

Tema 3. Externalitats



Arthur Cecil Pigou
(1877-1959)



Ronald Harry Coase
(1910)



Hal R. Varian
(1947)

3.0. Introducció

Definició 3.0.1. Una externalitat (efecte vessament o efecte extern) és tot efecte secundari d'una decisió presa per un agent, relativa al consum o la producció d'un bé, que: (i) afecta el benestar d'un altre agent; i (ii) no es reflecteix en el preu del bé (vegeu <http://en.wikipedia.org/wiki/Externality>).

- Una externalitat té lloc quan les accions o decisions d'un consumidor o productor d'un bé afecten els costos o beneficis d'un altre agent sense la intermediació dels preus.
- Tota externalitat (també anomenada cost extern o benefici extern) implica que algú diferent del consumidor o productor d'un bé comparteix amb algú altre agent, de manera involuntària, els beneficis o costos associats amb el consum o producció bé.

Definició 3.0.2. Una externalitat és positiva quan l'efecte secundari sobre el benestar dels altres agents és positiu: aquests agents comparteixen els beneficis associats amb el consum o la producció.

- P.e., els qui es vacunen contra la grip a una facultat generen una externalitat positiva sobre tots els qui són a la facultat, perquè la seva vacunació redueix la probabilitat de tothom a la facultat de contraure la grip. Hi ha una externalitat perquè, a més, el preu de la vacuna no depèn dels efectes positius generats sobre els no vacunats.
- Els propietaris que tenen cura de les façanes dels seus habitatges generen una externalitat positiva sobre els vianants que gaudeixin contemplant façanes netes i en bones condicions, però els propietaris no cobren als vianants per gaudir de la façana. Si cobressin, l'externalitat s'hauria "internalitzat" (eliminat): només gaudiria de la façana qui paga per ella.

Definició 3.0.3. Una externalitat és negativa quan l'efecte secundari sobre el benestar dels altres agents és negatiu: aquests agents comparteixen els costos associats amb el consum o la producció.

- P.e., els qui no es vacunen contra la grip a una facultat generen una externalitat negativa sobre els qui sí ho fan, perquè el contacte dels vacunats amb els no vacunats augmenta la probabilitat dels vacunats de contraure la grip. Hi ha una externalitat perquè, a més, els no vacunats no compensen als vacunats per aquest perjudici potencial.

- Els avions generen una externalitat negativa, com a mínim en forma de contaminació acústica, pels qui resideixen a prop de l'aeroport d'on aterren i s'enlairen els avions. Hi ha una externalitat perquè les companyies aèries no compensen els residents pels mals que els causen els avions: les companyies no consideren un cost el mal que produeixen els seus avions als residents. El mal pot ser molt superior a la molèstia acústica: els habitatges dels residents poden tenir un preu inferior al que tindria l'habitatge en un altre lloc justament per situar-se a prop d'un aeroport.
- Més externalitats negatives: l'escalfament del planeta, els elements cancerígens als aliments, la pol·lució atmosfèrica –que causa la mort de 16.000 persones l'any a Espanya, <http://www.farodevigo.es/secciones/noticia.jsp?pIdNoticia=58026&pIdSeccion=6&pNumEjemplar=2599>–, les emissions tòxiques, la pluja àcida, l'erosió del sòl, la congestió (al trànsit, a Internet, als telèfons mòbils), la sobreexplotació dels recursos de propietat comuna...

Definició 3.0.4. Les externalitats en el consum estan associades amb el consum dels béns; les externalitats en la producció estan associades amb la producció dels béns.

- Una externalitat de xarxa és un tipus d'externalitat causada pel fet que el benefici que obté un consumidor del consum d'un bé depèn del nombre de consumidors que tingui el bé. P.e., quan un comprador compra un telèfon mòbil beneficia a tots els qui ja el tenen, perquè poden comunicar-se a través del mòbil almenys amb una persona més. Les externalitats de xarxa són un exemple d'externalitat en el consum.
- Un exemple d'externalitat en la producció són les invencions no patentades, ja que qualsevol productor d'un bé diferent de l'inventor pot fer servir la invenció en la producció del bé.

Definició 3.0.5. Un cost intern (o privat) associat amb una acció o decisió és aquell que té en compte l'agent que pren l'acció o decisió. Un cost extern associat amb una acció o decisió és tot aquell cost que no té en compte (ni, per tant, assumeix) l'agent que pren l'acció o decisió.

- Considerem una empresa que produeix un cert bé i genera, com a subproducte, emissions tòxiques. Si no hi ha cap normativa sobre les emissions, els costos de producció del bé seran típicament costos interns per a l'empresa: salaris dels treballadors, despesa en matèries primeres, interessos de crèdits, despeses de manteniment de les instal·lacions productives... En canvi, en la mesura que l'empresa no hagi de compensar pel mal que provoquen les emissions sobre la població o no hagi d'adaptar la seva tecnologia productiva per tal de reduir o eliminar les emissions, els costos que causin les emissions sobre la població seran costos externs de la producció del bé per a l'empresa.
- Quan algú es connecta a Internet, assumeix com a cost intern el preu de l'equip informàtic, el preu de l'energia elèctrica o el preu de la connexió a Internet: són costos que directament afecten i assumeix qui es connecta. Per contra, si quan aquest algú es connecta no té en compte la seva contribució a la saturació del servei a determinades planes web, la congestió (i la consegüent reducció en la velocitat de transmissió de dades) són un cost extern per a algú altre que es connecti. Un exemple similar el proporciona la decisió de conduir el cotxe a determinades hores i la contribució d'aquesta decisió a generar o agreujar un embús de trànsit o a augmentar la probabilitat que tingui lloc un accident de trànsit.

Definició 3.0.6. El cost social associat amb una acció o decisió és la suma del cost privat i del cost extern de l'acció o decisió.

Definició 3.0.7. Un benefici intern (o privat) associat amb una acció o decisió és aquell que recau sobre l'agent que pren l'acció o decisió. Un benefici extern associat amb una acció o decisió és tot aquell benefici recau sobre agents diferents de l'agent que pren l'acció o decisió.

