (130). En aquest context el dilema que se li presenta a l'OPEP rau en la defensa d'uns preus elevats amb una menor presència en el mercat o bé la recuperació de la quota perduda mitjançant uns preus més baixos, sacrificant part de la rendibilitat.

En un primer moment l'OPEP opta per la defensa dels preus, i el 1982 s'estableixen quotes de producció entre els diferents països en funció d'un preu de referència. El 1983 apareixen els desacords en el repartiment de les quotes i té lloc una sobreproducció que obliga l'OPEP a reduir el preu de referència. L'arrel del problema és l'heterogeneïtat dels membres de l'organització. Aquesta heterogeneïtat es tradueix en una divergència d'interessos que roman larvada en moments d'expansió i que es manifesta en forma de conflictes in-

(130) La creixent importància del mercat "spot" a partir del 1982 accentua la desestabilització. La raó és que quan el mercat oficial és excedentari, els preus "spot" són inferiors als preus oficials (que s'estableixen directament entre les dues parts en els contractes a termini). Aleshores, els compradors estan poc interessats en vincular-se amb contractes a termini i el desplaçament de la demanda cap el mercat "spot" agreuja l'excés d'oferta en el mercat oficial i provoca una nova pressió a la baixa dels preus.

terns quan el mercat experimenta un retrocés, com succeeix a començament dels 80. Els diferents posicionaments en el si de l'OPEP responen a diverses causes, algunes de les quals se situen en l'àmbit estrictament econòmic, però també intervenen factors polítics (en el sentit ampli del terme).

Les divergències d'interessos es reflecteixen en la pertinença dels països de l'OPEP al grup dels "falcons" o dels "coloms". Els països del primer grup són els que tenen les menors reserves de petroli, estan relativament poblats i propugnen una estratègia clara d'industrialització -per disposar d'una alternativa econòmica un cop l'estoc del cru s'hagi exhaurit- que requereix del finançament extern. Es tracta, doncs, de països amb una elevada capacitat d'absorció. Algèria, Indonèsia, Líbia, Iran i Irak formen part d'aquest grup. El seu objectiu és maximitzar els beneficis a curt termini, i per tant, tenen un incentiu per aprofitar al màxim la capacitat de producció a l'hora que malden per uns preus relativament elevats. D'altra banda, els països del Golf Pèrsic (i especialment Aràbia) es troben en la situació oposada: disposen de les majors reserves a baix cost i estan poc poblats, pel que en el seu cas l'estratègia d'industrialització no és prioritària. El seu objectiu és maximitzar els beneficis en el llarg termini i propugnen una política moderada de preus que garanteixi l'estabilitat de la demanda en el temps i desincentivi la substitució del petroli per recursos alternatius.

Les dificultats per compatibilitzar aquestes discrepàncies -que encara avui són l'origen de les freqüents discussions en el si de l'OPEP- reforçaren la tendència a la baixa dels preus a partir del 1982, al sumar-se als factors exògens que tant pel costat de l'oferta com de la demanda pressionaven en la mateixa direcció. Així, la sobreproducció que té lloc a partir de 1983 per l'incompliment de les quotes per part d'alguns països del grup dels "falcons" va obligar al primer productor i país amb més reserves, Aràbia, a actuar com a "regulador", ajustant la seva producció -en el sentit de limitar-la- per conduir el mercat al preu establert. Tanmateix, malgrat la forta disminució de la producció d'Aràbia en aquests anys, els preus davallen de manera lenta però continuada i el 1985 se situen en els 25 \$/barril. La disminució dels preus s'explica, d'una banda, per la sobreproducció dels "falcons", però també perquè una part de la producció no satisfeta per Aràbia apareix en el mercat degut a l'augment

de la producció de països externs a l'organització (especialment el Regne Unit, Noruega i Mèxic).

Després de comprobar que l'intent de l'OPEP de comportar-se com un càrtel no condueix als resultats desitjats i per acabar amb una situació que erosionava continuament la seva posició en el mercat, Aràbia decideix a finals de 1985 dur a terme una guerra de preus amb la intenció d'afectar les posicions dels països aliens a l'organització, ja que la defensa dels preus en un context d'atonía de la demanda hauria accentuat la marginalització de l'OPEP, i especialment la de la pròpia Aràbia, en el mercat. En aquest moment l'OPEP abandona la referència al sistema de preus oficials així com tota disciplina en matèria de quotes. El resultat és la intensificació de la producció i la davallada de preus continua el 1986, quan s'assoleixen els 16 \$/ barril. Com a conseqüència d'això, l'OPEP es veu un altre cop obligada a canviar d'estratègia i se centra en la defensa dels mercats. Tanmateix, la nova estratègia perjudica els països amb més necessitat d'ingressos, ja que l'augment en la producció no és suficient per compensar la disminució dels preus i la cohesió de l'organització encara en resulta més afeblida. Per restablir l'ordre, l'OPEP torna a basar l'actuació en la defensa dels preus, amb la referència dels 18 \$/barril, a l'hora que s'estableix un repartiment de la producció basat en les quotes de 1984 ⁽¹³¹⁾. En la reformulació de l'estratègia de l'OPEP el 1986 hi juguen novament un paper determinant els Estats Units, interessats en evitar una davallada dels preus per sota d'aquell nivell, doncs això entrava en conflicte amb la possibilitat de mantenir una part important del mercat intern per a la producció autòctona. Aquesta circumstància reflecteix novament la importància de factors de diversa naturalesa en la determinació dels preus més enllà del que en resultaria del funcionament normal del mercat.

L'evolució de les participacions en la producció mundial de petroli entre el 1973 i el 1986 és il·lustrativa dels canvis que experimenta la configuració de l'oferta en aquest període com a

(131) Una observació interessant: 18 \$/barril del 1986 equivalen, en valor constant, a 7 \$ de 1974. Recordem que el 1974 el preu nominal era de 12 \$/barril, pel que després de 12 anys el preu del cru en termes reals havia davallat quasi un 50%.

conseqüència de les reaccions a les estratègies ofensives de l'OPEP. Mentre l'OPEP el 1973 era -amb molta diferència- el primer productor mundial amb el 53,3% del total, el 1979 la seva participació havia experimentat una certa reducció i se situava en el 46,7%. Pels motius ja adduïts, la davallada més acusada té lloc a començament dels 80: 32,7% el 1982 i 28,1% el 1986. Pel que fa als altres productors, la participació dels Estats Units es manté estabilitzada al voltant del 19% al llarg d'aquests anys, mentre la dels països socialistes augmenta sensiblement (del 17,6% el 1973 al 28,2% el 1986). Tanmateix, els principals guanys tenen lloc en els altres països, que globalment passen del 10,3% el 1973 al 14,6% el 1979 i intensifiquen la penetració en la primera meitat dels 80: 20,6% el 1982 i 25,2% el 1986. D'aquests països, la major progressió correspon al Regne Unit, Noruega i Mèxic, que d'una participació conjunta de l' 1,1% el 1973 passen al 11,3% el 1986.

Les estratègies que s'implementen en la indústria del petroli des de la constitució de l'OPEP, i especialment des del 1973-74, afecten els preus en la mesura que es modifica el funcionament del mercat. Fins a començament dels anys 70 aquesta activitat es desenvolupa en un entorn oligopolístic en el que el control l'exercien les empreses transnacionals, molt integrades verticalment aigües avall. Aquesta configuració dona pas en la dècada dels 70 a una estructura oligopolística en la que el control del mercat passa a estar en mans de l'OPEP. Finalment, en els anys 80, la indústria del petroli esdevé més competitiva, com es reflecteix en les participacions en la producció. En aquest sentit, alguns autors consideren que el desenvolupament d'un veritable mercat de petroli ha tingut lloc durant la darrera dècada amb la intensificació de la competència OPEP/no-OPEP, que va fer d'aquest recurs natural una mercaderia com les altres (Ayoub, 1987). Però aquest no és l'únic canvi rellevant. D'altres factors menys visibles també afecten el funcionament del sector. Un aspecte remarcable és que els nous agents que intervenen en l'explotació -i especialment les empreses públiques dels països de l'OPEP-, a diferència del que succeïa amb les "set germanes", no controlen la cadena aigües avall, doncs la seva presència en les fases de refinament i distribució és encara bastant limitada. Una part important del petroli en brut continua fluint pels canals de refinament i distribució de les societats multinacionals, que mantenen la primacia en aquestes activitats. Attal (1985) considera que això és el que

permet a les grans empreses mantenir indirectament el poder de mercat en la indústria, ja que el control dels preus finals es tradueix també en la capacitat d'influir en el preu del petroli en brut. En aquest sentit, l'afebliment de l'OPEP durant la dècada dels 80 també hauria estat motivat per la seva escassa presència aigües avall en el sector.

7.2. Les explicacions teòriques: plantejaments, resultats i limitacions.

7.2.1. L'anàlisi convencional: la teoria de l'esgotament.

En l'anàlisi dels recursos no renovables la teoria de l'esgotament és la que presenta un major desenvolupament formal mercès a les aportacions inicials de Gray i Hotelling i les extensions que tenen lloc en els anys 70 i 80. El seu enfocament és estrictament econòmic i té com a principal objectiu establir les condicions d'eficiència en el mercat en diverses circumstàncies, així com les causes de les ineficiències i la magnitud del seu abast. Tanmateix, malgrat la claredat del seu plantejament, la teoria de l'esgotament també ha estat l'aproximació més utilitzada per explicar quelcom diferent: el funcionament del mercat i la determinació dels preus. La teoria de l'esgotament posa l'èmfasi en l'escassetat intrínseca dels recursos no renovables degut a la seva dotació limitada i l'esquema marginalista basat en la interacció de l'oferta i la demanda constitueix el seu nucli analític. La renda d'escassetat és el referent de la disponibilitat del recurs i el factor que explica que els preus presentin una evolució creixent a llarg termini degut al predomini de l'efecte d'escassetat quan disminueix l'estoc.

Heal i Chichilnisky (1991) es basen en la teoria de l'esgotament dels recursos no renovables per explicar l'evolució dels preus del petroli. Per dur a terme l'anàlisi, recorden, d'entrada, una implicació bàsica, però fonamental, de la teoria de l'esgotament: que degut a l'existència de la renda d'escassetat -inherent a la no renovabilitat del recurs-, el preu ha

d'excedir el cost marginal àdhuc en condicions competitives, la qual cosa qüestiona la idea que l'eventual entrada de noves empreses deprimirà a llarg termini el preu al nivell dels costos marginals, com succeiria pels béns reproduïbles. La primera conseqüència d'aquesta idea és que en el cas del petroli, una diferència positiva entre el preu i el cost marginal d'extracció no serveix, per ella mateixa, per identificar una possible situació de poder de mercat (és a dir, l'existència de configuracions oligopòliques o monopòliques), ni que un augment de la diferència entre aquestes variables es correspongui necessàriament amb un major poder de mercat. La diferència $P-C'$ depèn de les condicions de l'oferta (reserves existents), de la demanda actual i de la previsió de la demanda futura. Això significa que aquesta diferència tampoc ha d'augmentar necessàriament de manera indefinida, ja que l'eventual existència de substituïts a preus elevats imposa un límit a l'evolució dels preus, i per tant, a la diferència $P-C'$ (132).

D'altra banda, l'evolució dels preus al llarg del temps en una senda d'equilibri es pot modificar com a conseqüència de canvis exògens que provoquin desviacions en qualsevol sentit. És el que succeeix, per exemple, quan tenen lloc variacions no anticipades en el tipus d'interès, en les reserves de petroli o en la seva demanda. Així, els preus experimentarien una davallada si el tipus d'interès augmenta, es descobreixen nous dipòsits, o té lloc una disminució en la demanda del recurs natural (ja sigui degut al comportament del cicle econòmic o a millores en la tecnologia que redueixin la quantitat de recurs natural necessària per unitat d'output). Canvis en la direcció oposada d'aquestes variables tindrien com a resultat un augment en el preu, pel que en un món imperfecte la trajectòria dels preus es presenta, en principi, indeterminada.

Un altre aspecte important en el mercat del petroli és la capacitat dels agents als que s'atribueix poder de mercat (monopolis/oligopolis) per influir efectivament en els preus. En aquest punt, Heal i Chichilnisky, alerten sobre un biaix de l'enfocament habitual que fa referència a dos aspectes interrelacionats: l'indicador que s'utilitza per mesurar els preus i el marc en el que es desenvolupa l'anàlisi.

(132) Tot això suggereix que en el marc de la teoria de l'esgotament, la identificació de possibles situacions de poder de mercat pels recursos no renovables obliga a utilitzar altres indicadors.

La teoria neoclàssica defineix el concepte de monopoli basant-se en l'anàlisi parcial, i a partir d'aquesta anàlisi es determina el resultat del mercat (en termes de preus i quantitats) en un moment del temps: el monopolista exerceix el poder de mercat per maximitzar els beneficis, la qual cosa comporta restringir la quantitat i fixar un preu més elevat del que correspondria a una situació competitiva. Tanmateix, l'anàlisi parcial presenta clares limitacions quan s'aplica al petroli degut a les característiques d'aquest recurs. Com hem exposat en el capítol anterior, el petroli és una mercaderia essencial pels processos productius, pel que la variació dels seus preus es manifesta d'una manera canviant sobre el conjunt de l'activitat econòmica al llarg del temps. En conseqüència, cal una anàlisi de tipus general per avaluar la capacitat dels productors d'exercir un poder de mercat real.

Per esbrinar aquesta qüestió prèviament cal identificar el preu que interessa a un monopolista (que per simplicitat s'associa a l'OPEP). Clarament, el preu corrent no és l'indicador rellevant, sino que hauria de considerar-se el preu en termes de comerç, és a dir, en relació a la capacitat d'importar dels països de l'OPEP. En l'anàlisi parcial la capacitat d'un monopolista per fixar preus es determina suposant que tots els altres preus estan donats, de manera que una modificació en el preu de l'output del monopolista es tradueix en un canvi equivalent d'aquest preu en relació a la resta de preus. Però el caràcter d'input essencial del petroli invalida aquest plantejament: l'OPEP pot fixar el preu del petroli en valors corrents, però no té capacitat per controlar l'impacte del nou preu sobre el conjunt de l'activitat econòmica, com tampoc té possibilitat d'influir en els preus de les mercaderies importades, que també determinen la seva capacitat adquisitiva real. Per això, Heal i Chichilnisky consideren erròni catalogar l'OPEP com un monopoli en els termes habituals dels llibres de text, entés com l'empresa que fixa un preu que garanteixi la maximització dels beneficis prenent els altres preus com a donats. Al haver-hi interaccions, defensen una aproximació d'equilibri general que capti els efectes de l'acció inicial sobre el conjunt de l'activitat econòmica, i a través d'ella, sobre el propi mercat del petroli.

Mitjançant aquesta aproximació, Heal y Chichilnisky mostren que en el període 1973-80, que s'associa amb el major grau de monopoli en el mercat del petroli, en realitat la capacitat adquisitiva dels països de l'OPEP només va millorar lleugerament, ja que tant l'índex de preus d'importació de l'OPEP com l'índex de preus d'exportació de l'OCDE a l'Orient Mitjà

augmentaren continuament i varen absorbir bona part del increment nominal dels preus del petroli, el que confirma que la capacitat de l'OPEP per fixar els preus reals d'aquest recurs -àdhuc quan mantenia l'hegemonia en la producció- dista molt de la que correspondria a un monopoli convencional.

Un cop relativitzat el poder del mercat pel costat de l'oferta com a determinant dels preus reals del petroli, Heal i Chichilnisky utilitzen directament l'esquema marginalista per analitzar el comportament del mercat. En una primera aproximació expliquen l'evolució dels preus pel mecanisme de l'oferta i la demanda i les expectatives dels agents. En aquest sentit, la davallada dels preus (reals) del petroli durant la dècada dels 60 s'atribueix a dos factors.

En primer lloc, el descobriment de grans dipòsits, que augmentà considerablement les reserves. En aquells anys, tot i la forta expansió de la demanda, la taxa de creixement de les reserves es va incrementar a un ritme molt més ràpid que el consum (el 1970 les reserves provades s'havien doblat respecte el 1960), pel que al llarg de tota la dècada el mercat es va trobar amb un excés d'oferta que pressionava els preus a la baixa. A aquest resultat també hi contribuïren les expectatives dels agents sobre els preus, ja que en absència de canvis estructurals els preus futurs s'estimen a partir dels preus passats, circumstància que reforça les tendències existents. Així, en la dècada dels 60 la tendència a la baixa dels preus induí a la creença que aquesta situació continuaria i els agents actuaren en conseqüència. Les empreses varen intensificar l'explotació per evitar pèrdues de capital i els consumidors retardaren les adquisicions per beneficiar-se d'uns menors preus en el futur, introduïnt una pressió addicional a la baixa sobre els preus.

En segon lloc, també va influir el comportament de les grans empreses multinacionals, que constituïdes de fet en un monopsoni, duien a terme una actuació coordinada enfront dels governs hostes per mantenir els preus a uns nivells baixos i afavorir una ràpida expansió en el consum. I aquesta estratègia no va ser contrarrestada al no existir una actuació coordinada en sentit contrari pel costat de l'oferta: en aquella dècada el mercat del petroli era essencialment un mercat de compradors.

A començament dels 70 el mercat comença a modificar-se, i un cop consolidat també el canvi en les expectatives dels agents, la seva actuació contribuirà a reforçar la nova tendència dels preus. Els factors que més influeixen en la modificació del mercat són una forta disminució en la taxa de descobriment de noves reserves i la situació del sector als Estats Units.

Pel que fa a la primera qüestió, val a dir que el 1980 les reserves provades només superaven en un 25% les existents el 1970, malgrat la intensa activitat en exploració que es dugué a terme al llarg de la dècada. I la major part de l'addició de reserves correspongué a dipòsits que amb anterioritat no eren econòmics, ja que el descobriment de noves reserves fou poc significatiu. A aquesta circumstància s'hi afegeix que els Estats Units -primer consumidor mundial- passen de l'autosuficiència a dependre de les importacions, la qual cosa introdueix un altre element de pressió en el mercat internacional. En termes de l'esquema marginalista aquests factors reflecteixen que el petroli esdevé un recurs escàs i haurien estat suficients per alterar la tendència dels preus. Però la inflexió fou més accentuada perquè s'hi sumaren altres circumstàncies. D'una banda, els països hostes, i especialment els de l'Orient Mitjà, intensifiquen el control sobre el petroli per augmentar la seva participació en la renda. Així, la transferència de poder de les empreses multinacionals als països hostes que s'inicia a finals dels 60 va comportar una lenta però progressiva disminució en les taxes de creixement de la producció, situació que reflectia l'interès dels governs en una major conservació del recurs per assegurar-se la seva oferta a llarg termini. Per la seva part, les grans companyies internacionals, anticipant-se a aquesta eventualitat, ja havien intensificat el ritme d'explotació, pel que en alguns països de l'OPEP la reducció de l'oferta fou bastant acusada. Això reforçà la pressió a l'alça dels preus a començament dels 70 (com hem vist en el capítol anterior, en el període 1970-73 el ritme de creixement dels preus no tenia precedents), i afavorí l'actuació coordinada de l'OPEP per augmentar el seu poder negociador. Té lloc una nova configuració del mercat, que passa d'estar controlat pels compradors a ser-ho pels venedors. I un cop consolidat el canvi en les expectatives dels agents, la nova tendència segueix una inèrcia pròpia. En aquest sentit, el fort augment de preus decretat per l'OPEP el 1973-74 apareix com el resultat lògic d'un mercat més

endurit, d'expectatives de preus més elevats i també de la disminució dels tipus d'interès reals a començament dels 80, que contribueixen a la revalorització dels recursos "in situ".

L'increment dels preus va ser possible per la rigidesa de la demanda a curt termini, i per això mateix en un primer moment tingué pocs efectes sobre el consum. Però un cop les expectatives de preus elevats es confirmen, es desencadenen les reaccions previsibles pel costat de l'oferta i la demanda per enfrontar la nova situació. En el primer cas augmenta de manera continuada la producció de països externs a l'OPEP i es posen en funcionament dipòsits que abans no eren econòmics així com nous jaciments descoberts a Mèxic i el Mar del Nord. D'altra banda, la progressiva millora en l'eficiència energètica i el desplaçament de la demanda cap a béns i serveis poc intensius en energia pressiona el consum a la baixa. A finals dels 70 la demanda total de petroli ja disminueix, mentre la demanda que s'adreça a l'OPEP ho fa de manera més acusada degut a la penetració en el mercat dels països externs a l'organització.

