

ANÀLISI ECONÒMICA I RECURSOS NO RENOVABLES

Joaquim Solà i Solà

IBERCA
IBERCA
IBERCA
IBERCA
IBERCA

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

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

5.4.2. L'extensió de les anàlisi.

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

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

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

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

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

Per la seva part, Pindyck (1979) adopta un plantejament més semblant al de Gregory-Griffin i utilitza dades internacionals per mesurar la relació a llarg termini entre els factors de producció. Però la seva anàlisi s'aplica al conjunt de l'economia (Gregory-Griffin se centren en el sector manufacturer) i es du a terme en intervals temporals d'un any. L'objectiu és detectar possibles diferències en el comportament dels factors entre països. Com ja havia fet Fuss, Pindyck incorpora quatre inputs energètics individuals en el model (carbó, petroli, gas natural i electricitat), bé que per aquest nivell de desagregació només mesura les elasticitats directes i creuades. Les elasticitats de substitució es determinen pels inputs "globals". La mostra la constitueixen 10 països de l'OCDE (93) i el període mostrat abasta els anys 1959-1973, una etapa de forta expansió econòmica. Els resultats que obté Pin-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.5. Síntesi de resultats.

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

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

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