Definició 3.0.8. El benefici social associat amb una acció o decisió és la suma del benefici privat i del benefici extern de l'acció o decisió.

Remarca 3.0.9. El **problema que crea un externalitat a un mercat competitiu**. El preu d'un bé a un mercat competitiu tendirà a veure's afectat només pels costos privats de producció del bé i pels beneficis privats del consum del bé. Així, el preu no captura tots els beneficis o costos socials.

- Si els costos o beneficis externs de producció o consum del bé es tinguessin en compte en el procés de determinació del preu del bé, les externalitats en la producció o el consum s'haurien internalitzat i deixarien d'existir.
- La presència d'externalitats en la producció i/o consum d'un bé significa que no són els costos o beneficis socials els qui determinen el preu del bé, sinó els costos o beneficis privats. Com a conseqüència, el nivell de producció o consum del bé no serà Paretoeficient.

Remarca 3.0.10. **Tipologia de solucions per al problema que crea un externalitat a un mercat competitiu**. Totes les solucions passen per internalitzar l'externalitat: que els costos o beneficis externs siguin tinguts en compte. Generalment, cal una autoritat pública ("l'Estat") que imposi la internalització:

- de manera directa, mitjançant imposts, subvencions o quotes de producció; o
- de manera indirecta, mitjançant l'assignació de drets de propietat sobre els béns afectats per les externalitats –com l'aire o els dominis d'ús públic–, la creació de mercats d'externalitats –mercats dels drets d'emissió– o el disseny de mecanismes per a incentivar la internalització de les externalitats.

3.1. Anàlisi d'equilibri general de les externalitats

En aquest epígraf s'analitzen, en un context d'equilibri general: (i) els efectes d'una externalitat en el consum; i (ii) solucions al problema que crea l'externalitat relacionades amb la intervenció pública directa (imposts i subvencions). L'anàlisi d'equilibri parcial es du a terme a l'epígraf 3.2.

Exemple 3.1.1. Sigui l'economia 2×2 tal que $(\tilde{x}_1, \tilde{y}_1) = (10, 0)$, $(\tilde{x}_2, \tilde{y}_2) = (0, 24)$, $u_1(x_1, y_1, x_2) = x_1 y_1 + 4x_2$ i $u_2(x_2, y_2) = x_2 y_2$.

- L'exemple presenta un cas d'externalitat positiva en el consum: la quantitat x_2 del bé X consumida pel consumidor 2 afecta positivament la funció d'utilitat del consumidor. Això fa que el consum d' X que faci el consumidor 2 beneficiï al consumidor 1.

Càlcul de les distribucions Paretoeficients. Atès que $\tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 = 10$, tindrem $x_2 = 10 - x_1$. Per tant, les distribucions Paretoeficients es poden obtenir considerant que $u_1(x_1, y_1) = x_1 y_1 + 4(10 - x_1)$.

- La corba d'indiferència d'utilitat $k > 0$ s'obté de $x_1 y_1 + 4(10 - x_1) = k$; això és, $y_1 = 4 + (k - 40)/x_1$. Aquesta corba és contínua, decreixent i convexa. Com a resultat, tant 1 com 2 tenen corbes d'indiferència contínues, decreixents i convexes a l'interior de l'espai de béns. Per aquest motiu, les distribucions Paretoeficients corresponen als punts de tangència de les corbes d'indiferències dels consumidors a la caixa d'Edgeworth.

- El pendent en valor absolut al punt (x_1, y_1) d'una corba d'indiferència del consumidor 1 és $RMS_1 := (\partial u_1 / \partial x_1) / (\partial u_1 / \partial y_1) = (y_1 - 4) / x_1$. El pendent en valor absolut al punt (x_2, y_2) d'una corba d'indiferència del consumidor 2 és $RMS_2 := (\partial u_2 / \partial x_2) / (\partial u_2 / \partial y_2) = y_2 / x_2$. Per a què $((x_1, y_1), (x_2, y_2))$ sigui una distribució, cal que $x_2 = \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 - x_1 = 10 - x_1$ i $y_2 = \tilde{y}_1 + \tilde{y}_2 - y_1 = 24 - y_1$. Per a què $((x_1, y_1), (x_2, y_2))$ sigui Paretoeficient, cal que $RMS_1 = RMS_2$. En resum, $(y_1 - 4) / x_1 = (24 - y_1) / (10 - x_1)$. Aïllant y_1 s'obté la l'equació $y_1 = 4 + 2x_1$, que identifica les distribucions Paretoeficients a la caixa d'Edgeworth; vegeu la Fig. 1, on w és la dotació inicial. Tota distribució Paretoeficient s'obté donant valor a x_1 , ja que després tindrem $x_2 = 10 - x_1$, $y_1 = 4 + 2x_1$, $y_2 = 24 - y_1$. P.e., la distribució Paretoeficient on $x_1 = 3$ satisfà $y_1 = 10$, $x_2 = 7$ i $y_2 = 14$.

Càlcul dels equilibris walrasians. Suposem que el consumidor 1 no sap que la seva funció d'utilitat pot escriure's com $u_1(x_1, y_1) = x_1 y_1 + 4(10 - x_1)$. Per tant, el consumidor 1 maximitza la seva funció d'utilitat $u_1(x_1, y_1, x_2) = x_1 y_1 + 4x_2$ sotmès a la seva restricció pressupostària. El consumidor 2 maximitza $u_2(x_2, y_2) = x_2 y_2$ sotmès a la seva restricció pressupostària.

- El problema del consumidor 2 és estàndard: per la condició de tangència, $y_2/x_2 = p_x/p_y$; afegint-hi la restricció pressupostària $p_x x_2 + p_y y_2 = 24p_y$, s'obté $x_2 = 12p_y/p_x$ i $y_2 = 12$. Per tant, a tot equilibri walrasianà $y_2 = 12$. Això fa que $y_1 = \tilde{y}_1 + \tilde{y}_2 - y_2 = 24 - 12 = 12$.