El xoc del 1979-80 té lloc quan el mercat passa d'un excés de demanda a un excés d'oferta, pel que el resultat va ser una ràpida inflexió en l'evolució dels preus. La tendència a la baixa s'inicia a començament dels 80 i a l'OPEP se li presenta el dilema de restringir la producció o reduir els preus. Com a curt termini la demanda és inelàstica, l'OPEP articula la seva estratègia via quantitats per evitar la davallada en l'ingrés que hauria comportat actuar únicament sobre els preus. En aquest sentit, Heal i Chichilnisky consideren que és la capacitat de l'OPEP per ajustar la seva producció a una demanda en retrocés el que reflecteix el seu poder en el mercat -més que no la capacitat per fixar els preus- i el que diferenciava el comportament del mercat del petroli d'altres recursos no renovables. Tanmateix, aquesta estratègia per equilibrar el mercat fracassà a partir del 1983 al no respectar-se les quotes acordades, i la incapacitat de regular l'oferta per enfrontar una demanda que disminuïa va provocar que en pocs anys els preus assolissin uns mínims històrics en termes reals. Com ja hem comentat, la davallada de preus la primera meitat dels 80 tendeix a associar-se amb les discrepàncies en el si de l'organització. Però Heal i Chichilnisky consideren que el fracàs de l'OPEP no s'explica únicament per les dissensions internes. Més enllà operaven d'una manera gradual però contínua els mecanismes d'ajustament pel costat de l'oferta i la demanda que s'havien desencadenat la dècada anterior i que

erosionaven d'una manera progressiva les posicions de l'OPEP en el mercat. La disminució dels preus -que en termes reals s'ha mantingut fins a l'actualitat- apareix com el resultat inevitable d'un entorn més competitiu. L'elevada capacitat productiva no utilitzada -que en part és una conseqüència de les inversions realitzades a començament dels 80, quan el mercat ja es troba en retrocés-, permet absorbir el creixement de la demanda durant la segona meitat de la dècada sense pressionar els preus a l'alça.

A mig termini, tanmateix, Heal i Chichilnisky preveuen una situació diferent. Pel costat de l'oferta el bloc no-OPEP haurà assolit el màxim de la producció, al igual que alguns països de l'organització (Algèria, Iran). Per la seva part, la demanda tendirà a estabilitzar-se un cop s'hagin absorbit les conseqüències dels augments de preus dels 70. La reducció de l'oferta i la concentració de la producció en uns pocs països (essencialment del Golf Pèrsic) podria comportar una creixent escassetat del petroli amb augments continuats en els preus en sintonia amb el que estableix la teoria de l'esgotament. La magnitud dels increments és difícil de precisar, ja que depèn de la interacció dels factors que poden accelerar o retardar l'evolució dels preus. Entre els factors acceleradors destaca la disminució en l'ús del carbó com a font d'energia primària degut a l'impacte mediambiental, pel que el petroli recuperaria la part del consum energètic transferit al carbó a partir del 1973. En sentit invers, l'amenaça que representa el desenvolupament de tecnologies energètiques alternatives que podrien ser rendibles a partir de cert nivell de preus (al voltant dels 40 \$/barril) estableix un sostre a l'augment dels preus. En aquest escenari, un cop confirmada la viabilitat de les tecnologies alternatives -amb l'única incertesa de la data de la seva introducció en el mercat-, Heal i Chichilnisky consideren que els països dominants de l'OPEP podrien seguir l'estratègia del preu límit per capturar tant la renda d'escassetat com les rendes monopòliques, el que comportaria uns preus molt superiors als actuals.

La capacitat de la teoria de l'esgotament per explicar l'evolució dels preus del petroli al llarg del temps ha estat questionada des de diferents angles. Un aspecte essencial és la distinció entre l'exhauribilitat física d'un recurs i els seus efectes econòmics. L'esgotament físic és consubstancial a tots els recursos no renovables i depèn de la dotació inicial i del ritme d'explotació. Però la minva física d'un recurs no necessàriament s'ha de manifestar en

termes econòmics. Per què l'esgotament físic tingui una repercussió econòmica cal que l'escassetat futura influèncii les decisions de producció i consum actuals, i a través d'elles els preus corrents, procés en el que les expectatives juguen un paper essencial. Dit d'altra manera, només si les expectatives d'uns preus futurs elevats -associats a una acusada escassetat física del recurs- modifiquen l'estratègia actual dels agents (intensificar la conservació per part dels productors i augmentar la demanda per part dels consumidors) i això es tradueix en uns preus corrents més elevats, el recurs es podria considerar avui exhaurible en sentit econòmic. Aquest aspecte constitueix la pedra de toc per contrastar la versemblança de la teoria de l'esgotament i ha rebut diverses consideracions pels estudiosos del funcionament dels mercats.

En diverses anàlisi aplicades al cas del petroli, Adelman (1972, 1979 i 1980) argumenta que aquest recurs no és exhaurible en sentit econòmic. La seva explicació es basa en la diferència existent entre els costos marginals de producció (incloent-hi totes les fases: exploració, desenvolupament i extracció) i el seu preu. Així, en el cas dels dipòsits més favorables i que constitueixen la major part de les reserves probades (les dels països del Golf Pèrsic), durant la dècada dels 60 (quan els preus reals del petroli assoleixen els nivells més baixos) la desproporció entre els costos i els preus ja era d'un factor de 10, i augmenta de manera espectacular a partir del 1973-74. I l'existència d'aquesta desproporció és precisament el que explicaria que els augments de preus que tenen lloc durant la dècada dels 70 i les expectatives que reforcen la seva pressió a l'alça no estiguin relacionats amb una major escassetat natural del petroli: aquesta circumstància, si de cas, s'hauria reflectit en un increment dels costos (que no va tenir lloc). Segons Adelman, degut a la persistència dels baixos costos marginals d'extracció, el petroli es "produeix" quan es descobreix, pel que les reserves es poden considerar com un inventari que disminueix per l'explotació i augmenta pels descobriments. Evidentment, algun dia es podria arribar als límits de l'exhauribilitat física del recurs, però en el cas del petroli aquesta data s'albira prou llunyana per descartar qualsevol influència sobre les decisions que els agents prenen avui. Des d'aquesta perspectiva, la teoria de l'esgotament, que suposa que el preu del petroli es determina per la seva escassetat natural, només tindria validesa quan l'exhauriment físic fos imminent i el futur afectés les decisions presents (el que es reflectiria mitjançant una taxa

implícita de descompte elevada i creixent), i a través d'elles, als preus i quantitats d'avui. Com aquesta no és la situació actual, d'acord amb el raonament d'Adelman, l'interès no rau tant en l'exhauribilitat -que és una possibilitat llunyana-, sino en l'estratègia d'inversió de les empreses per constituir l'inventari que són les reserves, i l'anàlisi s'hauria de centrar en els costos de descobriment (133).

La limitació de la teoria de l'esgotament a situacions molt específiques significa, segons Adelman, que pel que fa al funcionament dels mercats l'economia dels recursos no renovables s'ha beneficiat poc de la considerable recerca que s'ha dut a terme en l'àmbit teòric els darrers 25 anys. Aquesta afirmació, tanmateix, també caldria matitzar-la, car identifica la teoria de l'esgotament amb un dels factors -certament important- que la modulen, l'escassetat natural del recurs. Però no es pot oblidar que el fenomen de l'escassetat natural té una dimensió relativa, ja que la seva importància real depèn del comportament d'altres factors que també han estat objecte d'estudi per l'anàlisi convencional. En el capítol segon varem veure que quan el model simple de Hotelling s'extén amb la incorporació de diversos factors presents en el món real, l'efecte d'escassetat -associat a l'esgotament-, sense arribar a desaparèixer, pot tenir una influència negligible durant un període considerable de l'explotació del recurs, mentre en la trajectòria dels preus hi té una major influència el comportament d'aquells altres factors. El cas més clar és el del progrés tècnic. Això és precisament el que reflecteixen les trajectòries de preus monotonament decreixents o tendencialment decreixents en forma de dents de serra, per exemple. Al meu entendre, les dificultats per explicar la determinació dels preus a partir de la teoria de l'esgotament no es deuen tant a l'impacte negligible de l'efecte escassetat com a la disincronia entre els plantejaments amb que es construeix la teoria i els objectius a que que s'adreça, d'una banda, i

(133) D'altres anàlisi també coincideixen en minimitzar la importància de l'efecte estoc sobre les decisions actuals. Recordem que en les primeres incursions sobre aquesta qüestió, Gordon i Herfindahl ja van assenyalar que les empreses que exploten recursos no renovables tendien a maximitzar els beneficis presents, el que indicava que la influència del futur és negligible. I més recentment, Houthakker (1983) s'ha manifestat en el mateix sentit que Adelman, al considerar que el petroli no és una mercaderia exhaurible en termes econòmics.

l'àmbit en el que s'utilitza, de l'altra. Com ja hem assenyalat, el referent de l'anàlisi convencional és l'eficiència social, i quan aquesta no és assolible per diversos motius (per exemple, per l'existència d'informació incompleta, d'estructures no competitives) es manté el supòsit de la maximització dels beneficis com a guia del comportament dels agents, pel que l'anàlisi se situa en els límits estrictes de la dimensió econòmica. Però aquest plantejament, que segurament constitueix una aproximació adequada per analitzar el funcionament de la majoria mercats, es presenta més problemàtic en el cas del petroli, degut a la influència de factors externs que, especialment pel costat de l'oferta, depassen el racionalisme econòmic quantificable en unitats monetàries.

7.2.2. Les aportacions de l'economia industrial.

Malgrat l'àmplia utilització que s'ha fet de la teoria de l'esgotament, els primers esquemes teòrics per explicar el funcionament del mercat del petroli i la determinació dels preus apareixen abans de la crisi de 1973/74 i adopten una perspectiva diferent, ja que es basen en els conceptes i instruments de l'economia industrial. Són paradigmàtiques les aportacions de Frankel (1946), Penrose (1968) i Adelman (1972), que encara avui constitueixen una referència obligada sobre aquesta qüestió. L'enfocament és de tipus microeconòmic i l'anàlisi es desenvolupa a partir de les variables rellevants en l'àmbit de l'empresa: costos, grandària, grau d'integració, preus de transferència, etc. Un dels seus trets característics és que l'èmfasi per explicar la determinació dels preus es posa en les condicions tècniques d'explotació i en l'estructura del mercat, i es deixa de banda el fenomen de l'escassetat natural, quina influència es considera negligible. Les aproximacions basades en l'economia industrial també incorporaven en l'anàlisi la dimensió institucional, i especialment la relació entre la indústria i el poder polític, aspectes que guanyen importància a partir de 1973/74 amb el creixent protagonisme que assolix l'OPEP en el mercat del petroli. A partir d'aquest plantejament en la dècada dels 70 es consoliden dues línies teòriques. La primera d'elles, que és la que genera una major literatura, centra l'anàlisi en les configuracions de

tipus monopòlic/oligopòlic de la indústria. La segona aproximació, per la seva part, considera un entorn de tipus competitiu.

- Les aproximacions basades en el poder de mercat.

En l'enfocament de tipus monopòlic/oligopòlic els preus del petroli es determinen a partir del comportament dels productors. En aquest cas la diferència entre els preus i els costos marginals no es considera una conseqüència de l'escassetat natural del recurs deguda a la no renovabilitat ni el resultat de possibles rendes diferencials, sino que respon essencialment al poder de mercat exercit pels productors de manera col·lusiva. Aquest enfocament es basa, doncs en els models microeconòmics sobre la cartelització -amb diferents variants- per explicar la lògica dels preus del petroli de les darreres dècades.

En qualsevol indústria les pràctiques col·lusives dels productors es deuen a les avantatges que els hi atorga aquest comportament, al permetre l'apropiació d'una part de l'excedent dels consumidors. Tanmateix, en el cas del petroli, aquesta no és l'única possibilitat oberta als països que detenten les reserves de cru. En un règim d'explotació mitjançant concessions els països hostes poden capturar igualment una part de l'excedent dels consumidors mitjançant un impost sobre l'explotació. Griffin i Steele (1982) mostren que quan l'establiment d'un impost es tradueix en un preu d'equilibri proper del que s'obtidria amb la cartelització, els països hostes tenen un incentiu per comportar-se de manera col·lusiva, ja que l'excedent net que es guanya és superior al que en resultaria en un règim de concessió subjecte a l'imposició. L'anàlisi microeconòmica de tipus parcial permet determinar els guanys en cada situació, pel que és un referent útil per explicar les estratègies dels agents que intervenen en el mercat del petroli des de la dècada dels 60 i els canvis que tenen lloc amb posterioritat.

Ja hem vist que durant els anys 60 i a començament dels 70 el petroli s'explotava per les companyies multinacionals en règim de concessió i que els països hostes van utilitzar la fórmula de l'impost per augmentar la seva participació en els beneficis de l'explotació. En un règim de concessió, l'establiment de l'impost es pot interpretar com una mesura per compensar el cost futur degut a l'exhauribilitat del recurs, però és discutible que els països

hostes estiguessin preocupats per l'esgotament de les seves reserves de cru en la dècada dels 60 (134). Sembla més versemblant que l'impost s'utilitzés, simplement, per aconseguir un major volum d'ingresos. La conseqüència directa d'establir un impost sobre l'explotació és augmentar els preus, disminuir la demanda i transferir part de l'excedent del sector privat (consumidors, importadors, companyies multinacionals concessionàries) als països hostes. Convé remarcar que la pèrdua d'excedent del sector privat considerat en la seva globalitat és superior al que recuperen els països hostes i aquesta diferència és suportada per les generacions futures. Però pels països hostes l'aspecte rellevant és el guany net que obtenen en la nova situació.

L'altra alternativa que se'ls hi presenta als països hostes és la nacionalització de les societats estrangeres i la fixació d'un preu de monopoli. En aquest cas Griffin i Steele mitjançant la teoria microeconòmica de l'anàlisi parcial mostren que l'excedent total es redueix i també el que reb el sector privat (consumidors, importadors, companyies multinacionals concessionàries), però en canvi, l'excedent capturat pels països hostes és superior al que obtenien en una situació competitiva. Així doncs, en termes de la racionalitat microeconòmica, l'existència d'un escenari més favorable als seus interessos (malgrat la pèrdua total de benestar) és el que explica el procés de cartelització, la nacionalització dels actius estrangers en el sector i la fixació d'uns preus de monopoli a partir del 1973-74 per part dels països de l'OPEP en uns moments en que la demanda mundial de petroli presentava un considerable dinamisme.

Un cop establerta la nova configuració en el mercat del petroli, s'utilitzen les teories de la cartelització per explicar el seu funcionament. Les primeres versions corresponen al model del càrtel pur (sense distingir comportaments estratègics entre els diferents membres) i les anàlisi s'adrecen a determinar el marge de maniobra del càrtel per fixar els preus i mantenir una posició dominant, el que també comporta establir les condicions que garanteixen la se-

(134) L'augment en el nombre de concessions durant aquells anys suggereix que l'impacte de les concessions sobre l'extracció no era la preocupació més parentòria d'aquests països.

va cohesió. Pindyck (1979) i Salant (1982) s'han referit a aquesta qüestió pel que fa a l'estabilitat de l'OPEP durant els anys 70.

El primer factor favorable pel manteniment de la cohesió és l'existència d'un petit nombre d'ofers, i en aquest sentit les barreres d'entrada poden jugar un paper important per desincentivar la presència de nous productors. El segon aspecte és l'existència d'un recurs natural relativament homogeni, ja que l'heterogeneïtat pot provocar l'aparició de mercats captius i afectar la solidesa de l'acord col·lusiú. En tercer lloc, cal que la demanda sigui inelàstica, el que significa que no és possible desenvolupar substituïts (al menys a curt termini). En quart lloc, el nombre de compradors ha de ser elevat, ja que la monopolització de la demanda pot contrarestar el poder de mercat del càrtel. En cinquè lloc, el manteniment de la cohesió també requereix d'una relativa homogeneïtat d'interessos entre els diferents membres del càrtel al llarg del temps: quan augmenten les disparitats individuals (en matèria de reserves, plans de producció, necessitats de finançament) major és el risc de prioritzar els objectius individuals davant dels objectius comuns. Finalment, un aspecte crucial és l'acompliment dels acords en matèria de quotes, pel que cada membre renuncia a aprofitar-se individualment de la nova situació augmentant la producció més enllà del límit fixat.

Les condicions prèvies es refereixen a una situació ideal, i en la pràctica difícilment es donen en la seva totalitat, però l'existència d'un entorn consistent amb aquests requisits és el que explicaria l'estabilitat dels preus del petroli en el període 1973-78 en uns moments de manteniment de la demanda. Recordem que en aquells anys l'OPEP no constituïa pròpiament un càrtel "strictu sensu", ja que la seva actuació es limitava a fixar els preus. Les quantitats les determinava el mercat i l'OPEP no duia a terme cap repartiment de la producció entre els diferents països. En aquest sentit una qüestió interessant és per què l'OPEP va funcionar de manera acceptable quan es limitava a fixar els preus, i en canvi, fracassà en la seva temptativa de regular preus i quantitats durant la primera meitat dels 80. L'argument implícit en la teoria és simplement que els canvis en l'entorn van afectar negativament les condicions necessàries per garantir l'estabilitat i cohesió del càrtel. Així, mentre alguns factors es mantenen inalterables (homogeneïtat del producte, nombre

relativament elevat de compradors), d'altres es modifiquen de manera significativa. Especialment, la capacitat de resposta dels productors no-OPEP i les mesures d'eficiència energètica, evidencien que l'elasticitat de la demanda de petroli OPEP és relativament elevada a mig termini i això afebleix el control del mercat pel càrtel. És el moment en que es manifesta l'heterogeneïtat d'objectius entre els diferents països i s'activa el mecanisme d'autodefensa, prioritant l'interès propi sobre el col·lectiu i augmentant la producció més enllà de les quotes establertes. La manca de cohesió del càrtel comporta el retorn a una situació competitiva i la conseqüència d'aquest canvi en la configuració del mercat és, com estableix la teoria microeconòmica, una disminució progressiva dels preus.

El que acabem d'exposar indica que una de les limitacions de la teoria "pura" del càrtel aplicada al mercat del petroli és que no considera les interaccions que tenen lloc en el si de l'OPEP i que poden influir de manera decisiva en el resultat final. Per suplir aquesta carència l'anàlisi ha incorporat models d'oligopoli amb una empresa dominant, en la línia de Von Stackelberg. En aquests models se suposa que tots els productors, llevat el dominant, es comporten de manera competitiva, i així també s'eliminen les complicacions inherents al comportament cooperatiu. La primera versió de l'aplicació de la empresa dominant al mercat del petroli correspon a Mabro (1975a), però és sobretot amb el creixent protagonisme assolit per Aràbia dins de l'organització com a productor compensador en la primera meitat dels 80 quan aquest plantejament s'imposa per explicar els factors d'estabilització en el si de l'OPEP així com el comportament del mercat (135).

(135) D'una manera més general es podria considerar que el mercat del petroli es troba entre dos extrems que en l'àmbit analític correspondrien a la teoria pura del càrtel i a la teoria del productor dominant, sent les circumstàncies específiques de cada moment les que determinen la seva ubicació al llarg d'aquest interval. Un aspecte crucial al respecte és la consistència i grau d'acompliment dels acords cooperatius. Quan aquests funcionen, la teoria del càrtel es presenta sòlida. Quan fallen i Aràbia ha d'actuar com a productor regulador, llavors caldria recórrer a la teoria del productor dominant.

El productor dominant és l'encarregat de garantir l'equilibri del mercat mitjançant la seva actuació d'acord amb els objectius pre-establerts, pel que aquest productor ha d'acomplir diverses condicions: tenir un pes relatiu important (en termes de reserves i/o de producció potencial), una relativa autonomia respecte possibles fluctuacions del mercat (feble capacitat d'absorció, necessitats de finançament limitades), així com un cert marge de maniobra en la producció, que es reflecteix en els avantatges comparatius dels costos, i sobretot, en una flexibilitat en la utilització de la capacitat. En el cas del petroli la funció compensadora que s'atribueix al productor dominant, Aràbia, no rau tant en la seva participació en la producció total -que a començament dels 80 se situava en el 15%- com en la seva capacitat (exclusiva) d'ajustar-se a les oscil·lacions de la demanda mundial. El productor dominant també ha de conèixer la demanda a la que s'enfronta el càrtel així com la corba d'oferta dels altres membres de l'organització ja que és a partir d'elles que dedueix, per diferència, la demanda residual que li correspon. D'acord amb aquest plantejament, Aràbia va jugar en el període 1982-85 el paper de productor compensador al renunciar a maximitzar els propis beneficis, amb una producció sensiblement inferior a la que correspondria a una estratègia individual òptima, per mantenir els preus i evitar la desintegració de l'OPEP en una conjuntura en que bastants dels altres membres expandien la producció a uns nivells que depassaven la quota assignada. Va ser precisament la seva força com a productor dominant la que li va permetre esdevenir "productor marginal".

Com acabem de veure, la principal novetat dels models del productor dominant respecte la teoria pura del càrtel és que consideren productors marginals -en el sentit de preu-acceptants- a tots els països llevat Aràbia, de manera que aquests models introdueixen una primera diferenciació en el si de l'OPEP. Tanmateix, la seva capacitat per representar acuradament la realitat encara és limitada. Un aspecte important, com va fer palès l'actuació ofensiva de l'OPEP el 1979-80, és que el poder d'un càrtel per fixar els preus no és il·limitat: a partir de cert nivell es desencadenen reaccions per part d'altres agents, i aquestes poden alterar substancialment el resultat final en el mig termini.

Johany (1980) avança en la modelació de l'oferta al establir una ulterior diferenciació entre els productors. D'una banda, es refereix a un "nucli" dins de l'OPEP, format per aquells països amb una baixa capacitat d'absorció (Aràbia, Kuwait, i en menor mesura, Líbia).

