

ANÀLISI ECONÒMICA I RECURSOS NO RENOVABLES

Joaquim Solà i Solà

IBERCA
IBERCA
IBERCA
IBERCA
IBERCA

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, malhauradament, 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 Adelman 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'avversió 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 (consustancial 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 -entès 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 hipòtesis 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 anàlisis 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'escassedat, 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'escassedat no és directament observable.

De vegades l'evolució dels preus pot seguir la mateixa pauta que la renda d'escassedat, 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'escassedat 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'escassedat 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 anyals 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 principals 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 apleix 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'escassetat 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 Estat 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'escassetat 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'escassetat. 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 Capítol 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 irremediable, 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 límit 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'escassedat.

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'escassedat.

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·ls 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%.