- El consumidor 1 no tria x_2 (la quantitat d' X que consumeix 2), però pot afectar el valor d' x_2 regalant a 2 una quantitat r del bé X . D'aquí que el problema d'1 sigui equivalent a maximitzar (respecte d' x_1, y_1 i r) la funció $U_1(x_1, y_1, r) := x_1 y_1 + 4r$ sotmès a $p_x x_1 + p_y y_1 + p_x r = 10p_x$.

- Després de formar el langrangià, derivar respecte d' x_1, y_1 i r , aïllar el multiplicador de Lagrange i igualar les tres equacions, s'obté $y_1/p_x = x_1/p_y = 4/p_x$. S'hi arriba a aquest resultat directament invocant la condició d'igualació de les utilitats marginals en relació amb els preus (condició equivalent a la condició de tangència):

$$\frac{\partial U_1}{\partial x_1} = \frac{\partial U_1}{\partial y_1} = \frac{\partial U_1}{\partial r} \cdot \frac{p_x}{p_x} \quad (1)$$

- L'equació anterior donaria la solució en el cas els valors òptims d' x_1, y_1 i r fossin tots positius. Atès que $y_1 = 12$, $U_1(x_1, 12, r) = 12x_1 + 4r$ diu que la utilitat d'una unitat d' X dedicada a incrementar x_1 (la quantitat d' X que el consumidor consumeix) és superior a la utilitat d'una unitat d' X dedicada a incrementar r (la quantitat d' X que el consumidor 1 regala a 2). Quan el

consumidor 1 està consumint 12 unitats d' Y , la utilitat que obté d'una unitat d' X que ell mateix consumeix és $\partial U_1(x_1, 12, r)/\partial x_1 = 12$ i la que obté quan la regala al consumidor 2 és $\partial U_1(x_1, 12, r)/\partial r = 4$. Així, una unitat dedicada a incrementar x_1 fa augmentar més la utilitat d'1 que una unitat dedicada a incrementar r . Conclusió: $r = 0$. Com a resultat, la maximització que fa el consumidor 1 equival a maximitzar la "part privada" de la seva funció d'utilitat; això és, 1 maximitza $V_1(x_1, y_1) := x_1 y_1$ sotmès a $p_x x_1 + p_y y_1 = 10 p_x$.

- Per la condició de tangència, $y_1/x_1 = p_x/p_y$; afegint-hi la restricció pressupostària $p_x x_1 + p_y y_1 = 10 p_x$, s'obté $x_1 = 5$ i $y_1 = 5 p_x/p_y$. Sabent que a tot equilibri walrasià $y_2 = 12$ i que $y_1 + y_2 = 24$, resulta $5 p_x/p_y + 12 = 24$. D'aquí, $p_x/p_y = 12/5$, $y_1 = 5 p_x/p_y = 12$ i $x_2 = 12 p_y/p_x = 5$. La distribució d'equilibri e és $((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = ((5, 12), (5, 12))$, amb $p_x/p_y = 12/5$; vegeu la Fig. 1.

Fallida del Primer Teorema de l'Economia del Benestar. A l'economia de l'Exemple 3.1.1 no és cert el Primer Teorema de l'Economia del Benestar: la distribució d'equilibri e no es troba a la corba de contractes i, per tant, no és Paretoeficient.

- Totes les distribucions Paretoeficients satisfan $y_1 = 4 + 2x_1$ i la distribució d'equilibri no compleix aquesta condició, ja que $12 \neq 4 + 2 \cdot 5$.
- En general, la presència d'externalitats fa que el Primer Teorema de l'Economia del Benestar no sigui cert: una distribució d'un equilibri walrasià no necessàriament és Paretoeficient.

Fallida del Segon Teorema de l'Economia del Benestar. Considerem la versió del Segon Teorema amb transferències. Continuant amb l'economia de l'Exemple 3.1.1, sigui la distribució Paretoeficient $d = ((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = ((5, 14), (5, 10))$. Si el Segon Teorema és vàlid, hi ha transferències T_1 i T_2 als consumidors 1 i 2 que fan que d sigui la distribució d'un equilibri walrasià. Comprovem que no hi ha transferències T_1 i T_2 que aconseguixin aquest objectiu i, per tant, que el Segon Teorema no és vàlid a l'economia de l'Exemple 3.1.1.

- Amb la transferència T_1 , el consumidor 1 maximitza $u_1(x_1, y_1) = x_1 y_1 + 4x_2$ sotmès a $p_x x_1 + p_y y_1 = 10 p_x + T_1$. Amb la transferència T_2 , el consumidor 2 maximitza $u_2(x_2, y_2) = x_2 y_2$ sotmès a $p_x x_2 + p_y y_2 = 24 p_y + T_2$. Si T_i és un valor positiu, i guanya poder de compra; si és negatiu, i perd poder de compra. Cal trobar valors de p_x , p_y , T_1 i T_2 que facin que d sigui la distribució d'un equilibri walrasià. Així que $x_1 = 5$, $y_1 = 14$, $x_2 = 5$ i $y_2 = 10$, i les incògnites són p_x , p_y , T_1 i T_2 .

- La condició de tangència (o condició d'igualació de les utilitats marginals ponderades pels preus) del consumidor 2 diu que $y_2/p_x = x_2/p_y$. Amb $x_2 = 5$ i $y_2 = 10$, tindrem $10/p_x = 5/p_y$; això és, $p_x/p_y = 2$. Normalitzem els preus de manera que $p_y = 1$. Així, $p_x/p_y = 2$ implica $p_x = 2$. Per tant, la restricció pressupostària de 2 diu $2 \cdot 5 + 1 \cdot 10 = 24 \cdot 1 + T_2$. D'aquí resulta $T_2 = -4$: si el consumidor 2 ha de pagar 4 unitats monetàries aleshores, amb preus $p_x = 2$ i $p_y = 1$, el lot $(5, 10)$ que correspon al consumidor 2 a la distribució d maximitza la seva utilitat.