D'altra part, i aquest és el punt més important, introdueix de manera explícita els productors no-OPEP en l'estructura del model, per reflectir la creixent importància que assolixen aquests països (mercès a l'existència d'uns preus internacionals del cru suficientment remuneradors). En la nova configuració l'oferta marginal està constituïda, doncs, pels països de l'OPEP que no formen part del nucli i els que no pertanyen a l'organització. Mentre la corba d'oferta d'aquests darrers es considera exògena, els països "marginals" de l'OPEP segueixen unes pautes segons les quals la producció varia inversament amb el preu quan el rati reserves/producció se situa per sota d'un cert nivell.

Els altres supòsits de la nova formulació són similars als de la teoria del productor dominant. Així, es manté el supòsit que els productors del nucli coneixen la demanda total, al igual que la corba d'oferta dels països marginals del càrtel i la dels productors externs. Aquesta darrera és la més important, ja que determina -per diferència respecte la demanda total- la part "residual" de la demanda que correspon al càrtel (o més exactament, als productors del nucli). Això permet aquests productors determinar el preu màxim a partir del qual tota la demanda se satisfà pels productors marginals i el preu mínim al qual els productors marginals no poden dur a terme la producció en condicions de rendibilitat i tota la demanda s'adreça a ells. D'acord amb aquest plantejament, el desplaçament cap a la dreta de la corba d'oferta dels productors externs a l'OPEP com a conseqüència dels preus vigents des del 1979 va comprimir progressivament la demanda residual i a l'hora va deprimir el preu "òptim" dels productors del nucli (entés com el que maximitza els beneficis), pel que davant d'un comportament estrictament maximitzador la pèrdua de quota de mercat de l'OPEP era inevitable. La defensa d'aquesta quota exigia unes reduccions dràstiques en els preus que l'OPEP no estava disposada a acceptar i que Aràbia intentà evitar en el període 1982-85 sacrificant part de la seva producció i dels seus ingressos. Els magres resultats assolits amb aquesta estratègia degut a la manca de disciplina en el si de l'OPEP (que comportà una sobreproducció respecte les quotes assignades) és el que va conduir a Aràbia el 1986 a desencadenar una guerra de preus per desplaçar els productors externs a l'OPEP, restablir la disciplina en l'organització i recuperar el mercat perdut des de començament dels 80 en els intents de mantenir la cohesió del càrtel. En termes de l'esquema que acabem d'exposar, la dràstica davallada dels preus aquell any seria simplement la

conseqüència de la decisió d'Aràbia de recomposar la seva posició en el mercat, per la qual cosa augmentà ràpidament la capacitat de producció fins a un punt que depassava abastament el nivell òptim, determinat per la igualtat dels costos i ingressos marginals. Aquest comportament "ineficient", tanmateix, constituïa simplement una estratègia ofensiva que pretenia establir la participació de l'OPEP en el mercat en uns nivells acceptables en el mig-llarg termini.

Malgrat les diverses qualificacions que s'han introduït en els models del càrtel amb un productor dominant, alguns experts consideren que la seva capacitat explicativa encara dista de ser satisfactòria. És el cas de Mabro (1992), qui, paradoxalment, va ser un dels primers economistes en aplicar aquest tipus d'esquemes a la indústria del petroli.

La primera observació de Mabro sobre la capacitat explicativa d'aquests models es refereix als diferents estats del mercat. El mercat del petroli presenta situacions alternes d'excés d'oferta i de demanda al llarg del temps. Les primeres constitueixen els episodis de major durada, mentre que els excessos de demanda es manifesten en períodes més curts de temps. El punt essencial és que els productors del nucli poden exercir el poder del mercat en situacions d'atonía de la demanda, però quan el mercat s'endureix, els productors del nucli perden la seva capacitat d'influència i és el propi mercat qui fixa els preus. Seguint aquest raonament, Mabro considera que els increments de preus de 1973-74, 1979-80 i 1990 foren essencialment fenòmens conduïts pel mercat, mentre el nucli de l'OPEP exercí el poder de mercat en els períodes 1974-78 i 1981-85, quan bastants analistes diagnosticaven la dissolució de l'organització. En aquest sentit, Mabro reprèn un argument exposat amb anterioritat (Mabro, 1981) que sustenta que l'OPEP juga un paper efectiu quan el mercat és feble, però que és la pròpia OPEP qui esdevé feble quan el mercat s'endureix.

Feta aquesta qualificació, Mabro analitza quin ha estat el comportament dels països del nucli de l'OPEP. Les dues alternatives que se'ls hi presenten a aquests països són, en primer lloc, establir un pla de producció, que ha estat l'interès prioritari des del 1987; l'altra possibilitat és fixar directament el preu, estratègia que es va implementar entre 1973 i 1985. En aquest darrer cas l'aspecte crucial pel nucli de l'OPEP és determinar el volum de demanda

residual associada al preu fixat. En canvi, la primera estratègia presenta més complexitat ja que l'establiment de qualsevol pla de producció ha de tenir en compte l'efecte induït sobre els preus. Donada la demanda, el preu resultant dependrà, d'una banda, de l'estratègia de producció dels països del nucli, però també de la resposta dels productors marginals, que es consideren preu-acceptants. En aquest sentit, els països del nucli poden suposar que els productors marginals operaran a plena capacitat a curt termini, però igualment han de considerar els efectes del preu sobre la seva capacitat a llarg termini, com l'experiència de 1979-80 va posar de manifest.

L'establiment d'un pla de producció sembla tenir l'avantatge de permetre als productors del nucli determinar la taxa desitjada d'utilització de la capacitat i d'aquesta manera evitar actuar com un productor residual. Però segons Mabro aquest és un avantatge fictici, ja que només és cert si els productors del nucli són indiferents al preu resultant. Tanmateix, si el preu importa -com succeeix en la realitat- i el pla de producció està lligat a un objectiu de preus, els productors del nucli no poden evitar esdevenir residuals. I en aquest cas el pla de producció no és sino una temptativa a priori del volum de demanda residual consistent amb l'objectiu de preus.

En la pràctica, en ambdues situacions (establiment d'un pla o fixació del preu) el problema que enfronten els productors del nucli es compatibilitzar una taxa d'utilització de la capacitat i un preu que se situen entre dos extrems (els límits que els models estableixen de manera automàtica). D'una banda, un límit superior que està determinat per la capacitat dels productors del nucli (si la demanda residual excedeix la seva capacitat, els productors del nucli perden el control sobre els preus, i per tant, deixen de ser "preu-fixadors"). D'altra part, un límit inferior, no massa ben definit, i que requereix d'un acord sobre la quota de mercat (cal especificar quin és el mínim acceptable pel nucli) i també sobre els ingressos, ja que la demanda residual podria ser tant petita que defraudés l'objectiu d'ingrés subjacent a un preu determinat.

L'argument central de Mabro és que és gairebé impossible avaluar per endavant el comportament de la demanda residual quan es fixa un preu o s'estableix un pla de producció, perquè, a diferència del que se suposa en els models del productor dominant, el preu no és l'única variable que influeix en l'oferta dels productors marginals i en la demanda dels

productes derivats del petroli, que és el que condiciona la demanda de cru. Així, la producció efectiva del grup marginal està determinada per una capacitat que és el resultat de descobriments i desenvolupaments passats, i la producció corrent deguda a una capacitat creada en el passat no és gaire sensible a variacions en els preus, àdhuc si aquestes fluctuacions són fortes. Pel que fa a la demanda, el seu comportament depèn d'una diversitat de factors que van des del creixement econòmic fins a l'estructura impositiva de cada país, sense oblidar un aspecte cabdal: els recursos no renovables (i especialment els energètics) es consideren mercaderies estratègiques -sobretot pels països desenvolupats, que en són deficitaris en la seva dotació-, pel que cal considerar l'impacte de les polítiques de conservació i substitució entre recursos, que depassen els criteris de valoració "òptima" a partir dels preus.

Com a conseqüència de tot això, els productors del nucli es poden trobar amb un augment considerable de la producció del grup marginal deguda a causes exògenes, i si aquesta expansió coincideix amb la presència de factors esmorteïdors pel costat de la demanda (estancament econòmic, mesures de conservació, progrés tècnic que afavoreix la substitució), la demanda residual adreçada a ells serà petita, com succeí en el període 1981-87. En sentit contrari, una disminució de la producció del grup marginal (com s'esdevingué el 1990), l'acumulació d'existències (1979-80) i l'augment de la demanda deguda al creixement econòmic (1972-73), poden fer que la demanda residual sigui gran i excedeixi la capacitat de producció del nucli. A partir d'aquí s'arriba a la idea clau de l'argumentació de Mabro: la demanda residual és la variable crítica pels productors del nucli i el preu -sigui fixat directament o mitjançant un pla de producció-, que és l'únic instrument per assolir un objectiu d'ingrés, no regula la demanda residual directament (com suggereix la teoria del productor dominant), sino que l'impacte té lloc per vies indirectes que s'escapen al control dels països del nucli.

Aquesta correlació imperfecta entre preu i demanda residual té diverses conseqüències. En primer lloc, que la maximització d'ingressos que postula la teoria (i que segurament voldrien els productors del nucli) no és del tot creïble. Cal conformarse amb un "second best": assolir uns resultats millors que els que s'obtidrien en una situació competitiva, però que difícilment seràn "òptims". En segon lloc, els desenvolupaments de l'oferta i la demanda

que només estan influïts pels preus poden conduir, paradoxalment, a excessos d'oferta i de demanda si aquests desenvolupaments se sumen a factors externs que actuen en la mateixa direcció, accentuant-se les fluctuacions.

Les consideracions anteriors no signifiquen que en el mercat del petroli els preus no siguin importants. Ho són, però segons Mabro només constitueixen una part del problema. Factors de tot tipus (geofísics, polítics, econòmics) que afecten també l'oferta i la demanda estan subjectes a canvis que són independents dels preus establerts pels països del nucli, i això, més que el comportament d'aquest grup de productors, és el que explica les diferents "crisi" en el mercat del petroli els darrers 25 anys. Aquestes crisi estigueren provocades bàsicament per augments en la demanda combinats amb una reducció de l'oferta del grup marginal o per la situació inversa, però no pels efectes dels preus -que es manifesten mitjançant les elasticitats- al llarg de les corbes d'oferta i de demanda. Així, els xocs de preus (1973-74, 1979-80 i 1990) apareixen com una conseqüència de la impossibilitat d'ajustar la capacitat de producció a la demanda residual per part dels productors del nucli, i un cop absorvida aquesta inestabilitat episòdica el mercat torna a una situació de normalitat. Llavors, els canvis en la demanda residual no es poden atribuir -com fa la teoria- a estratègies diferents de preus dels productors del nucli, ni es pot considerar tampoc que aquests canvis siguin una conseqüència d'actuacions errònies dels mateixos productors, ja que el preu "correcte" només es pot conèixer "ex-post".

- Les aproximacions de tipus competitiu.

Enfront dels models que emfasitzen el comportament essencialment monopolístic o col·lusiu pel costat de l'oferta, des de mitjans dels 70 es desenvolupen uns models alternatius que no imposen restriccions a l'actuació dels agents individuals, ja siguin degudes a l'existència d'acords o d'altres causes. Un factor comú d'aquests models és que postulen que en el mercat del petroli no existeix un excés d'oferta a preus elevats, pel que no hi han motius per a les estratègies col·lusives.

En alguns models es considera que durant la dècada dels 70 l'OPEP no tenia un incentiu per intensificar la producció després de l'augment de preus, i precisament per això no

constituïa un càrtel (Crémer i Salehi-Isfahani, 1980). La raó adduïda per explicar la manca de reacció de l'OPEP a preus més elevats és que els principals països membres, degut a la baixa capacitat d'absorció, generaven més ingressos dels que podien invertir. En aquesta situació és possible obtenir una corba d'oferta de pendent negativa que pot conduir a múltiples equilibris en el mercat, dels que només una part representen situacions estables. D'acord amb Crémer i Salehi-Isfahani, al no existir un excés d'oferta a preus elevats, l'OPEP es podia abstenir de jugar cap paper en la coordinació de la producció, però en canvi, havia de desenvolupar un altre funció crítica: actuar com agent instrumental en la formació de les expectatives sobre els preus. La idea és que després d'un augment de preus (cas del 1973-74 i el 1979-80), els productors només estarien disposats a limitar la producció si s'esperava que el seu nivell es mantingués elevat durant un període considerable. D'altra banda, si les expectatives van en la direcció contrària i es considera que l'increment de preus només és un fenomen esporàdic al que seguirà en el curt-mig termini una davallada que resituarà els preus en el nivell anterior, aleshores els productors aprofitaran la situació de preus elevats per augmentar la producció i contribuïran a la materialització de les expectatives de manera anticipada: la disminució de preus serà més ràpida del que s'havia previst. En aquest context, l'OPEP jugava el paper essencial de vehicular i suportar les expectatives.

Un aspecte remarcable és que els models competitius no especifiquen com es formen les expectatives, malgrat que això és crucial per determinar el resultat final. A desgrat d'aquesta carència, Crémer i Salehi-Isfahani consideren que una de les principals diferències entre el funcionament del mercat del petroli i d'altres mercats de recursos naturals és precisament la manera en que operen les expectatives. Com ja hem esmentat en el capítol anterior, l'evidència empírica indica l'existència de comportaments cíclics bastant definits en l'evolució dels preus de la majoria de recursos no renovables, i especialment dels minerals no combustibles, pel que les oscil·lacions formen part del seu funcionament normal. Però aquesta no és la situació habitual en el cas del petroli (almenys no ho havia estat fins a començament dels 80). En aquest sentit, és significatiu que en el bienni 1973-74, els preus de diversos minerals es multipliquessin per un factor d'entre 2 i 4, i en alguns recursos, com el zinc, l'increment àdhuc fos superior al del petroli. Però per aquests recursos

fluctuacions similars ja havien tingut lloc les dècades anteriors. En el cas del petroli, tanmateix, els preus no van experimentar cap tipus d'oscil·lació –en el sentit cíclic del terme– abans del 1973, circumstància que s'atribueix al paper de les "set germanes". L'experiència prèvia –absència de fluctuacions– i la psicosi de "crisi energètica" són les principals causes que, segons Crémer i Salehi-Isfahani, varen condicionar la formació d'expectatives, i convenceren a l'OPEP que el canvi en els preus del 1973-74 seria permanent. Aquest convenciment estava reforçat per la creença externa que l'OPEP era un càrtel poderós –idea a la que havia contribuït de manera directa la pròpia OPEP– i que, per tant, seria capaç de mantenir els preus en el nou nivell, de manera que s'eliminaven els incentius per augmentar la producció. A partir d'aquests models l'augment de preus del 1979-80 s'explica pel quasi paral·lelisme de les corbes d'oferta i de demanda a uns preus elevats (per damunt dels 30 \$/barril), mentre la disminució de preus del 1986 seria la conseqüència, simplement, de l'excés d'oferta al nivell de preus fixat amb anterioritat. Així, les corbes d'oferta i de demanda s'haurien allunyat progressivament a mesura que els productors augmentaven la seva capacitat d'absorció i es reduïa la demanda de petroli dirigida a l'OPEP.

Majors dificultats sorgeixen per explicar amb aquest esquema les respostes dels països de l'OPEP a l'augment dels preus del 1979-80, ja que mentre Aràbia reaccionà amb una expansió de la producció, Kuwait –per citar els dos principals productors– ho va fer en sentit invers. Una altra aportació de Crémer i Salehi-Isfahani (1989) es refereix a aquesta qüestió. Els autors es mantenen en la línia argumental prèvia i atribueixen les diferents reaccions a la desigual percepció del significat de l'increment dels preus per cada país, és a dir, novament a la formació de les expectatives. Així, l'explicació és que Aràbia va percebre l'increment de preus simplement com un esdeveniment temporal mentre per a Kuwait el nou nivell tenia un caràcter permanent. Sense entrar a valorar la versemblança de l'argument, el cert és que presenta la coartada perfecta, ja que les discrepàncies entre els fets i la teoria sempre es podrien explicar per l'heterogeneïtat –o inexactitud– de les expectatives dels agents. Això evidencia una de les principals limitacions d'aquests models, i és que confien en les expectatives però no les determinen, de manera que qualsevol resultat es pot atribuir a la diversitat d'expectatives.

Una explicació diferent al mateix fenomen -la restricció de la producció a preus elevats- té lloc per la via dels models que basen l'argumentació en els drets de propietat i que es desenvolupen com a resposta a l'augment dels preus del 1973-74. Aquests models han estat desenvolupats per Mabro (1975b) i Mead (1979) i es basen en la idea que els països propietaris de les reserves tenen una taxa de descompte inferior a la de les empreses explotadores, ja que els seus drets sobre el petroli són més segurs. També s'argumenta que tenen un accés més restringit als mercats de capitals i que les seves possibilitats d'invertir els ingressos del petroli són més limitades. En conseqüència, a un preu donat desitjen produir menys que les societats transnacionals. D'una manera més concreta, Erikson (1980) considera que la font de les divergències entre les taxes d'explotació preferides pels governs i per les companyies privades és la temença d'aquestes a l'expropiació. Els països hostes prenen com a referència un horitzó temporal més dilatat, i en conseqüència, voldrien produir a una taxa determinada pel tipus d'interès, inferior a la que les empreses estrangeres, susceptibles de nacionalització, descompten els beneficis futurs de les concessions. Així, degut a la progressiva transferència del control de la producció que s'inicia durant la dècada dels 60, la corba d'oferta es desplaça a l'esquerra resultant-ne uns preus més elevats i una quantitat menor. Des d'aquesta perspectiva, el xoc de 1973-74 s'ha d'entendre simplement com la intensificació d'un procés que s'havia iniciat amb anterioritat.

Aquest plantejament suggereix, doncs, que els drets de propietat són un determinant important de l'oferta, però això no significa que siguin l'únic referent dels productors. Els drets de propietat poden haver estat un element influent en la nova configuració de l'oferta a començament dels 70 i, indirectament, en el comportament de la resta de variables rellevants, però disten molt de ser el factor que pugui determinar "per se" l'evolució del mercat del petroli els darrers 25 anys. Admetent la validesa dels enfocaments basats en els drets de propietat, la seva aplicabilitat quedaria limitada als esdeveniments de 1973-74.

7.2.3. L'aproximació a partir dels enfocaments neoricardians.

Enfront dels esquemes que acabem d'exposar, que se situen dins de l'anàlisi econòmica estàndar, Roncaglia (1983) proposa una aproximació diferent per explicar el funcionament del mercat del petroli. La seva aportació se situa dins de l'enfocament de l'excedent, en la línia de l'economia clàssica (fisiòcrates, Ricardo, Marx, Sraffa), oposada a la visió marginalista de l'escassetat i en la que la interacció simultània de l'oferta i la demanda en el mercat permet determinar els preus i quantitats d'equilibri. En la versió clàssica, mitjançant el procés de transformació es genera un excedent sobre la dotació inicial d'inputs al final del cicle productiu, quan es determinen els preus de reproducció. La particularitat d'aquest plantejament rau en que la distribució de la renda entre els salaris i els beneficis, les taxes d'acumulació del capital i les taxes de creixement de l'output es determinen de manera independent dels preus, de manera que el seu comportament es pot explicar per la influència de factors extraeconòmics (de tipus polític, social, històric). Enfront de l'enfocament de l'excedent, l'aproximació marginalista s'interessa per la determinació simultània de preus i quantitats en situacions d'equilibri (general o parcial) a partir de les preferències dels consumidors, la tecnologia disponible i la dotació inicial de recursos.

El punt de partida de l'anàlisi de Roncaglia és que són les formes oligopolístiques i no les competitives les que constitueixen la representació més adequada per explicar el funcionament del sector del petroli. Però en aquest cas la configuració oligopòlica adopta unes característiques especials, i reb un tractament diferent del que tenia en les aproximacions basades en l'economia industrial convencional. Roncaglia contempla el mercat del petroli com un oligopoli trilateral en el que els actors que intervenen són els països productors, les empreses multinacionals i els països consumidors. Per això és necessari considerar tant les relacions entre els diversos grups com les relacions que s'estableixen dins de cada grup entre els diferents individus. En aquest sentit, un aspecte important són les possibles situacions d'oligopoli intern. Per exemple, si dins d'un grup, uns pocs agents -pel poder que exerceixen en el si del grup- tenen capacitat d'influir en el resultat del mercat, mentre la resta només ho poden fer si actuen de manera conjunta. Així, el resultat final serà una

conseqüència de la interacció entre els diferents grups però estarà mediatitzat per la relació de poder dins de cada grup.

Pel que fa a la configuració i comportament dels productors, Roncaglia desenvolupa la seva anàlisi a partir de la teoria de l'oligopoli de Sylos-Labini (1966), segons la qual les barreres d'entrada i els canvis que experimenten aquestes barreres al llarg del temps determinen la diferència entre la taxa de benefici sectorial i la competitiva (que a llarg termini, hom pot associar al tipus d'interès). Indirectament, les condicions d'entrada també influeixen en preus, ja que qualsevol moviment en els preus no relacionat amb el progrés tècnic o amb modificacions en les variables distributives s'explica precisament per canvis en aquelles condicions.

