

# ANÀLISI ECONÒMICA I RECURSOS NO RENOVABLES

Joaquim Solà i Solà

IBERCA  
IBERCA  
IBERCA  
IBERCA  
IBERCA

## 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 capdavant, 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 consciència 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 Bruntland (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 disminuiria 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'equidat 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'equidat 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 Petrolière, 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, Nº 1, pp. 1-3
- Hotelling, H. (1931). "The economics of exhaustible resources", Journal of Political Economy, vol 39, Nº 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-Quorzio, 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 Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future, (The Brundtland 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 <sup>(25)</sup>.

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  $P_t = C' + r$  renda d'escassetat, 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'escassetat 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'escassetat) 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:

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

sent  $\theta$  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

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

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 perquè 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 competitives 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 varianza 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). És 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 <sup>(30)</sup>. 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'explotació 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 esmorteïr-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 porcentual 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 sotmés a les pressions pròpies del lliure accés. I com prediu 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 proveïr 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.

lilitat 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> podria ser un canvi irreversible en l'estat de l'atmosfera. Com els efectes sobre l'atmosfera de l'acumulació de CO<sub>2</sub> 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.