- El consumidor 1 maximitza $U_1(x_1, y_1, r) = x_1 y_1 + 4r$ sotmès a $p_x x_1 + p_y y_1 + p_x r = 10 p_x + T_1$, on r és la quantitat d' X que 1 regala a 2. Si el lot òptim d'1 ha de ser tal que $y_1 = 14$, aleshores 1 triarà $r = 0$: cada unitat d' X regalada fa augmentar la utilitat d'1 en $\partial U_1/\partial r = 4$, mentre cada unitat d' X que 1 consumeix ell mateix fa augmentar la seva utilitat en $\partial U_1/\partial x_1 = y_1 = 14$. En

conseqüència, la solució del problema del consumidor 1 s'obté maximitzant la "part privada" de la seva funció d'utilitat; això és, 1 maximitza $V_1(x_1, y_1) = x_1y_1$ sotmès a $p_x x_1 + p_y y_1 = 10p_x + T_1$. Però $p_x = 2, p_y = 1, x_1 = 5$ i $y_1 = 14$ no són valors que compleixin la condició de tangència $y_1/x_1 = p_x/p_y$ del consumidor 1. En resum: el lot (5, 14) que correspon al consumidor 1 a la distribució d no maximitza la seva utilitat i, per tant, no pot ser part d'un equilibri walrasià quan la renda dels consumidors s'altera mitjançant transferències.

Una solució a la fallida del Segon Teorema de l'Economia del Benestar: impostos/subsidis (anomenats pigouvians) combinats amb transferències. El consum que 2 fa d' X té un efecte colateral positiu sobre 1. El preu d' X no reflecteix aquest efecte benefici social del consum d' X que fa 2. Això provoca que, quan 2 decideix el seu consum d' X , no tingui en compte el benefici extern que crea el seu consum d' X . La idea és subsidiar el consum d' X del consumidor 2: alterant exògenament el preu d' X per al consumidor 2, es tracta d'induir a 2 a consumir més d' X .

- Si el consum d' X tingués un efecte colateral negatiu, es tractaria d'induir al consumidor a consumir menys mitjançant un impost que afectés el preu d' X per al consumidor 2.
- Sigui s el subsidi que rep el consumidor 2 per cada unitat d' X que consumeix, sigui T_1 la transferència de poder adquisitiu que rep el consumidor 1 i T_2 la transferència de poder adquisitiu que rep el consumidor 2. Partint un altre cop de la distribució Paretoeficient $d = ((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = ((5, 14), (5, 10))$, es tracta ara de trobar p_x, p_y, s, T_1 i T_2 tals que d és la distribució d'un equilibri walrasià amb preus p_x i p_y . Per tant, d ha de ser el resultat de

$$\begin{aligned} &\text{maximitzar } U_1(x_1, y_1, r) = x_1y_1 + 4r \quad \text{sotmès a } p_x x_1 + p_y y_1 + p_x r = 10p_x + T_1 \\ \text{i de} & \\ &\text{maximitzar } u_2(x_2, y_2) = x_2y_2 \quad \text{sotmès a } (p_x - s)x_2 + p_y y_2 = 24p_y + T_2. \end{aligned}$$

- Si volem que $y_1 = 14$ a un equilibri walrasià, el consumidor 1 triarà $r = 0$: com abans, regalar una unitat d' X a 2 fa augmentar $\partial U_1/\partial r = 4$ unitats la utilitat d'1 però retenir-la i consumir-la el mateix li fa augmentar la utilitat $\partial U_1/\partial x_1 y_1 = 14$ unitats. Així, el problema d'1 consisteix en

$$\text{maximitzar } V_1(x_1, y_1) = x_1y_1 \quad \text{sotmès a } p_x x_1 + p_y y_1 = 10p_x + T_1.$$

- Per la condició de tangència del consumidor 1, $y_1/x_1 = p_x/p_y$. Amb $x_1 = 5$ i $y_1 = 14$, tindrem $p_x/p_y = 14/5$. Fem $p_y = 5$ i, per tant, $p_x = 14$. Per la restricció pressupostària d'1, $14 \cdot 5 + 5 \cdot 14 = 10 \cdot 14 + T_1$. D'aquí s'obté $T_1 = 0$: el consumidor 1 ni rep ni perd poder adquisitiu.
- Per la condició de tangència del consumidor 2, $y_2/x_2 = (p_x - s)/p_y$. Amb $x_2 = 5$ i $y_2 = 10$, resulta $2 = (14 - s)/5$. Això fa que $s = 4$. Per la restricció pressupostària de 2, $(14 - 4) \cdot 5 + 5 \cdot 10 = 24 \cdot 5 + T_2$. D'aquí s'obté $T_2 = -20$: el consumidor paga l'equivalent a 20 unitats monetàries però gaudeix d'una subvenció de 4 unitats monetàries per unitat comprada d' X .
- En resum: amb $s = 4, T_1 = 0$ i $T_2 = -20$, existeixen preus $p_x = 14$ i $p_y = 5$ tals que la distribució Paretoeficient $d = ((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = ((5, 14), (5, 10))$ és la distribució d'un equilibri walrasià. Aquesta combinació de transferències i subvenció ha permès internalitzar l'externalitat.