Les condicions d'entrada poden ser distintes per cada configuració oligopolística. En el cas dels recursos no renovables la forma més habitual és l'oligopoli concentrat, en el que les barreres a la presència de noves empreses es manifesten en forma d'una elevada dimensió mínima en relació a la grandària del mercat. I aquesta barrera d'entrada és el que permet exercir el poder de mercat a les empreses que ja estan en funcionament. Però pel mateix motiu -l'elevada dimensió mínima-, l'entrada d'un nou competidor comporta una davallada de preus, ja que provoca un augment considerable en la producció total. Per això en els sectors oligopolístics el preu d'un recurs no renovable està determinat per les condicions tècniques de producció, les variables distributives i la severitat de les barreres d'entrada. En el cas d'un oligopoli concentrat, les barreres a l'entrada, per la seva part, depenen de la tecnologia (que determina la dimensió de les plantes i per aquesta via els avantatges de les grans empreses sobre les PIMES), de la dimensió del mercat, de l'elasticitat de la demanda i de la seva taxa de creixement. L'actuació conjunta d'aquests factors permet diversos equilibris, que es manifesten en diferents configuracions del sector (nombre d'empreses, grandària), i a partir d'aquí, en diferents preus del recurs. En aquest context, l'estratègia adoptada per les grans empreses exerceix una influència directa per determinar quin és l'equilibri final d'entre el ventall de resultats possibles.

Després d'identificar els condicionants de les empreses, Roncaglia considera el sector del petroli com un oligopoli trilateral i es refereix als elements que fan que el seu preu depassi el preu teòric mínim que correspondria a una situació de competència perfecta.

El nivell de preus i la seva evolució estan influïts, en primer terme, pels costos de producció, però també són importants les condicions d'entrada de nous competidors, les relacions de poder entre els tres grups i les relacions de poder dins de cada grup. En aquest sentit, el resultat del mercat depèn tant de la capacitat negociadora de cada grup de participants respecte dels altres com d'una diversitat de factors de tot tipus (naturals, institucionals, tecnològics, etc) que determinen el grau de concentració i de poder dins de cada grup. Així, la grandària de les barreres d'entrada, d'una banda, i el grau de control oligopolístic del mercat pels diferents actors (països productors, empreses multinacionals, països consumidors), per l'altra, és el que explica l'excés del preu sobre el preu mínim (preu de competència perfecta a llarg termini). Aquest preu s'associa al cost mig de producció -incloent-hi els costos d'exploració i desenvolupament- dels dipòsits menys rendibles per abastir la demanda més la taxa de benefici competitiu a llarg termini, bé que, com ja hem comentat, a curt termini el preu pot disminuir fins a situar-se al nivell dels costos variables (136).

Una distinció fonamental en l'anàlisi de Roncaglia sobre el mercat del petroli és la del curt i mig/llarg termini. Aquesta distinció es justifica per la transició que va experimentar el sector del petroli a començament dels 80 com a conseqüència dels canvis estructurals que s'inicien en la dècada anterior. Com hem vist, aquests canvis van donar lloc a un augment del poder dels països productors (amb la nacionalització dels actius estrangers), mentre disminuïa la capacitat de maniobra de les empreses multinacionals, que fins llavors havien ac-

(136) A partir dels costos variables Sylos-Labini estableix el preu d'exclusió i el preu d'eliminació. El preu d'exclusió és el preu mínim (que s'espera prevalgui després de l'entrada en el mercat) al que un nou productor consideraria convenient introduir-se en el mercat. Per la seva part, el preu d'eliminació seria el preu mínim necessari per evitar que les empreses que ja operaven en el sector l'abandonin.

tuat de manera coordinada. Això conduí a un trencament de l'equilibri existent en la correlació de forces, iniciant-se un procés de transició cap a una nova distribució del poder entre els diferents grups. El resultat final depèn de les estratègies adoptades per cada actor durant la transició, i com és habitual en les formes oligopolístiques, comporta una nova situació d'equilibri estable, però plurideterminada. En aquest context, l'objectiu de l'anàlisi a curt termini és identificar els possibles esdeveniments en un sector sotmés a canvis estructurals, mentre que l'objectiu de l'anàlisi en el llarg mig/termini és determinar l'equilibri final -entre els diferents equilibris possibles- en la configuració del mercat. Per respondre aquestes qüestions, Roncaglia considera, d'entrada, les possibilitats que ofereix l'enfocament marginalista.

La primera consideració es refereix a l'àmbit d'aplicabilitat de la teoria. A curt termini, els preus depenen dels costos variables de producció. En el cas del petroli aquests costos són bastant inferiors als preus i romanen constants. Llavors, canvis en la demanda comporten modificacions al voltant del nivell "normal" d'utilització de la capacitat, sempre que aquests canvis tinguin una durada limitada, es puguin preveure i el seu caràcter sigui transitori i el mercat es trobi en una situació estable. Però pels motius abans esmentats, no es pot considerar que aquest fos el cas del mercat del petroli a començament dels 80, ja que tot just s'acabava de trencar l'equilibri previ entre els diferents actors basat en el control de les empreses multinacionals.

En aquesta situació de transició apareixen diversos factors que condicionen el resultat del mercat. Pel costat de l'oferta, la lluita per augmentar la participació en el mercat, per exemple, pot conduir a canvis en l'estratègia de producció. Pel costat dels consumidors, les modificacions en les seves expectatives sobre la situació dels productors (per exemple, l'estabilitat política d'alguns països) pot influir en les decisions sobre els inventaris i provocar alteracions significatives en la demanda. L'argument de Roncaglia és que en moments de transició cap a una nova situació d'equilibri, els preus del petroli estan determinats pels moviments de l'oferta i la demanda, com estableix l'anàlisi convencional. En aquest cas concret, la principal raó és la incertesa en l'entorn després del 1973-74, que impedeix identificar les respostes habituals de l'oferta i la demanda (és a dir, les que tindrien lloc en una situació d'estabilitat) als valors corrents del preu i la renda. Però precisament perquè

aquestes respostes constitueixen manifestacions "irregulars", Roncaglia considera que no es poden utilitzar per dur a terme prediccions, ja que els valors que enregistren els preus reflecteixen una situació d'excepcionalitat, com correspon a les fases de transició.

A banda de les limitacions que Roncaglia atribueix a l'enfocament marginalista pel que fa al seu àmbit d'aplicabilitat, també introdueix qualificacions en el terreny analític. En els models convencionals la demanda de petroli depèn essencialment del preu i de la renda del país consumidor, que juntament amb d'altres factors exògens, determinen la quantitat produïda. La condició d'igualtat entre l'oferta i la demanda s'utilitza per obtenir l'evolució dels preus en una situació d'equilibri, i a partir d'aquí es poden detectar possibles situacions d'excés d'oferta o de demanda en el mercat. Roncaglia considera que aquest plantejament adoleix de dues limitacions. La primera coincideix amb l'argumentació de Mabro, i es refereix al caràcter derivat de la demanda de petroli, que fa que la seva vinculació amb els preus sigui indirecta (137). La segona limitació és de tipus conceptual, i és que en condicions no competitives és incorrecte considerar que l'oferta és independent de la demanda. L'aspecte rellevant és l'existència d'un excés de capacitat (consubstancial a les situacions oligopòliques, ja que opera com una barrera d'entrada), que permet adaptacions de l'oferta a la demanda a curt termini sense variar els preus, com succeeix amb el cas del petroli. En la mateixa línia, també seria factible incrementar la capacitat a mig/llarg termini en noves àrees a costos mitjans inferiors als de bastants dipòsits en explotació (la qual cosa permetria igualment mantenir els preus estables). Segons Roncaglia, aquestes circumstàncies fan que els canvis en l'oferta i la demanda s'hagin d'inserir en el marc del joc oligopolístic entre els tres grups. I aquí el principal factor per determinar els preus és el grau de control que exerceix sobre el mercat cada grup: les possibles trajectòries d'oferta i demanda tendeixen a reflectir diferents situacions en el poder relatiu dels tres grups.

(137) Com ja hem vist, la demanda de petroli en brut depèn de la de productes refinats, però el preu d'aquests productes no necessàriament ha de presentar una relació directa amb el del petroli en brut, ja que s'interposen diversos factors: els impostos sobre la producció dels derivats, els marges del refinament i la distribució, els costos de transport, etc.

Un cop definit el marc teòric en el que convé situar els esdeveniments, l'anàlisi se situa en l'àmbit de la prospectiva, amb l'objectiu d'identificar possibles escenaris per l'evolució dels preus del petroli (Roncaglia, 1985. Com el nivell dels preus depèn sobretot de la capacitat decissòria dels diferents agents i de les seves estratègies davant de circumstàncies concretes, el plantejament de Roncaglia s'adreça més a acotar els marges en els que els esdeveniments poden succeir que en oferir un resposta concloent sobre el comportament d'un mercat de naturalesa complexa.

A partir d'aquesta idea Roncaglia considera tres escenaris a curt termini. El primer d'ells, l'escenari de crisi, es caracteritza per una reducció acusada de la producció com a conseqüència de la conjuminació de diversos factors (polítics: extensió de la inestabilitat als països del Golf; ecològics: generalització de l'impacte mediambiental degut a l'explotació del cru) que donen lloc a una explosió dels preus i requereixen d'una intervenció àmplia, especialment per part dels països consumidors, per esmorteir l'impacte de l'escassetat. Tanmateix, Roncaglia atorga poques probabilitats a aquests esdeveniments pel que l'escenari de crisi té un interès purament especulatiu.

Més atenció mereix l'escenari del col·lapse, que reflecteix una situació oposada a l'anterior: un enfonsament del mercat degut a l'excés de producció sense que Aràbia jugui el paper de productor compensador. Roncaglia associa aquesta situació a diversos factors. D'una banda, el retorn de l'estabilitat política a l'Orient Mitjà, amb el restabliment dels nivells d'explotació normals per dos importants productors, cas de l'Iran i Irak. D'altra part, a la intensificació de l'explotació en aquells països més necessitats de finançament extern. Finalment, a una situació d'estancament econòmic general combinat amb l'aplicació de mesures d'eficiència energètica i el desenvolupament de substituïts del cru.

El més destacable de la nova conjuntura és que un cop s'ha desencadenat algun mecanisme que pressioni els preus a la baixa, la tendència podria autoalimentar-se. És el que succeiria, per exemple, amb l'actuació dels països exportadors de petroli amb una població elevada, importants programes d'industrialització en marxa -de difícil interrupció- i un fort endeutament internacional (cas de Mèxic, Nigèria, Indonèsia): per mantenir inalterat el flux d'ingressos en divises després de la davallada dels preus, aquests països tendrien a expandir continuament la producció, agreujant els desequilibris del mercat. En aquesta

situació, els preus poden disminuir per sota dels costos dels productors marginals, però com ja hem vist en el capítol anterior, això no significa necessàriament que la producció retrocedeixi; més aviat podria succeir el contrari, ja que les empreses intensificaran l'explotació per recuperar una part dels costos fixos i minimitzar les pèrdues. Paradoxalment, doncs, la caiguda dels preus provocaria un augment, enlloc d'una disminució de la producció.

La magnitud de l'impacte en aquest escenari depèn, en bona part, de l'actuació de les empreses que es troben aigües avall en la cadena. D'una banda, cada empresa individualment malda per una reducció dels preus, ja que així disminueixen els costos de refinament. Però més enllà d'aquest punt té lloc una disparitat d'interessos entre les grans corporacions multinacionals i la resta de transformadors de cru (empreses públiques dels països consumidors, essencialment). Les grans empreses, àdhuc després de la nacionalització de començament dels 70, mantenen la propietat de quantioses reserves (especialment als Estats Units, però també a d'altres països hostes), pel que una caiguda dràstica del preu del cru provocaria elevades pèrdues de capital. Addicionalment, les seves pèrdues augmentarien degut a la rigidesa dels preus fixats en els contractes a llarg termini amb els països hostes. Llavors, encara que cada empresa individualment podria considerar avantatjosa una disminució dels preus, aquesta disminució no seria de l'interès conjunt de les grans corporacions multinacionals.

Finalment, l'escenari del col·lapse, malgrat que pugui ser el resultat de l'actuació d'alguns països productors, va contra els seus propis interessos com a grup, i de fet, l'experiència mostra que han estat els mateixos països els que han intervingut per reconduir la situació enfront de conjuntures conflictives com les que acabem d'exposar (com succeí en la primera meitat dels 80). Roncaglia també contempla la possibilitat d'una guerra de preus com a detonant del col·lapse, però considera que si aquesta guerra es desencadena tindria un caràcter excepcional i amb la finalitat d'acabar amb situacions anòmales en el mercat. És cert que una guerra de preus fins a les darreres conseqüències eliminaria la major part dels països productors i només els països del Golf restarien operatius. Tanmateix, perquè això succeís, la davallada dels preus hauria de ser d'una magnitud que afectaria negativament -i de manera significativa- els ingressos dels productors supervivents, pel que ni tan sols

aquests, aparentment els únics beneficiats, tenen cap interès en que es dugui a terme (l'actuació d'Aràbia el 1986 -amb una guerra de preus limitada- sembla configurar aquesta idea). Aleshores, pels efectes perversos que comportaria sobre dos dels tres grups d'actors (països productors i empreses multinacionals), l'escenari del col·lapse -amb una davallada progressiva dels preus fins al nivell dels costos dels productors amb reserves a baix cost- tampoc apareix com el més factible.

El tercer escenari consisteix en una situació d'estabilitat amb una disminució lenta dels preus en termes reals. El context que considera Roncaglia és el d'un ritme de creixement moderat en els països industrialitzats i un augment gradual de l'oferta per part dels nous productors. En aquestes circumstàncies atribueix un paper fonamental a l'actuació d'Aràbia per la seva posició en el mercat del petroli i en l'entorn econòmic internacional. L'hegemonia d'Aràbia s'explica, d'una banda, per la grandària de les reserves i els baixos costos de producció. Però són igualment importants altres factors: la baixa densitat de població -que l'eximeix de dur a terme amplis programes d'industrialització i elimina la pressió sobre els ingressos externs- i l'elevada disponibilitat d'actius a l'estranger, que generen una rendibilitat que li permet finançar les importacions àdhuc en situacions depressives del mercat.

A partir d'una situació de domini, Aràbia està en condicions d'expressar les seves preferències. A diferència d'altres països productors, Aràbia no té especial interès en maximitzar els beneficis a curt termini. Les seves opcions passen per uns preus moderats que desincentivin el desenvolupament de recursos substitutius i l'explotació intensiva dels dipòsits de cost elevat. D'altra part, uns preus del petroli moderats són un factor d'estabilitat econòmica pels països industrialitzats i això també constitueix un dels objectius d'Aràbia degut a les quantioses inversions realitzades en aquells països.

La teoria de l'oligopoli postula que l'excés de capacitat és inherent al lideratge en el mercat. D'una banda, perquè opera com una barrera d'entrada, però també perquè és l'instrument per regular la producció diària i influenciar els preus. En el sector del petroli, Aràbia és l'únic país que té aquesta prerrogativa. L'excés de capacitat li permet actuar com a productor compensador dins de l'OPEP i mantenir l'ordre intern, i al mateix temps, garanteix als països consumidors que eventuals crisi a d'altres països productors no provocaran un xoc en el mercat. Això fa que un cop definida la seva estratègia, aquesta s'interpreti com a

versemblant per a la resta d'actors. Pel que fa a la producció, l'interès d'Aràbia és mantenir un nivell propi elevat, amb una quota de mercat considerable, per assegurar-se que una retirada -especialment si és sobtada- del mercat provocaria greus problemes als països consumidors. Es tracta, simplement, de crear vincles de dependència amb un alt nivell d'exportacions, el que comporta obviar els requeriments d'altres països de l'OPEP per reduir les vendes a l'exterior. El resultat d'aquest escenari és una disminució gradual dels preus reals i una estabilització/leuger augment dels preus corrents en consonància amb l'anomenada "fòrmula Yamani": indexar els preus del petroli per la renda nominal dels països industrialitzats partint d'un nivell baix. Això facilita el desenvolupament gradual de noves reserves, pel que també afavoreix un creixement estable del sector, i demora la substitució al llarg termini. En definitiva, el poder d'Aràbia entre els diferents actors que intervenen en el mercat del petroli li permet dissenyar una estratègia que satisfà els seus interessos i que a l'hora és compatible amb els interessos dels altres agents, al garantir un creixement sostingut en un marc d'estabilitat. I aquesta sintonia d'interessos és el que augmenta la probabilitat de que aquest sigui l'escenari que s'esdevingui. Resulta il·lustratiu que -amb l'excepció puntual del 1990-, aquesta hagi estat la tendència del mercat des de la guerra de preus iniciada per Aràbia el 1986.

Després d'especificar els possibles escenaris a curt termini, la darrera qüestió que enfronta Roncaglia és identificar les característiques de la nova configuració d'equilibri a mig/llarg termini i el seu impacte sobre l'evolució dels preus. En la teoria de l'oligopoli de Sylos-Labini, els preus a llarg termini es determinen pels costos mitjans de producció -incloent-hi els costos d'exploració i desenvolupament- més uns beneficis que estan associats al grau de control oligopolístic dels països productors, és a dir, a la grandària de les barreres d'entrada. Roncaglia suposa que els costos de producció en termes reals es mantindran estables ja que el progrés tecnològic pot compensar la disminució gradual en la qualitat dels dipòsits. A més, la substancial diferència entre els preus i els costos mitjans de producció suggereix que els principals canvis provindran d'aquesta diferència (més que no dels costos), que proporciona el marge de maniobra suficient per culminar la transició en el mercat i assolir un nou equilibri.

Les possibles configuracions d'equilibri depenen de l'escenari que ha seguit el mercat. Així, l'escenari del col·lapse derivaria en una configuració competitiva del sector. La pèrdua de control del mercat dels països productors i les companyies transnacionals consolidaria els mercats "spot" i donaria lloc a l'expansió de mercats de futurs. Com ja hem vist, aquesta situació, juntament amb l'elevada relació costos fixes/costos variables en l'explotació comportaria una contínua inestabilitat en l'evolució de preus i quantitats, indesitjada pels tres grups d'agents, i obligaria a una intervenció sistemàtica per estabilitzar el mercat.

L'escenari de l'estabilitat, per la seva part, permet als principals països productors mantenir la participació en el mercat mundial del cru i a les empreses multinacionals consolidar l'hegemonia en els productes derivats. Un sistema d'acords a llarg termini entre ambdues parts acompanyat d'un acord subsidiari entre les empreses per ajustar les seves necessitats (en cas d'excés o manca de cru) pot ser l'instrument adequat. Els països productors evitaran canalitzar una part important de les vendes mitjançant el mercat "spot" i tendiran a afavorir les operacions directes amb les empreses per mantenir l'estabilitat en els preus. Aquesta configuració també és acceptable pel principal consumidor, els Estats Units, per dos motius. D'una banda, perquè és el país que acull un major nombre de grans empreses, així com un important productor, pel que al si dels Estats Units són constants les pressions per assolir uns preus elevats i estables. D'altra part, al disposar d'una producció interna de petroli considerable, els Estats Units gaudeixen d'un avantatge en relació als principals competidors internacionals en el sector manufacturer que és major quan més elevats són els preus del cru.

Tanmateix, no es pot descartar que apareguin forces que alterin l'estabilitat dels països productors i de les empreses multinacionals. En el que afecta els països productors, el més destacable és l'actuació de les grans corporacions de recomposar la integració vertical mitjançant l'adquisició de reserves en països exteriors a l'OPEP. Aquesta estratègia, juntament amb una diversificació en les inversions energètiques, pot erosionar gradualment la participació de l'OPEP en el mercat del cru i, indirectament, provocar dissensions internes en els països productors. Però de la mateixa manera, les grans empreses podrien experimentar una creixent competència en l'àmbit dels productes derivats per part d'alguns països productors, pels que la integració aigües avall constitueix una opció per invertir els

ingressos del cru. I el procés es pot intensificar amb una creixent participació de societats independents i estatals dels països consumidors. En aquest sentit, el comportament dels líders de cada grup (Aràbia, els Estats Units, Exxon) és el referent essencial per determinar si, en el llarg termini, l'escenari d'estabilitat també conduirà a una estructura competitiva com en el cas anterior. Els 12 anys transcorreguts des de l'anàlisi de Roncaglia semblen confirmar l'evolució del mercat -bé que d'una manera lenta- en aquesta direcció.

7.2.4. La integració dels factors econòmics i polítics en l'anàlisi.

L'aproximació neoricardiana proposada per Roncaglia constitueix un pas endavant per dotar l'anàlisi d'una dimensió més ampla, al introduir de manera explícita els diferents grups d'actors que intervenen en el mercat del petroli així com les seves preferències. En aquest sentit, el resultat final del mercat depèn essencialment del poder que tenen els agents de cada grup per imposar les seves preferències a la resta de membres del seu grup i als altres grups. Tanmateix, aquesta anàlisi adoleix d'una limitació, i és que expressa les preferències exclusivament en forma d'objectius econòmics.