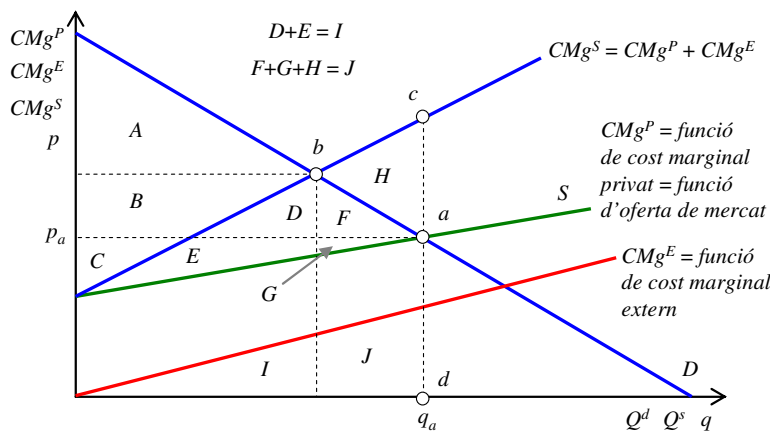
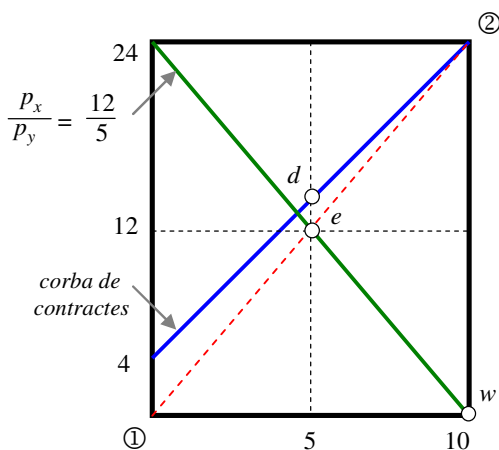


Fig. 1. Exemple 3.1.1: corba de contractes Fig. 2. Externalitats a la producció a un mercat competitiu

3.2. Anàlisi d'equilibri parcial de les externalitats

Remarca 3.2.1. Al mercat competitiu d'un bé, l'alçada de la funció d'oferta de mercat del bé pot interpretar-se com el cost marginal privat (per a les empreses del mercat) de produir el bé.

- L'existència d'una externalitat en la producció del bé es manifesta en el fet que el cost marginal privat de produir el bé no coincideix amb el cost marginal social de produir-lo (el cost de producció del bé que recau sobre tota la societat, no només les empreses que el produeixen).

Definició 3.2.2. La funció de cost marginal extern de producció el bé és la funció que determina, per a cada nivell q de producció del bé, quin és el cost extern (la mesura de l'externalitat) causat per l'última de les q unitats produïdes.

Definició 3.2.3. Al mercat competitiu d'un bé, la funció de cost marginal social de producció del bé és la suma de la funció de cost marginal privat de producció del bé (la funció d'oferta de mercat del bé) més la funció de cost marginal extern de producció el bé que re.

Proposició 3.2.4. A un mercat competitiu on hi ha externalitats negatives en la producció (Fig. 2):

- l'equilibri de mercat el determina la intersecció de la funció de demanda de mercat (D a la Fig. 2) amb la funció de cost marginal privat (CMg^P a la Fig. 2); però
- el nivell de producció Paretoeficient el determina la intersecció de la funció de demanda de mercat (D a la Fig. 2) amb la funció de cost marginal social (CMg^S a la Fig. 2).

	Al punt a	Al punt b	Variació
Excedent dels consumidors	$A + B + D + F$	A	$-B - D - F$
Excedent dels productors	$C + E + G$	$B + C + D + E$	$B + D - G$
Cost extern	$-D - E - F - G - H$	$-D - E$	$F + G + H$
Excedent total	$A + B + C - H$	$A + B + C$	H

Fig. 3. Càlcul d'excedents al mercat de la Fig. 2

Remarca 3.2.5. Per la Proposició 3.2.3, en general, la quantitat produïda d'un bé a l'equilibri de mercat d'un mercat competitiu no és Paretoeficient en presència d'externalitats en la producció.

- La raó és que l'equilibri de mercat es determina sense tenir en compte els costos marginals externs. Per tant, a l'equilibri de mercat es maximitza la suma de l'excedent total (de consumidors i productors) quan no es consideren els costos externs de la producció.
- Quan beneficis (i costos) marginals privats són iguals a beneficis (i costos) marginals socials, l'equilibri de mercat és Paretoeficient. Quan beneficis (o costos) marginals privats difereixen de beneficis (o costos) marginals socials (com a la Fig. 2 en el cas dels costos), l'equilibri de mercat no necessàriament és Paretoeficient.
- El nivell de producció q_a a l'equilibri de mercat a a la Fig. 2 no és Paretoeficient perquè hi ha una manera de fer millorar tothom no produint l'última unitat. Si no es produeix la darrera unitat els consumidors no empitjoren: el seu excedent no varia perquè el preu p_a que paguen per l'última unitat és igual al màxim que pagarien per ella (l'alçada $a-d$ de la funció de demanda de mercat D que correspon a la quantitat q_a). A més, els productors tampoc no empitjoren: el seu excedent no varia perquè el que reben per l'última unitat (el preu p_a) coincideix amb el cost de produir-la (l'alçada $a-d$ de la funció de d'oferta de mercat S que correspon a la quantitat q_a). Finalment, els qui pateixen els costos externs associats amb l'externalitat en la producció veuen reduïts aquests costos en la quantia determinada per la distància $a-c$.
- Resumint: ningú no perd si es no produeix l'última unitat que marca l'equilibri de mercat però guanyen els qui pateixen l'externalitat. Això fa que la quantitat q_a de l'equilibri de mercat no sigui Paretoeficient.
- A la Fig. 2, en el pas d' a a b , la variació de l'excedent total H és positiva, indicant que els qui guanyen en el pas d' a a b poden compensar amb escreix els qui perden. P.e., el guany $B + D$ d'excedent de productors compensa la part $-B - D$ de pèrdua de l'excedent dels consumidors; i la part $F + G$ del guany que obtenen els qui pateixen l'externalitat permet compensar la pèrdua $-F$ de l'excedent dels consumidors i la pèrdua $-G$ de l'excedent dels productors. El resultat net després de les compensacions és el guany social net H .

Remarca 3.2.6. Per la Proposició 3.2.4, en general, la quantitat Paretoeficient produïda d'un bé implica un costos externs positius: la Paretoeficiència no elimina l'externalitat negativa, sinó que la limita a un nivell Paretoeficient.

- La quantitat Paretoeficient corresponent al punt b de la Fig. 2 diu que l'externalitat generada per la producció del bé crea un costos externs iguals a l'àrea I . Però, des d'un punt de vista social, aquests costos són compensats sobradament amb l'excedent de productors i consumidors.
- L'excedent total al punt b , comptant-hi els costos externs, és $A + B + C$. Per tant, eliminar per complet la producció del bé (que és l'únic que permetria reduir a zero els costos externs associats amb l'externalitat negativa) faria que es perdés el benefici social net $A + B + C$.
- Eliminar completament l'externalitat negativa provocaria fer perdre a les empreses els beneficis que obtenen produint el bé i als consumidors els faria perdre els beneficis de consumir el bé produït. En la mesura que, des d'un punt de vista social, els beneficis de produir i consumir un bé siguin superiors als costos externs que genera, el nivell de producció Paretoeficient del bé (i, per extensió, l'externalitat que la seva producció genera) seran positius.

Definició 3.2.7. Un impost pigouvià és un impost adreçat a la correcció de la Paretoineficiència creada per una externalitat negativa (i permet aplicar el principi “Qui la fa, la paga”).

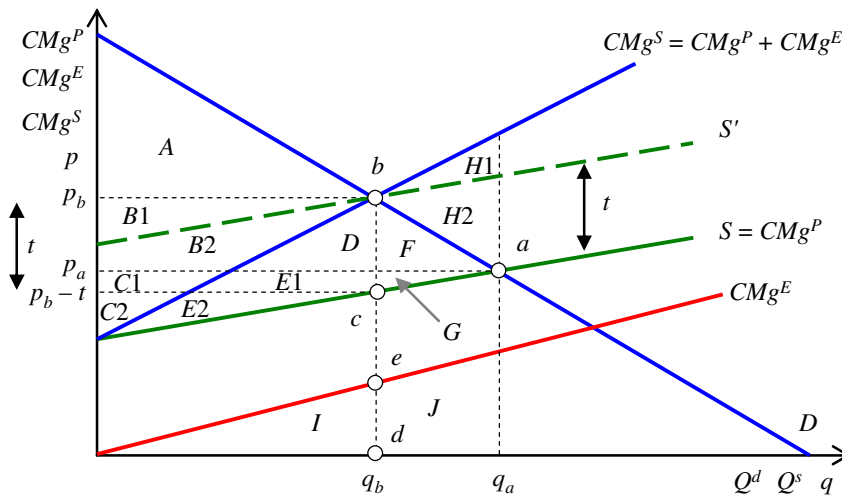


Fig. 4. Impost pigouvià per al mercat de la Fig. 2

	Al punt <i>a</i>	Al punt <i>b</i>	Variació
Excedent dels consumidors	$A + B1 + B2 + D + F$	A	$-B1 - B2 - D - F$
Excedent dels productors	$C1 + C2 + E1 + E2 + G$	$C2 + E2$	$-C1 - E1 - G$
Cost extern	$-E1 - E2 - D - F - G - H1 - H2$	$-D - E1 - E2$	$F + G + H1 + H2$
Recaptació de l'Estat		$B1 + B2 + C1 + E1 + D$	$B1 + B2 + C1 + E1 + D$
Excedent total	$A + B1 + B2 + C1 + C2 - H1 - H2$	$A + B1 + B2 + C1 + C2$	$H1 + H2$

Fig. 5. Càlcul d'excipients al mercat de la Fig. 4 un cop introduït un impost Pigouvià

Exemple 3.2.8. La Fig. 4 mostra que, amb un impost pigouvià unitari t per unitat venuda, pot assolir-se el nivell de producció Paretoeficient corresponent al punt b de la Fig. 2.

- L'impost de t unitats monetàries per unitat produïda (distància $b-c$ a la Fig. 4, que és igual a la distància $d-e$) desplaça la funció d'oferta de mercat S paral·lelament cap amunt en la distància t . Això fa que l'equilibri de mercat passi d' a a b , on el nivell de producció és Paretoeficient.
- La dificultat en l'establiment de l'impost rau en què l'Estat ha de conèixer les funcions de demanda de mercat, de cost marginal privat i de cost marginal social per a determinar el nivell de producció eficient q_b i l'impost (la distància $b-c$).

Remarca 3.2.9. El nivell de producció Paretoeficient q_b a la Fig. 4 també pot assolir-se establint q_b com a quota de producció: limitant el nivell de producció es limitaria el nivell d'externalitat.

- Si l'externalitat pot mesurar-se amb precisió i hi ha una relació acurada i coneguda entre la producció i l'externalitat (la funció CMg^E), pot establir-se com a límit la quantitat d'externalitat que correspon al volum de producció q_b . Aquest límit es podria regular mitjançant permisos per a generar l'externalitat que podrien comprar-se i vendre's (p.e., permisos d'emissió de gasos contaminants, com ara el diòxid de sofre SO_2 , el monòxid de carboni CO o el diòxid de nitrogen NO_2 ; vegeu l'RD 1866/2004, que aprova el Pla Nacional d'Assignació de Drets d'Emissió).

Exemple 3.2.10. Al mercat competitiu d'un cert bé hi ha 100 empreses idèntiques, cadascuna d'elles amb una funció de cost $C(q) = 200q^2$. La funció de demanda de mercat és $q^d = 70 - p$. La producció del bé genera un cost extern que no assumeixen les empreses. La funció $e(q) = q^2$ captura l'externalitat: produir la quantitat q genera un cost extern, mesurat en unitats monetàries, de q^2 .