L'anàlisi de l'evolució del mercat del petroli des dels anys 60 evidencia la interdependència -de vegades visible, de vegades soterrada, però sempre latent- entre els factors econòmics i polítics en el seu funcionament i en la determinació dels preus, pel que els enfocaments que consideren únicament els factors econòmics només ofereixen una explicació parcial de la realitat (Griffin, 1984; Gately, 1985). Per suplir aquesta limitació, Giraud (1995) proposa una aproximació en la que també hi tinguin cabuda els elements polítics i a partir d'ella presenta un esquema analític que permet identificar la naturalesa de les interrelacions entre els factors polítics i econòmics, la seva importància relativa i la seva influència en la determinació dels preus.

Una qüestió prèvia que cal precisar són els diferents nivells de factors/decisions polítiques. Una primera distinció es refereix als factors externs (en el sentit d'exògens), i que, per tant, simplement constitueixen una dada més per a l'anàlisi. Així, per exemple, la gran

concentració de les reserves i la producció en zones políticament inestables, com l'Orient Mitjà i la Comunitat d'Estats Independents (CEI), fa que el mercat del petroli sigui especialment vulnerable als esdeveniments "polítics" (en el sentit ampli del terme) que tenen lloc en aquestes regions. Però Giraud considera que no és aquest l'aspecte més important de la influència política en el funcionament del mercat. La influència té lloc per la via de les decisions polítiques, és a dir, mitjançant decisions que prenen alguns dels agents que intervenen en el mercat i que reflecteixen les seves preferències, pel que aquestes decisions tenen un caràcter endogen. En el plantejament de Giraud de les decisions polítiques es poden diferenciar clarament de les decisions econòmiques substancialment racionals en el sentit que els hi atorga Simon (1978), i que són les que es consideren en les diferents aproximacions que hem exposat amb anterioritat (138).

Giraud identifica tres categories de decisions polítiques que afecten el resultat del mercat del petroli. En primer lloc, les que modifiquen els drets de propietat. En la majoria d'aproximacions de caire econòmic els drets de propietat estan donats, pel que les decisions que els modifiquen a banda del mercat s'exclouen de l'anàlisi. Aquest seria el cas, per exemple, de la nacionalització de les reserves per part dels països de l'OPEP a començament dels 70. I és clar que les decisions sobre les reserves afecten l'equilibri del mercat a llarg termini.

El segon grup de decisions polítiques són les que es deriven de la incertesa i que estan associades al desconeixement de les possibles situacions futures o bé a la impossibilitat d'atribuir-les-hi probabilitats d'ocurrència. En aquest cas, d'acord amb Simon, els agents actuen seguint el criteri de la "racionalitat procedimental". Les seves decisions s'orienten a

(138) Simon considera que els agents es comporten de manera racional quan classifiquen els possibles estats futurs d'acord amb les seves preferències i adopten aquelles decisions que els condueixen a la situació més favorable. Això requereix, d'una banda, tenir la informació precisa per identificar els diferents estats, el que significa que es descarta la incertesa. I d'altra part, assignar algun tipus de valor o mesura a aquests estats (per exemple mitjançant l'atribució de probabilitats a la seva ocurrència). Quan els agents només actuen d'aquesta manera els models que únicament consideren els aspectes econòmics constitueixen una aproximació adequada a la realitat.

la consecució d'un nivell satisfactori d'utilitat d'acord amb l'experiència passada: es du a terme una estratègia de maximització local i les decisions es prenen a partir del que ja s'ha fet i se sap com fer. Aquesta estratègia comporta un procés continu d'aprenentatge, que es manifesta especialment quan l'entorn canvia i s'ha de verificar la bondat de la decisió adoptada, sobretot pel que fa a les reaccions dels altres agents. Però quan l'entorn s'estabilitza és més fàcil que les decisions, degut al mateix procés d'aprenentatge, convergeixin en la direcció de la racionalitat econòmica i disminueixi la importància dels factors polítics. En el cas del petroli aquesta situació apareix quan es modifiquen els drets de propietat i el protagonisme en la indústria canvia de mans. L'OPEP i els països membres prenen les decisions segons el criteri de la racionalitat procedimental a l'hora que experimenten un procés d'aprenentatge sobre com utilitzar els nous drets tenint en compte el comportament dels altres agents (productors no-OPEP, països consumidors). En aquest sentit Giraud considera que l'OPEP, malgrat haver assolit una experiència acceptable degut al procés d'aprenentatge dut a terme els darrers 20 anys, encara no disposa de la informació suficient (per exemple, sobre les elasticitats de la demanda a llarg termini o sobre el comportament dels productors externs a l'organització) per comportar-se com un agent maximitzador de beneficis.

El tercer grup de decisions polítiques es refereix a l'existència d'objectius no monetaris. Això no exclou que hi hagi una racionalitat subjacent, però si els objectius no són quantificables és difícil integrar-los en l'anàlisi estrictament econòmica. Aquest seria el cas, per exemple, del nivell de seguretat en l'aprovisionament requerit pels països consumidors de petroli. I pel que fa als països productors, hom pot considerar la vinculació de l'objectiu de rendes a la capacitat d'absorció, amb les dificultats que comporta especificar quins són els seus determinants (supervivència política dels governs a curt termini, necessitats d'armament, etc) que, a més, poden variar al llarg del temps.

El punt essencial del plantejament de Giraud és que les decisions polítiques que s'inclouen en aquestes tres categories afecten continuament el mercat del petroli, ja que de tots els agents que intervenen en el mercat només per a les empreses multinacionals i els intermediaris i/o especuladors prima el comportament racional en sentit econòmic, però com aquests agents des de fa ja alguns anys només controlen una petita part de la producció, la

formulació de models que tan sols consideren aspectes econòmics és insuficient per explicar el funcionament del mercat. Un cop establerta la influència de factors polítics i després d'identificar els mecanismes pels que aquests factors s'expressen, el que cal escatir és el marge de maniobra que resta pels factors econòmics (i per a l'anàlisi econòmica).

En el capítol anterior varem assenyalar que per què els mercats de recursos no renovables siguin estables cal que els productors mantinguin un coixí en forma de capacitat excendentària en relació a la mitjana del consum, que permeti absorbir fluctuacions no esperades en la demanda així com interrupcions imprevistes en la producció. Però la capacitat excendentària tampoc ha de ser molt gran perquè podria induir a una guerra de preus. Reprerent aquest plantejament, Giraud situa l'anàlisi en l'àmbit dinàmic i introdueix el concepte de preu d'equilibri dinàmic, que és aquell que partint d'una situació inicial d'equilibri garanteix que el creixement en la capacitat iguala el creixement en el consum tot mantenint un coixí (en forma d'excés de capacitat) satisfactori. El preu d'equilibri dinàmic es determina per la intersecció de la corba dinàmica de consum i la corba dinàmica de capacitat.

La corba dinàmica de consum indica quina és la taxa de creixement de la demanda per cada nivell de preus i el seu límit superior depèn dels preus dels substituïts. Aquest nivell superior indicaria el preu al qual el petroli perd els mercats pels que existeixen alternatives (com ja hem vist, això succeeix en la majoria d'aplicacions: les excepcions més notables són la utilització en la indústria petroquímica i en el transport -en els motors de combustió interna) (139).

La corba dinàmica de capacitat s'obté a partir del desenvolupament de les reserves proves. Així, si a un preu determinat els productors desenvolupen totes les reserves que fan

(139) Intuitivament, hom pot apreciar quins seran els possibles moviments d'aquesta corba quan es modifiquen els factors que afecten la demanda de petroli. Si, per exemple, varia el preu d'algun substituït, la corba es desplaçarà verticalment, mentre que els canvis exògens en la demanda (per exemple, els que es deuen a un major creixement econòmic) provoquen un desplaçament de la corba en sentit horitzontal.

rendible la producció, durant un temps la capacitat augmentarà (fins que aquestes reserves s'hagin explotat) i l'evolució posterior dependrà dels resultats de l'esforç de l'exploració. Si les reserves descobertes tenen uns costos de desenvolupament inferiors als de les reserves anteriors, al preu vigent la capacitat s'incrementarà, però si els costos de desenvolupament són més elevats, les noves reserves només s'explotaran després de l'exhauriment de les reserves de més baix cost, i la taxa de creixement de la capacitat disminuirà. Llavors, la corba dinàmica de capacitat indica l'increment net de la capacitat que té lloc a cada preu. Aquesta corba presenta un límit inferior, que indicaria el nivell de preus a partir del qual els nous desenvolupaments són rendibles. Quan el preu se situa per sota d'aquest nivell, la capacitat disminuirà a una taxa determinada pel ritme d'explotació de les reserves existents. Un aspecte remarcable és que si les reserves provades s'exploten en ordre de qualitat decreixent -com succeiria en una situació competitiva-, només existeix un preu d'equilibri dinàmic que garanteix que la taxa de creixement net de la capacitat iguala la del consum. Segons Giraud, si els productors només atenguessin a la racionalitat econòmica i actuessin amb criteris d'eficiència, tots els augments en la capacitat tindrien lloc en l'Orient Mitjà (i en concret, als països del Golf que constitueixen el nucli de l'OPEP), on es troben les reserves de més baix cost (140). En aquest cas la corba dinàmica de capacitat només reflectiria els costos de desenvolupament d'aquelles reserves, i com aquests costos són estables, la corba seria pràcticament horitzontal en el tram rellevant, pel que el preu d'equilibri dinàmic vindria donat pel cost de desenvolupar les reserves més favorables. Això significa que la corba dinàmica de capacitat associada al desenvolupament de les reserves més favorables defineix el nivell inferior del preu d'equilibri dinàmic.

Tanmateix, el mercat del petroli no es regeix pels criteris d'eficiència intertemporal, ja que els països del nucli de l'OPEP no segueixen l'estratègia de desenvolupar íntegrament les seves reserves, essencialment per raons polítiques. Per tant, en la determinació del preu

(140) Si aquesta actuació s'hagués dut a terme de manera sistemàtica la distribució geogràfica de les reserves seria un altre i molt probablement els preus també haurien evolucionat de manera diferent.

d'equilibri també influeix l'estratègia dels altres productors (països de l'OPEP que no pertanyen al nucli i països externs a l'organització). En aquests casos, degut als costos de desenvolupament més elevats, la corba dinàmica de capacitat se situa per sobre de la corba dinàmica del nucli de l'OPEP i el seu caràcter creixent indica que són necessaris augmentos continuats en els preus per dur a terme una expansió en la capacitat. Aquesta corba reflectiria l'evolució de la capacitat mundial del petroli si el desenvolupament de la nova capacitat només correspongués als productors marginals, i la seva intersecció amb la corba dinàmica de demanda acota, pel límit superior, el nivell màxim del preu d'equilibri dinàmic. A qualsevol preu inferior els productors del nucli de l'OPEP poden afegir la capacitat que considerin convenient, i és en aquest sentit que actuen com a productors reguladors. L'estratègia concreta que adoptin els països del nucli és la que determina la corba dinàmica efectiva de capacitat, i per tant, el preu dinàmic que regirà en el mercat. Això condueix al resultat bàsic d'aquest plantejament: quan els agents que controlen una part significativa de les reserves a baix cost no volen -o no poden- adoptar un comportament consistent amb la racionalitat econòmica, no existeix un únic preu d'equilibri dinàmic, sino un ventall de preus possibles. En aquest sentit, l'actuació dels països del nucli -mediatitzada per factors polítics- és la que determina el preu efectiu en cada moment.

El pas següent és analitzar quin ha estat el comportament dels productors del nucli i com la seva actuació ha modulats el preu del petroli els darrers 25 anys. D'entrada, Giraud descarta les dues possibilitats extremes. Els productors del nucli no estan interessats en que el preu dinàmic assoleixi el nivell màxim, perquè això comporta acceptar que tots els desenvolupaments de capacitat corresponguin als productors marginals, mentre la seva participació en el mercat experimenta un retrocés continuat. En sentit invers, tampoc optaran pel preu mínim, perquè això disminueix els seus beneficis als estrictament normals, ja que elimina totes les rendes diferencials. Entre aquests dos límits existeix un ampli ventall de possibilitats.

En l'enfocament estàndard de l'economia industrial l'instrument adequat per enfrontar aquesta qüestió són els models de l'oligopoli amb una oferta marginal competitiva, en els que el problema es resol atribuïnt als productors del nucli un cert grau de racionalitat econòmica

(per exemple, la maximització col·lectiva dels beneficis). En aquest punt Giraud fa seva la crítica de Mabro que questiona la viabilitat del plantejament proposat, ja que l'adopció d'aquella estratègia per part dels productors del nucli requereix conèixer dues funcions que poden modificar-se contínuament: la corba dinàmica de consum i la corba dinàmica de capacitat dels productors marginals. Àdhuc en el cas que aquesta informació estigués a l'abast, la validesa del model requeriria que els productors del nucli estiguessin exempts d'objectius polítics, circumstància que hom pot considerar poc consistent amb la realitat. Per això Giraud atribueix als productors del nucli un comportament basat en la racionalitat procedimental (que, en conseqüència, estarà influït per factors polítics). Des d'aquesta perspectiva, l'anàlisi, més que determinar resultats precisos en termes de preus i quantitats permet delimitar l'interval en el que els països que controlen el mercat -en el sentit de regular-lo- poden expressar les seves preferències polítiques i en el qual tenen lloc efectivament les fluctuacions.

En la pràctica Giraud identifica quatre franjes de referència. La primera d'elles és la "zona terra". A aquesta zona s'hi arribaria com a conseqüència d'una guerra oberta de preus sense que existís cap tipus d'intervenció per evitar les seves conseqüències, el que significa que cada productor actuaria com un simple preu-acceptant (però per minimitzar les pèrdues). El límit superior de la "zona terra" està determinat per costos evitables dels dipòsits marginals, per sota dels quals la seva explotació deixa de ser rendible (141). L'aspecte remarcable és que si els preus entressin en aquesta zona -fins ara això mai no ha succeït- només operarien factors econòmics per restablir l'equilibri entre la producció i el consum.

Per damunt de la "zona terra" es troba la "zona de fre polític-econòmic", que reflecteix el fet que les guerres de preus en el sector tenen uns límits. Així, per exemple, després de la guerra de preus del 1986 si els mercats haguessin estat competitiu (el que vol dir absència de qualsevol mecanisme de regulació interna), els preus haurien davallat fins a la

(141) Giraud estima aquest límit en 8 \$/barril el 1995.

"zona terra" expulsant els productors marginals, però varen ser precisament els propis productors els que ho van evitar restablint la col·laboració. Aquest acord respongué a una decisió econòmica, però segons Giraud, tampoc no foren aliens els aspectes polítics, i especialment la temença de desestabilització en alguns països. Al dependre únicament de factors econòmics, el límit superior d'aquesta zona no es pot establir amb precisió (a més pot canviar al llarg del temps), però expressa clarament una determinada forma de compromís polític (142).

En la part més superior es troba la "zona sostre de fre econòmic". Una incursió en aquesta zona (per exemple, com a conseqüència de la pressió de la demanda) desencadenaria els mecanismes necessaris (pel costat de l'oferta i de la demanda) per reajustar el desequilibri inicial. Com aquestes forces actuen amb retard, ja que només ho fan quan l'augment dels preus ha estat considerable i s'ha mantingut al nou nivell un cert temps, el límit inferior també és difícil de determinar (143).

Finalment apareix la franja d'instabilitat natural dels preus, que se situa entre el límit inferior de la "zona sostre" i el límit superior de la "zona de fre político-econòmic". Si el mercat del petroli fos competitiu, sense possibilitat que els comportaments individuals influïssin el seu resultat, els preus flucturarien de manera violenta en aquesta zona. Així, en cas d'excés de demanda, la producció no es reduiria fins que els preus se situessin per sota dels costos evitables dels dipòsits marginals i es mantindrien en aquest punt fins que s'absorvis l'excés de capacitat. Com hem comentat en el capítol anterior, en l'àmbit dels recursos no renovables aquesta és precisament la instabilitat pròpia d'alguns minerals no combustibles. Tanmateix, en el cas del petroli les fluctuacions extremes són pràcticament inexistentes, car els preus s'estabilitzen mitjançant la capacitat reguladora per part dels productors compensadors. Des de començament dels 70 aquesta funció l'han dut a terme de manera activa un grup de països de l'OPEP (bé que en la pràctica no sempre han estat els matei-

(142) De manera temptativa, Giraud situa aquest límit en els 13 \$/barril del 1995.

(143) Giraud l'estima al voltant dels 30 \$/barril del 1995.

xos) amb una preponderància d'Aràbia (144). La principal qüestió que es planteja als productors compensadors és, doncs, determinar a quin nivell estabilitzaran els preus durant un cert període de temps i si aquest preu és únic. Aquí és on intervé el ventall de preus d'equilibri dinàmic.

Per respondre aquesta qüestió Giraud identifica tres franjes diferenciades i no necessàriament coincidents amb les que delimiten els preus del mercat. La zona inferior està acotada pel preu d'equilibri dinàmic més baix, que és el que permet finançar els increments de capacitat necessaris en les regions de costos més favorables per respondre al creixement del consum. Com els costos de desenvolupament d'aquestes reserves són pràcticament estables, el preu inferior d'equilibri dinàmic és independent de la corba dinàmica de consum. En la pràctica, l'existència d'un "preu terra" superior al preu més baix d'equilibri dinàmic indicaria que el mercat no s'ha comportat de manera competitiva, ja que els preus no han estat determinats pels costos de desenvolupament dels dipòsits més favorables, i això és el que l'evidència reflecteix en el mercat del petroli (145). Si els preus romanen en aquesta zona a mig/llarg termini, les inversions seran insuficients per assegurar que l'augment de la capacitat iguali el creixement del consum, al tractar-se d'uns preus no remuneradors per què la resta de productors expandeixin la capacitat, de manera que un cop absorbit l'excés de capacitat el xoc és inevitable.

En la zona superior se situen els preus màxims d'equilibri dinàmic acceptables pels productors del nucli. És clar que tot i l'absència d'una estratègia estricta de maximització de beneficis, els productors del nucli tenen uns objectius mínims. Per exemple, una certa estabilitat en la producció que els hi garanteixi el manteniment de la quota de mercat (el que significa

(144) Convé assenyalar que aquesta actuació és independent de la posició individual que manté cada país. En la indústria del petroli, com els preus depassen abastament els costos marginals, qualsevol productor que no opera a plena capacitat de fet actua com a productor compensador.

(145) L'estimació de Giraud del preu inferior d'equilibri dinàmic pel 1995 és d'uns 5 \$/barril, enfront l'estimació de 8\$/barril pel "preu terra" superior.

uns majors ingressos així que augmenti la demanda total). Per això evitaran preus excessivament elevats que comportarien una disminució de la seva demanda -ja que en aquest cas els productors del nucli es limitarien a mantenir constant la capacitat-, i la pèrdua de mercats que podrien ser difícils de recuperar (146).

Els preus d'equilibri dinàmic es determinen en la zona intermitja, acotada pels límits superior i inferior. En aquesta franja els preus vigents permeten finançar els desenvolupaments necessaris per augmentar la capacitat requerida per abastir el creixement del consum, pel que és possible evitar els xocs deguts a inversions insuficients. Els productors del nucli poden escollir un preu i mantenir-lo a llarg termini. Però per què aquesta estratègia sigui viable cal que es comportin en relació als productors marginals com els productors dominants d'un oligopoli de Stackelberg. Així, els productors del nucli esculleixen un preu i permeten que els productors marginals facin els desenvolupaments que els hi són rendibles a aquest preu. La seva funció consisteix en afegir la capacitat necessària tot mantenint un coixí per estabilitzar el preu a aquell nivell. En aquest sentit, la desestabilització seria la conseqüència de desacords entre els productors del nucli sobre el preu a fixar o d'una manca de coordinació en les decisions d'inversió (147). En aquesta franja és on es manifesta la interacció entre els factors polítics i econòmics i on s'expressen les preferències polítiques que no es poden concretar en termes monetaris (l'estabilitat dels governs, per exemple). L'aspecte rellevant és que aquesta és l'única zona en la que el preu es pot influir amb decisions polítiques i en la que els assaigs d'un productor maximitzador no són desestabilitzadors, de manera que el procés d'aprenentatge convergeix de manera gradual. Qualsevol intent de mantenir els preus en les zones inferior i superior desencadena mecanismes econòmics que l'allunyen d'elles i el situen en la franja intermitja. I és en aquest sentit que el preu del petroli no escapa a les lleis del mercat.

(146) Giraud estima aquest nivell en els 25 \$/barril del 1995.

(147) En termes pràctics la principal dificultat pels productors del nucli és determinar el preu "sostre" d'equilibri dinàmic, aspecte al que són aplicables les observacions de Mabro a que hem referit en l'apartat anterior.