- L'equilibri de mercat el determina la intersecció de les funcions d'oferta i demanda de mercat. La funció d'oferta de cada empresa s'obté de la condició $CMg = p$. Essent $CMg = 400q$, la funció d'oferta de cada empresa és $q_s = p/400$. Atès que hi ha 100 empreses, la funció d'oferta de mercat és $q^s = 100q_s = 100p/400 = p/4$. Per tant, l'equilibri de mercat és $(p, q) = (56, 14)$.
- De $q^s = p/4$, resulta $p = 4q^s$ i podríem definir la funció de cost marginal privat com $CMg^P = 4q$.
- Considerant $e = q^2$ com la funció de cost extern total, la funció derivada defineix la funció de cost marginal extern $CMg^E = 2q$.
- Per tant, la funció de cost marginal social seria $CMg^S := CMg^P + CMg^E = 4q + 2q = 6q$.
- El nivell de producció Paretoeficient q^* el dóna la intersecció de la inversa $p = 70 - q$ de la funció amb la funció de cost marginal social $CMg^S = 6q$. Fent $p = CMg^S$, s'obté $q^* = 10$ i $p = 60$.
- L'impost pigouvià t sobre la quantitat venuda que portés l'equilibri de mercat de $(p, q) = (56, 14)$ a $(p, q) = (60, 10)$ seria aquell que transformés la funció d'oferta de mercat inicial $p = 4q$ en la nova funció d'oferta $p - t = 4q$ tal que $(p, q) = (60, 10)$ fos un punt de la nova funció. Per tant, busquem t tal que $60 - t = 4 \cdot 10$. D'aquí, $t = 20$: exigint els productors que paguin 20 unitats monetàries per unitat venuda del bé, la producció assoleix el seu nivell Paretoeficient $q^* = 10$.
- L'impost obtingut $t = 20$ coincideix amb el valor de la funció de cost marginal extern $CMg^E = 2q$ quan q assoleix el nivell Paretoeficient $q^* = 10$: CMg^E quan $q = 10$ és $CMg^E = 2 \cdot 10 = 20$.

Proposició 3.2.11. A un mercat competitiu on hi ha externalitats positives en el consum (Fig. 6):

- l'equilibri de mercat el determina la intersecció de la funció de benefici marginal privat BMg^P (que coincideix amb la funció de demanda D a la Fig. 6) amb la funció de cost marginal privat (que coincideix amb la funció d'oferta S a la Fig. 6 i que se suposa igual a la funció de cost marginal social CMg^S); però
- el nivell de producció Paretoeficient el determina la intersecció de la funció de benefici marginal social (BMg^S a la Fig. 6) amb la funció de cost marginal social (CMg^S a la Fig. 6).

Remarca 3.2.12. Per la Proposició 3.2.11, en general, la quantitat produïda d'un bé a l'equilibri de mercat d'un mercat competitiu no és Paretoeficient en presència d'externalitats en el consum.

Definició 3.2.13. Una subvenció pigouviana és una subvenció adreçada a la correcció de la Paretoineficiència creada per una externalitat positiva.

Exemple 3.2.14. La Fig. 6 mostra que, amb una subvenció pigouviana unitària s per unitat venuda, pot assolir-se el nivell de producció Paretoeficient q_b de la Fig. 6, portant l'equilibri de mercat fins al punt c .

- L'externalitat positiva en el consum és el cas invers de l'externalitat negativa en la producció. La producció q_a que genera el mercat competitiu és ara inferior a la producció Paretoeficient q_b i l'impost ha de ser negatiu (una subvenció) per a estimular l'augment de producció.

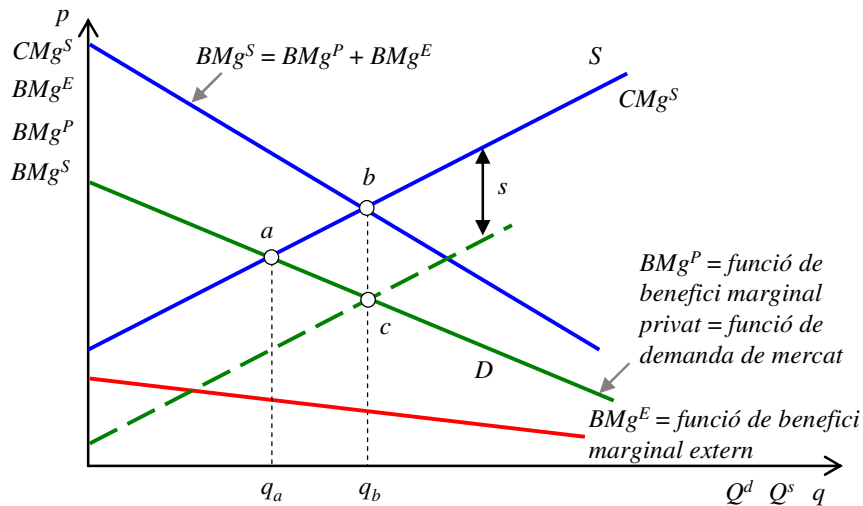


Fig. 6. Externalitats positives en el consum i subvencions pigouvianes

Remarca 3.2.15. A banda d'emprar mètodes directes per a corregir la Paretoineficiència que poden causar les externalitats a un mercat competitiu (imposts, subvencions, quotes), l'Estat recórrer a mètodes indirectes. Un d'ells consisteix en l'assignació de drets de propietat; un altre, en el disseny de mecanismes o institucions que permetin recuperar la Paretoeficiència perduda amb l'externalitat.

Proposició 3.2.16. El "teorema" de Coase. En presència de drets de propietat ben definits, costos de negociació suficientment petits i informació completa, els béns es faran servir de manera Paretoeficient sense importar qui sigui el propietari dels béns.

- El teorema de Coase diu que, amb independència de qui rebi els drets de propietat sobre els béns afectats per una externalitat, s'hi arriba a un resultat Paretoeficient si els agents involucrats poden negociar sense costos significatius disposant de tota la informació rellevant.
- El teorema de Coase expressa la idea que els problemes de Paretoineficiència generats per una externalitat es poden resoldre assignant drets de propietat.
- Les externalitats afecten a coses que no tenen un preu de mercat (l'aire pur, el silenci) i no el tenen perquè no hi ha drets de propietat ben definits sobre ells. Tenen drets els conductors de cotxes a contaminar l'aire o el tinc jo a què es mantingui no contaminat? Tenen drets els conductors de motos a fer soroll o el tinc jo a que no es faci? El teorema diu que sense importar a qui s'assigni el dret, el nivell d'externalitat Paretoeficient s'acabarà assolint (en presència de determinades condicions).