El marc analític que acabem d'exposar serveix a Giraud per proporcionar una interpretació del comportament del mercat del petroli els darrers 20 anys. Així, abans del 1973 els preus efectius es trobaven prop del límit inferior del preu d'equilibri dinàmic a llarg termini. Giraud observa que el 1970 el preu del petroli del Golf Pèrsic era 1,2 \$/barril, equivalent a 3 \$/barril del 1985. La comparança amb els costos de desenvolupament de les reserves evidencia que aquell preu era superior als costos dels països del Golf, però inferior als de Veneçuela, Mèxic i Nigèria, per exemple. Això no significa que als preus vigents el 1973 els països del Golf no poguessin afrontar el creixement en el consum (que en aquella època s'expandia al 6-7% anual). En termes estrictament econòmics les seves reserves i els baixos costos de producció ho permetien. Tanmateix, haurien calgut elevades inversions per part de les grans empreses internacionals a l'hora que l'aquiescència dels Estats Units sobre la divergència entre el comportament dels preus en el seu mercat interior i els mercats internacionals, condicions que no foren satisfetes. Pel que fa a les empreses multinacionals perquè la perspectiva de la nacionalització desincentiva tota estratègia a mig/llarg termini, i en el cas dels Estats Units, perquè al passar de ser un país autosuficient a importador net i obrir el mercat, uns preus més elevats eren també una garantia pel manteniment de la rendibilitat de les explotacions autòctones. En aquestes circumstàncies el xoc era inevitable però no únicament per raons econòmiques, ja que els preus no es trobaven per sota del preu inferior d'equilibri dinàmic, sino en el límit inferior de la zona d'estabilitat. En aquest nivell, una petita restricció -per qualsevol raó política- en les inversions dels països del Golf hauria pressionat els preus a l'alça.

Entre el 1974 i 1979 el preu se situà en el límit superior de la zona d'estabilitat, i això va afavorir el desenvolupament de les capacitats fora del nucli de l'OPEP. El creixement de la capacitat començà a materialitzar-se a finals del 70 a l'hora que s'implementaven diverses actuacions per reduir el consum d'energia. En aquest context, els xocs de 1979-80 foren més una conseqüència de l'augment sobtat en el nivell desitjat d'estocs que d'una saturació real de les capacitats de producció. Però a banda d'aquesta circumstància, Giraud considera que l'OPEP no desenvolupà suficientment la capacitat durant aquest període, ja que en absència del xoc i suposant que el creixement econòmic hagués continuat als nivells de la segona meitat dels 70, segurament la part del mercat corresponent al nucli de l'OPEP

s'hauria estabilitzat després de l'expansió prèvia. Aquesta desàceleració en les inversions de l'OPEP i l'augment de capacitat dels productors marginals és el que indica precisament que en el període 1973-78 els preus es van situar en el límit superior de la zona d'estabilitat. El xoc de 1979-80, tanmateix, projectà els preus per sobre del preu superior d'equilibri dinàmic. Com era de preveure, la demanda cap als productors del nucli començà a declinar ràpidament i es crearen les condicions per la sobreoferta de la primera meitat dels 80 i el retorn dels preus a la zona d'estabilitat.

D'acord amb aquest plantejament, el període 1973-86 cal interpretar-lo, doncs, com una fase d'adaptació de l'OPEP -i especialment dels productors del nucli- a un nou context caracteritzat per un major control directe de les reserves. En aquest sentit, les decisions de la pròpia OPEP basades en la racionalitat procedimental van ser les que modularen el seu procés d'aprenentatge. En aquell període els preus van fluctuar per les diferents zones que defineixen els preus d'equilibri dinàmics; però a partir de 1986 i amb l'excepció puntual del 1990 els preus s'han mantingut en la franja de l'estabilitat. Això sembla suggerir que després del procés d'aprenentatge sobre les fluctuacions dut a terme per l'OPEP des de començament dels 70, els límits als moviments de preus apareixen actualment millor definits, malgrat la dificultat de determinar-los amb precisió. I això pot ser indicatiu que en el futur l'expressió de les preferències polítiques per part dels països del nucli no conduïran a les brusques fluctuacions de les dues darreres dècades.

Bibliografia Capítol 7.

- Adelman, M. (1972). *The World Petroleum Market*, Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.
- Adelman, M (1978). "International oil", a W.J. Mead i A.E. Utton (Eds), *U.S. Energy Policy*, Ballinger Publisher Co., pp. 23-28.
- Adelman, M. (1990). "Mineral depletion, with special reference to petroleum", *Review of Economics and Statistics*, vol 72, N° 1, pp. 1-10.
- Attal, C. (1985). "Prix des bruts et marchés directeurs", *Revue de l'Energie*, juliol-agost, pp. 269-276.
- Ayoub, A. (1987). "Evolution du marché pétrolier: de l'intégration verticale à la décentralisation", en A. Ayoub i J. Percebois, *Pétrole: Marchés et Stratégies*, Economica.
- Crémer, J. i Salehi-Isfahani, D. (1980). *A Theory of Competitive Pricing in the Oil Market: What Does OPEC Really Do ?*, Caress Working Paper # 80-4, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Crémer, J. i Salehi-Isfahani, D. (1989). "The rise and fall of oil prices: a competitive view", *Annales d'Economie et Statistique*, vol N° 15/16.
- Erickson, N. (1980). "Developments in the world oil market", en R.K. Pachauri (Ed), *International Energy Studies*, John Wiley & Sons.
- Frankel, P. (1946). *Essentials of Petroleum*, Chapman & Hill.
- Gateley, D. (1984). "A ten year retrospective: OPEC and the world oil market", *Journal of Economic Literature*, vol 22, N° 3, pp. 1100-1114.
- Giraud, P.N. (1995). "The equilibrium price range of oil", *Energy Policy*, N° 1, pp. 35-49.
- Griffin, J.M. (1985). "OPEC behaviour: a test of alternative hypotheses", *The American Economic Review*, vol 75, N° 75, pp. 954-963.
- Griffin, J.M. i Steele, H.B. (1980). *Energy Economics and Policy*, Academic Press.
- Heal, G. i Chichilnisky, G. (1991), *Oil and the International Economy*, Clarendon Press.
- Houthakker, H. (1983). "Whatever happened to the energy crisis ?", *The Energy Journal*, vol 4, N° 2, pp. 1-8.
- Jacoby, N.H. (1974). *Multinational Oil: A Study in Industrial Dynamics*, McMillan.
- Johany, A.D. (1980). *The Myth of OPEC Cartel*, John Wiley & Sons.

- Mabro, R. (1975a). "OPEC after the oil revolution", Millennium: Journal of International Studies, vol 4, N° 3, pp. 191-199.
- Mabro, R. (1975b). "Can OPEC hold the line?", Middle East Economic Survey, Supplement al volum 18, N° 19.
- Mabro, R. (1981). "In glut or scarcity. Energy problems will remain", Petroleum Intelligence Weekly, 28, Sept
- Mabro, R. (1992). "OPEC and the price of oil", The Energy Journal, vol 13, N° 2, pp. 1-17
- Mead, W. (1978). "The performance of government energy regulation", The American Economic Review, vol 69, pp. 352-356.
- Penrose, E. (1968). The Large International Firm in Developing Countries: The International Petroleum Industry, Allen and Unwin.
- Pindyck, R. (1979). "Some long-term problems in OPEC oil pricing", Journal of Energy and Development, vol 4, primavera.
- Roncaglia, A. (1983). "The price of oil: main interpretations and their theoretical background", Journal of Post Keynesian Economics, vol 5, N° 4, pp. 557-578.
- Roncaglia, A (1985). The International Oil Market: a Case of Trilateral Oligopoly, McMillan.
- Salant, S. (1982). Imperfect Competition in the Oil Market, Lexington Books.
- Sampson, A. (1975). The Seven Sisters: The Great Oil Companies and the World They Shaped, Viking Press. Existeix una versió en castellà: Las Siete Hermanas, Planeta-De Agostini, 1994.
- Skett, I. (1988). OPEC: Twenty-Five Years of Prices and Politics, Cambridge University Press.
- Seymour, I. (1980). OPEC: Instrument of Change, McMillan.
- Simon, H. (1978). "Rationality as process and as product of thought", The American Economic Review, vol 68, N° 2, pp. 1-16.
- Sylos-Labini (1966). Oligopolio y Progreso Técnico, Oikos-Tau.

Capítol 8.

RESUM I CONCLUSIONS.

8. RESUM I CONCLUSIONS.

Els recursos naturals han tingut una importància desigual en els plantejaments dels economistes teòrics. Mentre en les aportacions pioneres (Petty, fisiòcrates, clàssics), que posaven l'èmfasi en la producció, aquests recursos juguen un paper instrumental de primer ordre, amb la irrupció de l'escola neoclàssica té lloc un canvi d'enfocament i l'èmfasi es posa en l'anàlisi estàtica dels intercanvis de béns i serveis. En el nou paradigma es considera que tots els recursos són escassos i desapareix la relativa autonomia que tenen els béns no produïts, com els recursos naturals, en els models econòmics.

Tanmateix, en l'àmbit de la producció l'escola neoclàssica continua sent deutora de la teoria ricardiana. Els economistes neoclàssics fan seva la idea dels marginalistes de la contribució decreixent a l'output de cada factor individual, la qual cosa serveix per generalitzar la teoria ricardiana de la renda diferencial a la resta d'inputs. El resultat de l'evolució conceptual i analítica que té lloc en el si de l'escola neoclàssica és que la producció esdevé un aspecte de l'assignació i determinació dels preus dels factors. L'atenció es posa en la distribució de l'output, que es considera regulat pel valor del producte marginal -decreixent- dels diferents inputs que han contribuït a la seva obtenció, és a dir, per la llei de proporcions variables que opera en el curt termini. I a partir d'aquest plantejament es construeix una teoria general de la substituïbilitat entre els inputs sense discutir expressament els trets físics rellevants de l'activitat productiva. Amb l'auge dels economistes marginalistes, els rendiments decreixents aplicats a l'explotació dels recursos naturals donen lloc a la idea que l'extracció d'aquests recursos té un cost d'oportunitat intertemporal, circumstància que afecta la determinació dels seus preus i de la que, a més, se'n derivaran conseqüències pel que fa a la distribució intergeneracional. En aquesta idea es troba la base de la teoria econòmica convencional (neoclàssica) sobre els recursos no renovables (la teoria de l'esgotament), que es configura de manera autònoma a començament de segle amb les aportacions de Gray.

Les primeres anàlisi específiques sobre els recursos no renovables es duen a terme a partir de les idees conservacionistes, que es basen en una visió estàtica d'aquests recursos

(un estoc limitat mesurable en unitats físiques), i se centren en els problemes intertemporals que comporta la seva explotació. L'enfrontament entre el present i el futur apareix com una conseqüència dels plantejaments oposats entre la teoria econòmica neoclàssica i les idees conservacionistes. D'una banda, la utilització de la teoria neoclàssica comporta estendre a l'anàlisi dinàmica dels recursos no renovables els criteris assignatius basats en l'equilibri i l'eficiència estàtica, i d'això en resulta aplicar el principi de la maximització del valor actual per determinar la taxa d'explotació, amb independència de les conseqüències redistributives que se'n derivin. En aquesta aproximació el tipus d'interès juga un paper crucial i Gray destaca la relació directa que existeix entre el seu nivell i la taxa "òptima" d'extracció. D'altra part, enfront del criteri "economicista" de la maximització del valor actual, es troben les posicions conservacionistes, que propugnen la preservació d'aquells recursos que consideren imprescindibles per a l'activitat econòmica, amb el suport de la intervenció externa. Amb Hotelling s'imposa el criteri optimitzador. L'anàlisi d'equilibri i eficiència es presenta formalment en termes dinàmics amb la utilització del càlcul de variacions i es defineix el camí que seguirà la teoria neoclàssica dels recursos no renovables, que considera aquests recursos com una forma de capital que es revaloritza al llarg del temps.

Malgrat les aportacions de Gray i Hotelling, la ciència econòmica ha prescindit fins fa relativament pocs anys dels recursos naturals en els seus esquemes analítics. La idea que l'activitat econòmica podia superar les limitacions en la dotació de recursos mercès a les innovacions i el progrés tecnològic és la principal responsable d'aquesta situació. És significatiu que quan la dinàmica torna a recuperar el protagonisme a partir dels anys 40, tant des de la perspectiva postclàssica i post-keynesiana com dins de l'òptica neoclàssica, els únics inputs que es consideren rellevants són el capital i el treball. En la línia post-clàssica caldrà esperar la contribució de Sraffa perquè s'inclogui la terra en els esquemes reproductius, i només molt recentment (anys 80 i 90) comencen a considerar-se els recursos no renovables i exhauribles per l'ús en aquests models. Dins de l'òptica neoclàssica, no serà fins la dècada dels 70 (després del xoc del petroli i la publicació de l'informe del Club de Roma sobre els límits del creixement), quan s'incorporin els recursos no renovables en les funcions agregades de producció per determinar les restriccions que imposa la seva dotació a l'expansió de l'activitat econòmica a llarg termini.

La teoria neoclàssica dels recursos no renovables és la que ha rebut més atenció pels economistes acadèmics i la que presenta un major nombre de contribucions analítiques i un nivell de formalització més elevat. Aquesta teoria es nodreix dels plantejaments conceptuals i metodològics de Gray i Hotelling i se centra en dues qüestions: 1) l'explotació eficient dels recursos; 2) l'optimitat en l'ús.

La primera qüestió se situa en el marc de l'anàlisi parcial de la microeconomia, que pren com a referència el concepte d'equilibri, i es desenvolupa a partir de dos interrogants. En primer lloc, quines condicions caracteritzen l'explotació eficient dels recursos no renovables (entesa com aquella que maximitza el valor actual social). I en segon lloc, de quina manera s'alteren els resultats quan existeixen imperfeccions, tot mantenint el supòsit sobre el comportament optimitzador dels agents individuals.

Quan existeixen imperfeccions pel costat de l'oferta, les trajectòries de preus i el ritme d'explotació dels recursos que maximitza el valor actual (privat) depenen del grau de poder de mercat. Si el poder de mercat és màxim, com correspon a una situació de monopoli, la situació més freqüent és una trajectòria de preus inicialment per sobre de la de competència perfecta, però amb una taxa de creixement inferior. És el que succeeix quan un monopoli s'enfronta a una demanda del recurs elàstica a preus elevats. En aquest cas el període d'explotació s'allarga, amb el resultat que la ineficiència afavoreix la conservació del recurs (paradoxa de Solow). Una situació semblant té lloc quan la configuració de l'oferta es caracteritza per l'existència d'un càrtel juntament amb un grup de productors marginals que operen en situació competitiva i que prenen com a donat el preu que fixa el càrtel.

Pel que fa a les altres imperfeccions, una situació consubstancial a l'explotació dels recursos no renovables és l'existència d'incertesa i risc, factors que assoleixen un major protagonisme en aquest sector que en la resta d'activitats. El factor que reflecteix de manera més clara la incertesa associada a l'explotació dels recursos no renovables és l'eventual aparició de substituïts. Quan existeix incertesa sobre la data d'introducció d'un substituït i les empreses són neutrals al risc, la trajectòria d'equilibri intertemporal dels preus també es modifica: els preus han d'augmentar a una taxa superior al tipus d'interès, i el factor addicional ve donat per la prima de risc necessària per compensar a les empreses per no sobreexplotar el recurs davant la possibilitat d'incórrer en fortes pèrdues de capital quan

aparegui el recurs alternatiu. Pel que fa al ritme d'explotació, la nova trajectòria pot estar associada indistintament a una taxa més lenta o més ràpida que en una situació sense incertesa, depenent de la importància de dues forces oposades. D'una banda, l'incentiu que existeix per explotar el recurs més ràpidament, ja que aquest es desvaloritzarà quan aparegui el substitut. Però d'altra part, també s'han de ponderar les conseqüències d'esgotar el recurs abans de que s'obtingui el substitut, especialment si es tracta d'un recurs essencial. La pauta d'extracció depèn directament de l'estoc inicial del recurs. Si la dotació inicial és gran, domina el primer factor i la taxa d'explotació serà més ràpida que amb informació perfecta, escursant-se el període d'explotació. En sentit invers, si la dotació inicial és petita dominarà el segon factor i el ritme d'extracció serà més lent, la qual cosa allargaria la vida útil del recurs.

Per a la resta de factors que poden conduir a resultats ineficients tomen a repetir-se les pautes que acabem d'exposar. Depenent de cada circumstància concreta, les trajectòries de preus seran superiors a les de competència perfecta (i en aquest cas l'explotació del recurs serà més lenta) o bé s'esdevindrà la situació contrària. Pel que fa a les regulacions externes, l'establiment d'impostos a l'explotació alenteix el ritme d'extracció mentre la concessió de subsidis té l'efecte oposat. D'altra banda, la fixació de preus màxims introdueix un incentiu per desviar l'explotació del recurs cap el present i deriva en una sobreexplotació en els primers períodes, al anul·lar total o parcialment la renda d'escassetat. Finalment, l'impacte dels efectes externs en l'explotació i consum dels recursos no renovables depèn de si aquests efectes estan associats a situacions d'incertesa. Quan les externalitats tenen lloc en un marc de certesa, els preus efectius seran inferiors als preus eficients i el ritme d'explotació dels recursos excessivament elevat. Però quan s'introdueix la incertesa sobre els efectes de les externalitats la situació canvia, i l'actuació esdevé més conservadora de la que tindria lloc en una situació competitiva, amb uns preus més elevats i un ritme d'explotació del recurs inferior.

L'optimalitat fa referència a la distribució al llarg del temps de l'output màxim produïble a partir d'una determinada dotació de recursos. L'anàlisi de l'optimalitat requereix passar de l'entorn parcial en el que es consideren les qüestions relacionades amb l'eficiència a un plantejament més general en el que hi tinguin cabuda els problemes de la distribució

intergeneracional, doncs el que ara es planteja és quina de les múltiples trajectòries eficients s'escull, i per tant, a quina generació es beneficia i en detriment de quin altra. Això fa necessari incorporar els recursos no renovables en les funcions agregades de producció i situar l'anàlisi en l'àmbit de la dinàmica macroeconòmica: els plantejaments basats en la "normativitat feble" consubstancials als problemes d'eficiència se substitueixen per d'altres que incorporen expressament judicis de valor ("normativitat forta").

En els plantejaments neoclàssics el benestar d'una generació no es deriva directament de la seva disponibilitat de recursos no renovables -especialment si hom exclou la seva funció mediambiental o recreativa-, sino de les possibilitats de consum per càpita. I en la determinació de l'output (que s'associa al nivell de benestar), intervenen diversos factors productius. Una major dotació de recursos naturals implica, "ceteris paribus", un major potencial de benestar; però aquest també es podria assolir amb un estoc de capital físic superior, una tecnologia més avançada i una menor població. Això vol dir que les opcions són diverses. Una possibilitat consisteix en utilitzar els recursos no renovables per part de la generació present per accelerar l'acumulació de capital i afavorir la innovació tecnològica. En aquest cas les generacions futures tindrien una menor disponibilitat de recurs, però podrien gaudir d'una major dotació de capital físic i coneixements per augmentar el seu nivell de benestar. Aleshores, el centre d'atenció de l'anàlisi desplaça cap a les possibilitats de substitució entre diferents inputs productius. En aquest sentit, les anàlisis neoclàssiques obtenen un resultat clau: si l'elasticitat de substitució entre el capital i els recursos no renovables és superior a la unitat, l'economia podria mantenir un nivell de producció i consum constant al llarg del temps. I el mateix succeeix si l'elasticitat de substitució entre capital i recursos és igual a la unitat i l'elasticitat de l'output respecte al capital és major que l'elasticitat de l'output respecte dels recursos naturals. Amb aquestes premisses la discussió sobre la possibilitat que una economia que utilitza recursos no renovables com a inputs productius pugui mantenir un creixement indefinit en la producció i el consum per càpita s'ha de dirimir en el terreny empíric, a partir de les possibilitats de substitució.

Després d'identificar les condicions teòriques d'eficiència, un aspecte essencial de l'aproximació neoclàssica és verificar si l'explotació dels recursos no renovables es du a terme en

condicions eficients, i de no ser així, quin és el grau de desviació. Aquest és l'objectiu de les anàlisi quantitatives: les simulacions i les contrastacions d'hipòtesi.

El nombre de simulacions que s'han dut a terme és bastant limitat, però permeten obtenir unes primeres conclusions, degut a la coincidència de resultats. Els principals treballs es realitzen en els anys 70, a l'ombra dels xocs del petroli i la nova configuració d'aquest mercat. Les primeres simulacions consideren un entorn competitiu i incorporen diferents supòsits sobre el comportament de la demanda (a curt i mig termini), els costos d'extracció, la disposició d'una tecnologia alternativa en un futur determinat, així com diversos valors de la taxa de descompte. Els resultats indiquen que els preus efectius dels recursos energètics en la dècada dels 70 (i en particular, del petroli) se situaven molt per sobre dels preus que serien eficients. La coincidència de resultats a partir de diferents models, tot mantenint l'estructura bàsica de competència perfecta, suggereix que la causa de les desviacions entre els preus simulats (eficients) i els preus efectius no es troba tant en l'especificació dels models com en factors externs, i especialment en l'existència d'un poder de mercat pel costat de l'oferta. Aquesta idea es reforça quan en simulacions posteriors s'introdueixen configuracions oligopolístiques amb un grup marginal competitiu i es comparen els resultats amb els que s'obtindrien en competència perfecta. L'elevada diferència del valor actual en ambdues situacions indica que en els recursos energètics existeix un fort incentiu per la cartelització, malgrat la pèrdua d'eficiència que comporta.

L'extensió de les simulacions als recursos reciclables serveix per completar les condicions en que la cartelització és factible i comporta guanys significatius per a les empreses que la duen a terme. En aquest sentit el més destacable és que els guanys de la cartelització no s'associen amb l'exhauribilitat dels recursos sino que provenen de les condicions concretes de l'oferta i la demanda. Un aspecte crucial per explicar per què en alguns casos la cartelització no és viable és la possibilitat d'augmentar ràpidament l'oferta del recurs a partir de la producció secundària, obtinguda del reciclatge.

Tot això sembla suggerir que les desviacions entre els preus efectius i els preus eficients es deuen principalment a les imperfeccions dels mercats. Tanmateix, anàlisi empíriques més microscòpiques (a nivell d'empresa, d'unitats geològiques) indiquen que aquestes imperfeccions no són l'única causa (ni potser la més important) per explicar el comportament

conservador -preferència del futur sobre el present- en l'explotació dels recursos no renovables: també és determinant el risc associat a la inversió en les activitats extractives. Un major nombre de factors de risc i els elevats costos d'una inversió excessiva -degut a la intensitat de capital d'aquestes indústries- explicarien l'existència d'una subinversió en relació al nivell òptim -entés com el que maximitza el valor actual en situació de certesa- i que la taxa d'explotació també sigui inferior, allargant-se la vida útil del recurs.

Un aspecte que sorpren en l'anàlisi neoclàssica dels recursos no renovables és la desproporció entre la literatura teòrica i els exercicis empírics sobre la seva contrastació. Mentre els darrers 25 anys la proliferació de models per explicar les conseqüències de l'explotació de recursos no renovables en diferents circumstàncies ha estat espectacular, el nombre de recerques sobre la versemblança d'aquests models en la realitat és molt limitat, la qual cosa dificulta la valoració tant del potencial analític que incorporen com del comportament de les empreses. L'evidència disponible es refereix a uns pocs recursos, l'àmbit d'aplicació també està molt acotat (una regió, un país) i en la majoria de casos el període temporal que es considera és relativament curt. Addicionalment, la majoria de les contrastacions es basen en lleugeres variants del model simple de Hotelling, que és un model dissenyat per determinar les condicions d'equilibri i eficiència en el cas més senzill, en circumstàncies sovint allunyades d'aquelles en que operen les empreses.

Els resultats de les contrastacions -a diferència del que succeïa amb les simulacions- presenten clares divergències, pel que és problemàtic pronunciar-se d'una manera inequívoca sobre la validesa empírica de la teoria de l'esgotament. La contrastació d'aquesta teoria requeriria especificar models més generals en els que s'incorporin aquells factors que, segons la pròpia teoria, afecten al comportament del mercat i per tant, poden provocar ineficiències (la incertesa, les intervencions externes, les formes de mercat no competitives, etc). Com aquests exercicis encara no s'han dut a terme, desconeixem si l'àmplia gamma de models teòrics que s'han desenvolupat des de començament dels 70 constitueixen una aproximació acceptable a la realitat, perquè no s'han contrastat empíricament.

L'anàlisi neoclàssica dels recursos no renovables s'acaba amb l'eficiència i l'optimalitat, aspectes que se situen en els àmbits de la "normativitat feble" i la "normativitat forta" respectivament. Però com els mateixos exercicis de simulació i de contrastació d'hipòtesi posen de manifest, aquells referents disten molt de ser la situació habitual en la realitat. En la mesura en que existeixen imperfeccions és necessari identificar-les no únicament per corregir-les (com suggeririen els economistes neoclàssics més estrictes). De vegades els mecanismes de correcció no es poden implementar i aleshores el que interessa és determinar les implicacions pràctiques de les imperfeccions. Una de les principals implicacions fa referència a l'escassetat relativa dels recursos.

La dotació física dels actius naturals és important en la mesura en que afecta el creixement econòmic -i per tant, el benestar- d'una societat. Però l'escassetat -i, àdhuc la irreversibilitat física- en la dotació d'un recurs no comporta, ineludiblement, conseqüències sobre l'activitat econòmica. És una condició necessària però dista molt de ser suficient. En aquest sentit l'anàlisi de l'escassetat dels recursos no renovables aconsegueix sobretot una funció preventiva.

En condicions d'eficiència, els mercats informen de manera adequada de l'escassetat dels recursos, doncs els preus eficients incorporen tots els sacrificis directes i indirectes necessaris per obtenir una unitat addicional d'un recurs, que és el barem per mesurar l'escassetat física. Quan existeixen imperfeccions, els preus deixen d'informar correctament de l'escassetat, pel que és necessari utilitzar altres indicadors que aconsegueixin aquesta funció. Una possibilitat és recórrer a la renda d'escassetat, però en la pràctica el valor de la renda depèn del comportament dels preus, pel que també està afectat per les imperfeccions. Alternativament, es podria aproximar la renda pels costos marginals de descobriment, però aquesta aproximació només és vàlida si el costos de descobriment mesuressin únicament la dificultat de trobar nous dipòsits. En la pràctica els costos de descobriment també reflecteixen els intents de les empreses d'afrontar la pròpia incertesa del procés de descobriment. Aleshores, el problema és que encara que es puguin estimar aquests costos, apareix un biaix degut a la presència d'un element espuri difícilment eliminable: la incertesa que és consubstancial al procés de descobriment.

Davant de les limitacions que presenten els preus i la renda, cal recórrer a un tercer indicador, els costos d'extracció. Els costos tenen l'avantatge de que són aliens a les imperfeccions (són independents de l'estructura del mercat i dels factors d'incertesa i risc, per exemple), però presenten un inconvenient, i és que no són un indicador anticipador. Els costos només capten els sacrificis directes per obtenir una unitat del recurs i no informen sobre el sacrifici futur en que s'incorre per explotar aquesta unitat avui. D'altra banda, en presència d'innovacions, la disminució dels costos pot ser consistent amb un augment continu de l'escassetat física.

Les anàlisi empíriques sobre l'escassetat física dels recursos no renovables estan afectades per les limitacions que presenten els indicadors que serveixen per a la seva mesura. Però malgrat això, l'existència d'un nombre d'estudis relativament elevat -alguns dels quals abasten un període de més d'un segle- i la coincidència en els resultats -si més no en la tendència- a partir de diferents indicadors, suggereix que les conclusions que s'obtenen presenten una certa solidesa.

Els estudis sobre el comportament tendencial dels preus i els costos per a grups de recursos mostren que fins el 1970 té lloc una disminució de l'escassetat física i en les dues darreres dècades s'esdevé una inflexió, enmig d'un comportament fluctuant, sense que encara s'aprecii clarament quina és la nova tendència. Aquests resultats presenten algunes diferències amb els que s'obtenen a partir de la identificació de trajectòries de preus per recursos individuals. En aquest cas la inflexió comença bastant abans -bé que el moment concret depèn de cada recurs-, el que indicaria que actualment ja ens trobem en la fase d'escassetat creixent per alguns recursos. Tanmateix, la duració del període d'inflexió pot ser tan llarga que converteixi en irrellevant en termes pràctics la suposada escassetat. Per la seva part, les anàlisi que s'han dut a terme a partir de la renda per a recursos individuals -bé que més limitades en nombre i amb un àmbit d'aplicació menor- indiquen que aquella no prové tant de l'exhauriment com de la desigual qualitat dels dipòsits, pel que es tracta més de rendes de tipus diferencial que no d'escassetat.

La inexistència de problemes de disponibilitat de recursos avui no significa que no hi puguin haver carències en el futur, pel que un aspecte fonamental és determinar si una economia que s'enfronta a eventuais escassetats genera uns mecanismes de resposta adequats. Per afrontar aquesta qüestió l'anàlisi ha de considerar la funció que acompleixen els recursos no renovables en l'activitat econòmica, el que comporta abandonar la visió parcial d'aquests recursos implícita en la teoria de l'esgotament. És necessari adoptar un enfocament més ampli, i enlloc de centrar l'atenció en els recursos "en singular" posar l'èmfasi, d'una banda, en les relacions entre els diferents recursos no renovables, entre els recursos no renovables i els recursos renovables i entre els recursos no renovables i la resta d'inputs productius, i d'altra part, en la composició de la demanda final i en les relacions entre els diferents béns i serveis que aquests recursos contribueixen a obtenir.

Com la demanda de recursos no renovables és una demanda derivada dels béns i serveis en que s'incorporen, per avaluar les conseqüències de l'escassetat física sobre l'activitat econòmica cal considerar dos aspectes. En primer lloc, les característiques d'aquests béns i serveis així com la seva funció en l'activitat econòmica i possibles canvis en la seva evolució. En segon lloc, la forma com s'obtenen aquells béns i serveis, la qual cosa comporta identificar les combinacions - presents i previsibles - dels inputs per dur a terme els processos de producció.

Per que l'escassetat física tingui conseqüències sobre l'activitat econòmica cal que s'acompleixin dues condicions de manera simultània. D'una banda, que els béns i serveis finals presentin una demanda fortament inelàstica a curt termini, sense que existeixin possibilitats de substituir-los, i que aquesta demanda no canviï al llarg del temps. D'altra part, que aquests béns i serveis s'obtinguin a partir de combinacions fixes de factors productius, sense que es puguin modificar quan aquests factors esdevenen més escassos. Si els mateixos béns i serveis es poden obtenir amb diferents combinacions de recursos naturals (renovables i no renovables) o de recursos no renovables i altres inputs productius, àdhuc en el cas extrem que la demanda derivada de béns i serveis fos totalment inelàstica, l'economia podria satisfer sense problemes les seves necessitats.

En una economia que utilitza diversos factors productius, l'elasticitat de substitució és un dels indicadors que millor capta les relacions entre ells. Per això, si bé l'elasticitat de

substitució no constitueix una mesura de l'escassetat dels inputs per ella mateixa, si permet detectar la capacitat d'una economia per adaptar-se a eventuais restriccions en la seva disponibilitat. En l'àmbit de l'anàlisi parcial, l'elasticitat de substitució és un indicador conceptualment sòlid, però en la pràctica, la seva mesura està subjecte a les mateixes dificultats i condicionants que apareixen quan s'utilitzen indicadors econòmics individuals per avaluar l'escassetat. Un aspecte important per la incidència que té en el seu valor és la fase del procés de transformació dels recursos en que tenen lloc els càlculs. El nivell d'agregació emprat en l'anàlisi afecta igualment els resultats. L'heterogeneïtat de les circumstàncies en que es determina aquesta elasticitat de vegades també impideix establir comparances sobre les possibilitats de substitució dels recursos en diferents situacions.

Els diferents estudis empírics que s'han dut a terme no s'escapen d'aquestes limitacions. El nombre d'anàlisi sobre les substitucions entre inputs és bastant elevat i presenta una considerable varietat. Abasten els països desenvolupats i en vies de desenvolupament i en general se centren en el sector industrial, bé que en alguns casos els exercicis s'extenen al conjunt de l'activitat econòmica. Una limitació important, tanmateix, és el període mostral, que només arriba fins a mitjans dels 80 i es revela insuficient per captar en tota la seva magnitud l'impacte dels xocs energètics dels 70.

Aquestes anàlisi se centren essencialment en la relació entre l'energia i el capital, i ja des dels seus inicis presenten resultats antagònics sobre la complementarietat o substituïbilitat entre aquests inputs. Les discrepàncies s'atribueixen, d'una banda, a la relació que es mesura (de curt termini o llarg termini), la qual cosa sembla dependre del tipus de dades que s'utilitzen (transversals, temporals), a l'efecte que es mesura (d'escala o de substitució) i a la especificació dels models (en particular, a una adequada modelització del factor temporal d'ajustament). Addicionalment, quan s'utilitzen elasticitats globals de substitució la validesa dels resultats depèn de l'estabilitat en el temps de l'estructura dels macrosectors. Finalment, un altra limitació és que diverses anàlisi consideren els factors productius com un tot homogeni, situació que afecta especialment l'energia, però que també té conseqüències en el cas del capital. Com alguns estudis evidencien, la descomposició de l'energia en les seves diverses modalitats pot donar lloc a relacions diferenciades -de

substituïbilitat o complementarietat- amb la resta de factors productius. I quelcom semblant s'esdevé amb el capital quan aquest es considera de manera desagregada, en la doble vessant de capital fix i capital circulant.

Tot això fa que els resultats dels treballs empírics sobre la substitució entre inputs s'hagin d'entendre de manera relativa, al estar mediatitzats per una àmplia diversitat de factors (conceptuals, analítics, instrumentals, mostrals). Però en qualsevol cas, un elevat nombre d'estudis revela que existeixen considerables possibilitats de substitució entre els recursos no renovables (i en particular l'energia) i els factors produïts, especialment el capital. Això suggereix l'existència d'un cert marge de maniobra que permet contemplar les restriccions al creixement econòmic com una possibilitat llunyana. D'altra banda, no cal oblidar que aquests exercicis abasten uns períodes mostrals relativament curts (20/30 anys), pel que la validesa de les seves implicacions queda limitada al curt/mig termini. Les anàlisi sobre la relació entre els recursos no renovables i els factors produïts en el llarg termini revelen clarament una dinàmica continuada de substitucions, en les que les innovacions i el progrés tecnològic juguen un paper determinant.

El que s'ha exposat fins ara suggereix que en l'anàlisi econòmica dels recursos no renovables, més enllà de la preocupació sobre el possible exhauriment i les condicions que garanteixin un resultat eficient en la seva explotació, pot tenir un major interès centrar-se en els aspectes positius i estudiar el funcionament dels mercats per explicar la formació dels preus i la utilització efectiva dels recursos. Dins de l'anàlisi econòmica aquesta vessant ha rebut poca atenció si hom compara el nombre d'aportacions amb les de la teoria de l'esgotament, i, a més, aquestes contribucions només constitueixen referències secundàries en el món acadèmic, fortament influït per la inèrcia dels plantejaments optimitzadors.

Per explicar la formació dels preus i el funcionament dels mercats cal distingir entre el curt, mig i llarg termini, doncs els factors determinants són diferents en cada cas. A curt termini els preus d'alguns recursos no renovables presenten fortes oscil·lacions si l'explotació té lloc en un entorn competitiu (quan no existeix poder de mercat), circumstància que s'explica pels desajustaments entre la producció i la demanda. Com en l'explotació d'aquests

recursos els costos fixes acostumen a ser bastant elevats en relació als variables, fins que els preus no experimenten un fort retrocés no es procedeix al tancament de les explotacions, pel que en una situació competitiva, el marge de fluctuació dels preus entre el nivell "sostre", en el que tenen lloc les substitucions, i el nivell "terra", en el que els tancaments són inevitables, presenta una major amplitud en el cas dels recursos no renovables que per a la majoria de sectors industrials. El resultat de l'anacronia entre el comportament de la producció i la demanda a curt termini és que la seva igualtat només té lloc de manera casual i els mercats competitius de recursos no renovables es caracteritzen per una recerca continuada -i impossible- de situacions d'equilibri, amb uns preus que fluctuen de manera permanent per clarejar el mercat.

Quan les formes de mercat (o les formes transaccionals) canvien, també ho fa la formació dels preus. És el que succeeix en els "mercats de preus administrats". Aquesta configuració correspon a una situació de poder de mercat pel costat de l'oferta i les transaccions es vehiculen mitjançant contractes a llarg termini que doten d'estabilitat a la relació entre productors i utilitzadors, pel que les fluctuacions dels preus també són menys accentuades. En aquests mercats el grau de rivalitat entre empreses per la via dels preus és menor, i àdhuc, poden tenir lloc pràctiques col·lusives per maximitzar els beneficis a llarg termini, la qual cosa requereix evitar la penetració en el mercat de recursos alternatius. D'altra banda, mentre els mercats competitius sempre es buiden -la incògnita és a quin preu-, els mercats de preus administrats no necessàriament ho fan. En la fase expansiva, quan la demanda excedeix la capacitat de producció, aquella pot estar subjecte a racionament (per dilatar els lliuraments en el temps, afavorir els utilitzadors habituals), mentre en la conjuntura recessiva, quan l'oferta excedeix a la demanda, el resultat és una restricció de la producció i/o una acumulació d'estocs.

En la pràctica, els mercats normalment presenten configuracions mixtes, en les que el predomini d'una determinada estructura pel costat de l'oferta es completa amb un subconjunt d'empreses que actuen en condicions diferents, i el cas més habitual en els recursos no renovables és la presència d'oligopolis amb un grup marginal competitiu. En aquesta configuració les empreses de cada grup s'enfronten a funcions de demanda singulars i la seva estratègia també és distinta, pel que els resultats del mercat difereixen dels casos

anteriors. El més remarcable és que aquesta configuració pot donar lloc a una estabilització dels preus, que s'esdevé si s'acompleixen dues condicions. La primera és que les empreses preu-acceptants (que constitueixen el grup marginal competitiu), no puguin augmentar les vendes de manera continuada a un preu inferior al que han fixat les grans empreses. Si això succeís, els productors oligopolístics perdrien una part important de la seva quota (i poder) de mercat i la configuració de l'oferta esdevindria íntegrament competitiva, el que condueix a una inestabilitat permanent dels preus. La segona condició és que la capacitat de producció del segment oligopolístic no es trobi saturada, doncs en una situació de plena capacitat els preus podrien augmentar contínuament davant de la impossibilitat dels productors oligopolístics d'abastir tota la demanda. Això indica que en la pràctica l'estabilitat dels preus requereix de l'existència d'un grup de productors compensadors amb poder de mercat que actuïn de manera conjunta i adaptin voluntàriament l'oferta a la demanda per mantenir el control del mercat, la qual cosa requereix mantenir una certa capacitat excedentària.

Les anàlisi empíriques sobre el manteniment d'un excés de capacitat no són gaire nombroses i es refereixen sobretot als minerals no combustibles, pel que és quelcom arriscat pronunciar-se de manera concloent. Dins d'aquestes limitacions, l'evidència disponible suggereix que en situacions de poder de mercat l'existència d'un excés de capacitat estratègic ha influït directament en el major control sobre els preus exercit per les empreses.

El comportament dels preus en el curt termini depèn, doncs, de l'estructura de mercat i en el cas dels recursos no renovables aquesta estructura està determinada principalment per cinc factors enfront dels quals els diferents actors (països hostes, empreses explotadores, empreses utilitzadores) adopten un posicionament concret. Aquests factors són les característiques de la demanda, l'escassetat relativa dels recursos, la seva concentració geogràfica, la localització específica dels recursos i la incidència de la seva fixació a l'espai i la tecnologia d'extracció i transformació. Els efectes d'aquest darrer factor, al seu torn, es manifesten mitjançant tres elements que influeixen en l'estructura de mercat per la via de les barreres d'entrada: les patents en la tecnologia de procés, les economies d'escala en la producció i el transport i la inversió específica del producte i amb costos enfonsats.

L'estructura de mercat dels recursos naturals és una conseqüència de la importància relativa que tenen aquests factors i la manera com interactuen entre ells. Així, una situació en la que coexisteixin una elevada escassetat de recursos, una acusada concentració geogràfica, fortes barreres d'entrada i una demanda inelàstica, tindria com a resultat una configuració caracteritzada per la presència de grans companyies explotadores (presumiblement amb un considerable poder de mercat), una implicació directa dels estats consumidors per assegurar-se un subministre estable i els intents dels estats perifèrics per capturar una part important de les rendes: és el cas de l'alumini i el níquel. Modificacions en alguns d'aquests factors comporten canvis en l'estructura del mercat. Si, per exemple, es mantenen els trets que acabem d'exposar però la demanda esdevé elàstica, el mercat tendirà a presentar una configuració com l'anterior llevat en un punt: en la nova situació és menys probable que tingui lloc una implicació directa dels països consumidors (és el cas del coure i l'estany). En general, quan es relaxa el comportament de les variables estratègiques l'estructura de mercat tendeix a atomitzar-se i els preus s'esmoreixen. Si es manté la situació inicial però les barreres tecnològiques a l'entrada són petites, augmenta el nombre d'empreses participants i es redueix el seu poder de mercat, però persisteix la presència activa dels països consumidors (és el que succeeix amb el petroli i el ferro, per exemple). Si, a més, la demanda és elàstica, l'estructura de mercat esdevindrà més competitiva i l'increment en el nombre d'empreses es combinarà amb una feble presència directa dels estats consumidors i una pressió a la baixa dels preus, com succeeix amb el carbó.

Enfront de les oscil·lacions que presenten els preus dels recursos no renovables a curt termini, l'evidència disponible sobre l'evolució dels preus a llarg termini indica que la seva tendència presenta una uniformitat: els preus experimenten una evolució similar en el temps (en forma d'U) i l'únic que canvia entre recursos és l'amplitud de les diferents fases -decreixement, inflexió/aplanament i creixement- que configuren aquesta tendència. Tanmateix, l'anàlisi del "llarg termini" en el cas dels recursos no renovables té una utilitat relativa. La vida útil d'aquests recursos és normalment tan dilatada que la identificació de la seva tendència -i dels factors subjacents- és insuficient per captar els principals factors en la determinació dels preus. Això fa necessari traslladar l'anàlisi a períodes més curts, en els

que operen factors que actuen com un "soroll blanc" en el llarg termini però que influeixen directament en els moviments dels preus. L'anàlisi en el mig termini sembla el més indicat pels avantatges que presenta: permet aïllar les oscil·lacions cícliques pòpies del curt termini així com captar aquells factors que afecten d'una manera estable els preus dels recursos a banda de les forces subjacents que operen en el llarg termini i que es redueixen a dos elements (el canvi tecnològic, d'una banda, i l'escassetat natural, de l'altre).

L'anàlisi del funcionament d'un mercat concret d'un recurs no renovable i de la determinació dels preus en el mig termini permet comparar diferents aproximacions analítiques i avaluar la seva capacitat explicativa. Aquest exercici es du a terme pel cas del petroli.

A partir d'una aproximació d'equilibri general, alguns economistes conclouen que en el sector del petroli els darrers 25 anys no ha existit poder de mercat, ja que l'OPEP no ha pogut fixar els preus en termes de la capacitat adquisitiva, que és la variable rellevant. Per això analitzen el sector del petroli a partir de la teoria de l'esgotament, com si presentés una configuració competitiva. Les fluctuacions en els preus que tenen lloc des de la dècada dels 70 no s'atribueixen la influència de l'OPEP sino a les expectatives dels agents sobre la disponibilitat futura del recurs (és a dir, sobre la seva escassetat relativa). Aquestes expectatives es generen a partir de la informació existent sobre descobriments, innovacions, pautes del consum, etc., i se suposa que influeixen en l'oferta i demanda actuals (i per tant, en els preus), i és per aquesta via que l'esquema marginalista recupera el protagonisme per explicar el comportament del sector.

Enfront d'aquesta idea, la realitat sembla desmentir que les expectatives sobre l'esgotament físic del petroli influencien les decisions de producció i consum actuals, i a través d'elles, els preus. Diferents anàlisi empíriques mostren que aquest recurs actualment no és exhaurible en sentit econòmic, pel que questionen que la teoria de l'esgotament serveixi per explicar la determinació dels preus. La no exhauribilitat del petroli s'atribueix a la diferència entre els costos marginals de producció (incloent-hi totes les fases: exploració, desenvolupament i extracció) i el seu preu, i l'existència d'aquesta desproporció és precisament el que explicaria que els augments de preus que tenen lloc durant la dècada dels 70 i les expectatives que reforcen la seva pressió a l'alça no estiguin relacionats amb una major

escassetat natural: aquesta circumstància, si de cas, s'hauria reflectit en un increment dels costos (que no va tenir lloc). Des d'aquesta perspectiva, la teoria de l'esgotament, que suposa que el preu del petroli es determina per la seva escassetat natural, només tindria validesa quan l'exhauriment físic fos imminent i el futur afectés les decisions presents (el que es reflectiria mitjançant una taxa implícita de descompte elevada i creixent), i a través d'elles, als preus i quantitats d'avui, circumstància que encara no s'ha esdevingut.

Tanmateix, aquesta crítica també mereix algunes qualificacions, doncs identifica la teoria de l'esgotament únicament amb un dels factors que la modulen, l'escassetat natural del recurs. En aquest punt convé recordar que el fenomen de l'escassetat natural té una dimensió relativa, ja que la seva importància real depèn del comportament d'altres factors que també han estat objecte d'estudi per l'anàlisi convencional. Així, quan el model simple de Hotelling s'estén amb la incorporació de diversos factors presents en el món real, l'efecte d'escassetat -associat a l'esgotament-, sense arribar a desaparèixer, pot tenir una influència negligible durant un període considerable de l'explotació del recurs, mentre en la trajectòria dels preus hi té una major influència el comportament d'aquells altres factors: el cas més clar és el del progrés tècnic, que pot comportar l'aparició de trajectòries de preus monotonament decreixents o tendencialment decreixents en forma de dents de serra. Aleshores, les dificultats per explicar la determinació dels preus a partir de la teoria de l'esgotament no es deuen tant a l'impacte negligible de l'efecte escassetat com a la disincronia entre els plantejaments amb que es construeix la teoria i els objectius a que que s'adreça, d'una banda, i l'àmbit en el que s'utilitza, de l'altra. Recordem que el referent de la teoria de l'esgotament és l'eficiència social, i quan aquesta no és assolible per diversos motius (per exemple, per l'existència d'informació incompleta, d'estructures no competitives) es manté el supòsit de la maximització dels beneficis com a guia del comportament dels agents, pel que l'anàlisi se situa en els límits estrictes de la dimensió econòmica. Però aquest plantejament, que segurament constitueix una aproximació adequada per analitzar el funcionament de la majoria mercats, es presenta més problemàtic en el cas del petroli, degut a la influència de factors externs que, especialment pel costat de l'oferta, depassen el racionalisme econòmic quantificable en unitats monetàries.

L'evolució dels preus del petroli en el mig termini també es pot explicar a partir de les aportacions basades en l'economia industrial. En aquest enfocament es prescindeix del principal factor diferencial d'un recurs no renovable, la seva escassetat natural, i es considera el sector del petroli igual que la resta d'activitats. L'èmfasi es posa en les condicions tècniques d'explotació i en l'estructura de mercat així com en els aspectes institucionals, fet que guanya importància amb el creixent protagonisme que assoleix l'OPEP a partir dels 70. L'evolució del preu del petroli en els darrers 40 anys apareix com el resultat d'una pugna entre els països hostes i les companyies explotadores per apropiar-se de la major part possible de l'excedent dels consumidors, determinant-se el preu en cada moment en funció del poder relatiu d'ambdós actors.

Durant els anys 60, quan l'explotació tenia lloc en un règim de concessió dels països hostes a les companyies multinacionals, aquests països inicien la seva estratègia d'apropiació de l'excedent mitjançant l'establiment d'impostos sobre l'explotació: la conseqüència directa d'establir un impost és augmentar els preus, disminuir la demanda i transferir part de l'excedent del sector privat (consumidors, importadors, companyies multinacionals concessionàries) als països hostes. L'altra alternativa que se'ls hi presenta als països hostes és la nacionalització de les societats estrangeres i la fixació d'un preu de monopoli. En aquest cas l'excedent total es redueix i també el que reb el sector privat (consumidors, importadors, companyies multinacionals concessionàries), però en canvi, l'excedent capturat pels països hostes és superior al que obtenien en la situació anterior. En termes de la racionalitat microeconòmica, l'existència d'un escenari més favorable als seus interessos (malgrat la pèrdua total de benestar) és el que explica el procés de cartelització, la nacionalització dels actius estrangers en el sector i la fixació d'uns preus de monopoli a partir del 1973 per part dels països de l'OPEP en uns moments en que la demanda mundial de petroli presentava un considerable dinamisme.

En les configuracions basades en el poder de mercat (com és el cas dels càrtels), la diferència entre els preus i els costos marginals no es considera una conseqüència de l'escassetat natural del recurs deguda a la no renovabilitat (com postula la teoria de l'esgotament) ni el resultat de possibles rendes diferencials, sino que respon essencialment

al control que exerceixen els productors de manera col·lusiva. Per això es recorre als models microeconòmics sobre la cartelització -amb diferents variants- per explicar l'evolució dels preus del petroli de les dues darreres dècades.

Les primeres versions es basen en el model del càrtel pur (sense distingir comportament estratègic entre els diferents membres) i les anàlisis s'adrecen a determinar el marge de maniobra del càrtel per fixar els preus i mantenir una posició dominant, el que també comporta establir les condicions que garanteixen la seva cohesió: un reduït nombre d'ofertants, l'existència d'un recurs homogeni, una demanda inelàstica, un nombre de compradors elevat i l'homogeneïtzació dels interessos entre els diferents membres. L'existència d'un entorn consistent amb aquests requisits és el que explicaria l'estabilitat dels preus del petroli en el període 1973-78 en uns moments de manteniment de la demanda. Tanmateix, una de les limitacions de la teoria "pura" del càrtel aplicada al mercat del petroli és que no considera les interaccions que tenen lloc en el si de l'OPEP i que poden influir de manera decisiva en el resultat final. Per suplir aquesta carença s'han incorporat models d'oligopoli amb un productor dominant, en la línia de Von Stackelberg. En aquests models se suposa que tots els productors, llevat el dominant, es comporten de manera competitiva, i així també s'eliminen les complicacions inherents al comportament cooperatiu.

Aquest model es completa amb una versió en la que s'estableix una ulterior diferenciació entre els productors. D'una banda, el "nucli" de l'OPEP, format pels països amb una baixa capacitat d'absorció. D'altra part, la resta de l'OPEP i els productors no-OPEP, per reflectir la creixent importància que aquests països tenen a partir de 1979 (mercès a l'existència d'uns preus internacionals del cru suficientment remuneradors). En aquest context, el desplaçament cap a la dreta de la corba d'oferta dels productors externs a l'OPEP com a conseqüència dels preus vigents des del 1979 va comprimir progressivament la demanda residual i a l'hora va deprimir el preu "òptim" del càrtel (entès com el que maximitza els beneficis), pel que davant d'un comportament estrictament maximitzador la pèrdua de quota de mercat de l'OPEP que té lloc en la primera meitat dels 80 era inevitable.

La principal limitació de la darrera generació de models basats en el poder de mercat és que perquè es pugui assolir el preu o el pla de producció -que indirectament també

determina el preu- que preveuen els productors dominants, aquests han de conèixer l'oferta dels productors marginals i la demanda de petroli, que és el que permet, per diferència, estimar la demanda residual, que és la variable clau pels productors dominants. El problema és que en la pràctica, aquestes funcions són difícils de determinar, ja que no tan sols depenen del preu del petroli, com suposa la teoria. La producció efectiva del grup marginal està determinada per una capacitat que és el resultat de descobriments i desenvolupaments passats, i la producció corrent deguda a una capacitat creada en el passat no és gaire sensible a variacions en els preus, àdhuc si aquestes fluctuacions són fortes. I una situació semblant té lloc pel costat de la demanda que depèn d'una diversitat de factors que van des del creixement econòmic fins a l'estructura impositiva de cada país, sense oblidar que el petroli és una mercaderia estratègica, pel que el seu consum també està mediatitzat per les polítiques de conservació i substitució entre recursos, que depassen els criteris de valoració "òptima" a partir dels preus.

Com a conseqüència de tot això, els productors del nucli es poden trobar amb un augment considerable de la producció del grup marginal deguda a causes exògenes, i si aquesta expansió coincideix amb la presència de factors esmorteïdors pel costat de la demanda, la demanda residual adreçada a ells serà petita, com succeí en el període 1981-87. En sentit contrari, una disminució de la producció del grup marginal (com s'esdevingué el 1990), l'acumulació d'existències (1979-80) i l'augment de la demanda deguda al creixement econòmic (1972-73), poden fer que la demanda residual sigui gran i excedeixi la capacitat de producció del nucli. Degut a la correlació imperfecta entre preu i demanda residual, la maximització d'ingressos que postula la teoria (i que segurament voldrien els productors del nucli) no és del tot creïble. Cal conformar-se amb un "second best": assolir uns resultats millors que els que s'obtidrien en una situació competitiva, però que difícilment seràn "òptims". D'altra banda, els desenvolupaments de l'oferta i la demanda que només estan influïts pels preus poden conduir, paradoxalment, a excessos d'oferta i de demanda si aquests desenvolupaments se sumen a factors externs que actuen en la mateixa direcció, accentuant-se les fluctuacions. En definitiva, factors de tot tipus (geofísics, polítics, econòmics) que afecten també l'oferta i la demanda estan subjectes a canvis que són

independents dels preus establerts pels països del nucli, i això, més que el comportament col·lusiu d'aquest grup de productors, és el que explicaria les diferents "crisi" en el mercat del petroli els darrers 25 anys.

Les aproximacions neoricardianes també accepten que són les formes oligopolístiques i no les competitives les que constitueixen la representació més adequada per explicar el funcionament del mercat del petroli. Però en aquest cas la configuració oligopòlica adopta unes característiques especials, i reb un tractament diferent del que tenia en les aproximacions basades en l'economia industrial convencional. El mercat del petroli es contempla com un oligopoli trilateral en el que els actors que intervenen són els països productors, les empreses multinacionals i els països consumidors i es consideren tant les relacions entre els diversos grups com les relacions que s'estableixen dintre de cada grup entre els diferents agents. Un aspecte important són les possibles situacions d'oligopoli intern. Per exemple, si dins d'un grup, uns pocs agents -pel poder que exerceixen en el si del grup- tenen capacitat d'influir directament en el resultat del mercat, mentre la resta només ho poden fer si actuen de manera conjunta. Així, el resultat final és una conseqüència de la interacció entre els diferents grups però està mediatitzat per la relació de poder dins de cada grup.

En aquest enfocament, la grandària de les barreres de entrada, d'una banda, i el grau de control oligopolístic del mercat pels diferents actors i les seves estratègies davant de circumstàncies concretes, per l'altra, és el que explica l'excés del preu sobre el preu mínim (preu de competència perfecta a llarg termini). A partir d'aquesta idea es consideren diversos escenaris a curt termini. L'escenari de crisi es caracteritza per una acusada reducció de la producció degut a la conjuminació de factors de tipus divers (polítics, ecològics). En sentit contrari, l'escenari del col·lapse tindria lloc com a conseqüència un enfonsament del mercat a causa de l'excés de producció. Per la seva part, l'escenari d'estabilitat s'associa a un creixement econòmic moderat en els països desenvolupats i a un augment gradual de l'oferta per part dels nous productors de cru. En aquest escenari Aràbia juga un paper fonamental pel domini que exerceix en el mercat del petroli (per la grandària de les reserves i els baixos costos de producció), i és a partir d'aquesta situació que està en condicions

d'imposar les seves preferències: uns preus moderats que desincentivin el desenvolupament de recursos substitutius i l'explotació intensiva dels dipòsits de cost elevat.

Degut al lideratge que Aràbia exerceix en el mercat del petroli, un cop definida la seva estratègia és fàcil que aquesta s'interpreti com a versemblant per a la resta d'actors. El poder d'Aràbia entre els diferents actors que intervenen en el mercat del petroli li permet dissenyar una estratègia que satisfà els seus interessos i que a l'hora és compatible amb els interessos dels altres agents, al garantir un creixement sostingut en un marc d'estabilitat. I aquesta sintonia d'interessos és el que augmenta la probabilitat de que aquest sigui l'escenari que s'esdeingui. Resulta il·lustratiu que -amb l'excepció puntual del 1990-, aquesta hagi estat la tendència del mercat des de la guerra de preus iniciada per Aràbia el 1986.

L'escenari que s'imposi a llarg termini depèn de les pautes que hagi seguit el mercat a curt termini. Descartat l'escenari de crisi, l'escenari del col·lapse derivaria en una configuració competitiva del sector. L'escenari d'estabilitat, en canvi, permet als principals països productors mantenir la participació en el mercat mundial del cru, i a les empreses multinacionals consolidar l'hegemonia en els productes derivats. Aquesta configuració també és acceptable pel principal consumidor, els Estats Units, per dos motius. D'una banda, perquè és el país que acull un major nombre de grans empreses, així com un important productor, pel que al si dels Estats Units són constants les pressions per assolir uns preus elevats i estables. D'altra part, al disposar d'una producció interna de petroli considerable, els Estats Units gaudeixen d'un avantatge en relació als principals competidors internacionals en el sector manufacturer que és major quan més elevats són els preus del cru. Amb l'enfocament de l'oligopoli trilateral, aquesta coincidència d'interessos entre els agents amb més poder dins de cada grup és el que explicaria l'estabilitat en l'evolució del mercat del petroli amb un creixement molt moderat dels preus.

L'aproximació neoricardiana constitueix un pas endavant per dotar l'anàlisi d'una dimensió més amplia, al introduir de manera explícita els diferents grups d'actors que intervenen en el mercat del petroli així com les seves preferències. Tanmateix, aquesta anàlisi té una limitació, i és que expressa les preferències exclusivament en forma d'objectius econòmics. L'anàlisi de l'evolució del mercat del petroli des dels anys 60 evidencia la interdependència

-de vegades visible, de vegades soterrada, però sempre latent- entre els factors econòmics i polítics en el seu funcionament (i per tant, en la determinació dels preus), pel que els enfocaments que consideren únicament els factors econòmics deixen de banda un aspecte fonamental de la realitat.

Per suplir aquesta limitació és necessari introduir explícitament els elements polítics en l'anàlisi, així com les interrelacions entre els factors polítics i econòmics per veure com afecten la formació dels preus. La influència dels factors polítics ve donada per les decisions polítiques a través de les quals els agents expressen les seves preferències en sentit ampli, i que es poden diferenciar de les decisions substancialment racionals en el sentit de Simon, que són les que es consideren en els altres enfocaments. Aquestes decisions responen a tres categories: les que modifiquen els drets de propietat (per exemple, la nacionalització de les reserves), les que es deriven de la incertesa i estan associades al desconeixement de les possibles situacions futures (per exemple, les reaccions dels altres actors) i les que responen a objectius no monetaris (cas de l'estabilitat dels governs).

Les decisions polítiques que s'inclouen en aquestes tres categories afecten continuament el mercat del petroli, ja que de tots els agents només per a les empreses multinacionals i els intermediaris i/o especuladors prima el comportament racional en sentit econòmic, però com aquests agents des de fa ja alguns anys només controlen una petita part de la producció, els models que tan sols es basen en la racionalitat econòmica són insuficients per explicar el funcionament del mercat. Així, si els productors -a qui s'atorga el major poder de mercat- només atenguessin a aquesta racionalitat i actuessin amb criteris d'eficiència, tots els augments en la capacitat tindrien lloc en l'Orient Mitjà (i en concret, als països del Golf, que constitueixen el nucli de l'OPEP), on es troben les reserves de més baix cost, que són les que determinen el nivell inferior del preu d'equilibri dinàmic. I com els costos de desenvolupar aquestes reserves són estables i les reserves provades bastant elevades hom esperaria un manteniment dels preus en el mig termini.

Tanmateix, en el mercat del petroli no primen els criteris d'eficiència intertemporal, ja que per motius polítics els països del nucli de l'OPEP no desenvolupen íntegrament les seves reserves. L'objectiu d'aquests països és acotar els límits dintre dels quals poden expressar

les preferències polítiques i per això cal definir una estratègia que no provoqui reaccions de conseqüències imprevisibles en el mercat (en el sentit de conduir-lo fora d'aquests límits). En termes econòmics, els productors del nucli no estan interessats en que el preu dinàmic assoleixi el nivell màxim, perquè això comporta acceptar que tots els desenvolupaments de capacitat corresponguin als productors marginals, mentre la seva participació en el mercat experimenta un retrocés continuat. En sentit invers, tampoc optaran pel preu mínim, perquè els seus beneficis es reduïrien als estrictament normals, ja que s'eliminen totes les rendes diferencials. Entre aquests dos límits existeix un ampli ventall de possibilitats. En aquest sentit, el període 1973-86 constitueix una fase d'adaptació de l'OPEP -i especialment dels productors del nucli- a un nou context caracteritzat per un major control directe de les reserves. I les decisions de la pròpia OPEP basades en la racionalitat procedimental van ser les que modularen el seu procés d'aprenentatge. En aquell període els preus van fluctuar abastament, però a partir de 1986 i amb l'excepció puntual del 1990 els preus han mantingut una estabilitat. Això sembla suggerir que després del procés d'aprenentatge sobre les oscil·lacions dut a terme per l'OPEP des de començament dels 70, els límits als moviments de preus apareixen actualment bastant definits. I això pot ser indicatiu que en el futur l'expressió de les preferències polítiques per part dels països del nucli de l'OPEP no conduïran a les brusques fluctuacions de les dues darreres dècades.

L'anàlisi que hem dut a terme sobre el comportament del mercat del petroli ha permès identificar els principals factors en la determinació dels preus a mig termini. En aquest sentit, una primera conclusió és que la configuració de l'oferta influeix de manera directa en els resultats. Tanmateix, les diferències apareixen al avaluar de quina manera es manifesta aquesta influència. Així, mentre els defensors de la teoria de l'esgotament mantenen la validesa de l'aproximació marginalista en un context competitiu, la resta d'aproximacions conclouen que durant els darrers 25 anys el poder de mercat exercit pels productors ha estat decisiu, bé que de manera desigual al llarg del temps. En el cas del petroli aquest poder és el resultat de la correlació de forces entre els diferents actors (països hostes, companyies explotadores, països consumidors) que intervenen en el mercat, i per tant,

està subjecte a canvis al llarg del temps. En d'altres recursos aquesta correlació és diferent, pel que també ho serà el funcionament del mercat i l'evolució dels preus. Per això entenem que en l'àmbit dels recursos no renovables les aproximacions basades en l'estructura del mercat -que reflecteixen precisament la correlació de forces a que abans ens hem referit- són les més adequades per explicar la determinació dels preus en el mig termini, llevat aquells casos en que l'escassetat física sigui imminent i tingui efectes econòmics. La identificació d'aquesta eventualitat requeriria una anàlisi individualitzada pels diferents recursos com la que aquí s'ha dut a terme en el cas del petroli, pel que tota generalització podria conduir a resultats errònics. Tanmateix, l'evidència disponible sembla indicar que actualment, aquella eventualitat, per la majoria de recursos, més aviat tindria un caràcter excepcional.