Exemple 3.2.17. Un bar és al costat mateix d'un centre de *fitness*. El propietari *C* del centre de *fitness* posa música per als clients a un volum ensordidor un dia aleatori de la setmana. El soroll fa marxar tots els clients del bar. El dia del soroll el bar ha de tancar, fet que suposa per al propietari *B* del bar perdre uns beneficis de 9000 € anuals. Insonoritzar el centre de *fitness* costaria 6000 €.

- Cas 1: *B* té dret a què *C* no posi música a un volum ensordidor. *C* podria no respectar el dret del propietari del bar i exposar-se a una sanció. També podria acordar amb *B* mantenir el volum de música i compensar *B* cada any els 9000 € de pèrdua. Però és menys costós per a *C* insonoritzar el centre de *fitness* i assumir el cost de 6000 € de la insonorització.

- Cas 2: C té dret a posar música a un volum ensordidor. B té essencialment dues eleccions (a banda de sabotejar el centre de *fitness*): o tolera cada any el soroll i les pèrdues de 9000 € o paga ell mateix la insonorització del centre de *fitness*. La millor opció per a B sembla finançar la insonorització del centre.
- Per tant, s'assignin els drets com s'assignin, el centre s'insonoritza i ningú al bar ha de patir el soroll que genera el centre de *fitness*.

Exemple 3.2.18. Considerem el següent canvi a l'Exemple 3.2.17: el soroll crea una pèrdua per al propietari B del bar de 600 € anuals en comptes de 9000 €. A més, 400 € anuals compensen a B per la molèstia personal que li causa el soroll del centre.

- Cas 1: B té dret a què C no posi música a un volum ensordidor. Suposem que C planeja vendre el centre abans de 6 anys. Aleshores, ara sembla que la millor opció per a C és, en comptes de pagar la insonorització, compensar cada any a B per les pèrdues (600 €) i la molèstia personal (400 €).
- Cas 2: C té dret a posar música a un volum ensordidor. B ha de decidir entre pagar els 6000 € de la insonorització o assumir cada any la pèrdua de 600 €. Si B no desitja mantenir el bar més de 10 anys, o confia que abans de 10 anys el centre tanqui o deixi de fer soroll, la millor opció sembla tolerar el soroll.
- En aquest segon exemple, també s'hi arriba a un mateix resultat obtingui qui obtingui el dret a fer o no fer soroll. Però el resultat és diferent al resultat del primer exemple: ara l'externalitat no s'elimina, sinó que es pateix.

Remarca 3.2.19. Quan els costos de negociació són elevats (p.e., perquè hi ha milions de persones afectades per l'externalitat), la formació d'un mercat és una manera de facilitar l'intercanvi de drets de propietat entre els agents (p.e., mercats on s'intercanvien drets d'emissió de gasos contaminants).

Exemple 3.2.20. El següent exemple il·lustra com resoldre el problema que planteja una externalitat mitjançant el disseny de mecanismes que indueixin als agents a eliminar la Paretoineficiència.

- Hi ha una empresa preu-acceptant que produeix un cert bé amb l'objectiu de maximitzar la seva funció de beneficis $\pi(q) = pq - C(q)$, on p és el preu del bé, q la quantitat que produeix l'empresa i $C(q)$ és la funció de costos de l'empresa. En particular, suposem que $C(q) = 10 + 2q^2$.
- La producció de l'empresa crea una externalitat negativa sobre un individu: quan l'empresa produeix la quantitat q del bé, l'individu experimenta un perjudici $e(q)$, mesurat en unitats monetàries. Sigui $u(q) = -e(q)$ la funció d'utilitat u que recull l'externalitat que pateix l'individu. En particular, suposem que $e(q) = q^2$.

Part I. Càlcul del nivell de producció Paretoeficient.

- Atès que l'empresa no considera el perjudici que causa la seva producció, la quantitat produïda la determina la maximització de $\pi(q)$: el valor de q que fa que $d\pi/dq = 0$ satisfà $p - 4q = 0$. D'aquí que, donat el preu p , l'empresa produirà la quantitat $q = p/4$ (de fet, aquesta equació definiria la funció d'oferta de l'empresa). P.e., si $p = 48$, l'empresa produiria $q = 12$ unitats del bé, causant a l'individu un perjudici equivalent a $e(12) = 144$ unitats monetàries.

- Aquest resultat no és Paretoeficient perquè, p.e., l'individu podria pagar a l'empresa 4 unitats monetàries per a què reduís una unitat la producció del bé, de $q = 12$ a $q = 11$, i tant l'empresa com l'individu sortirien guanyant.

- ▶ D'una banda, produint i venent $q = 12$ a preu $p = 48$, l'empresa obté el benefici $\pi(12) = 576 - 298 = 278$; però acceptant la proposta de l'individu, obtindria un benefici de 280: les 4 unitats monetàries que pagaria l'individu més els beneficis $\pi(11) = 528 - 252 = 276$ obtinguts de la producció i venda de la quantitat $q = 11$.

- ▶ D'altra banda, si l'empresa produeix $q = 12$, la pèrdua que experimenta l'individu és $u(12) = -e(12) = -144$; i si l'empresa accepta la reducció de la producció, la pèrdua de l'individu seria de -125 : la suma de les 4 unitats monetàries a pagar a l'empresa més la pèrdua causada per l'externalitat, que seria ara d' $e(11) = 121$.

- El resultat Paretoeficient s'obtindria incorporant la funció e com a un cost més a la funció de beneficis de l'empresa: a l'hora de determinar el nivell de producció Paretoeficient q_e , cal tenir en compte tant el cost que la producció genera a l'empresa com el que genera a l'individu. Així, q_e és el valor que maximitza $\Pi(q) = \pi(q) + e(q) = pq - C(q) - e(q) = pq - (10 + 2q^2) - q^2$. Aquest valor satisfà $p - 4q_e - 2q_e = 0$; això és, $q_e = p/6$. Aquesta equació definiria la funció d'oferta de l'empresa quan aquesta internalitza l'externalitat que la seva producció causa a l'individu. Amb $p = 48$, l'empresa produiria $q = 8$ unitats del bé.

- La Paretoeficiència de $q = 8$ resulta del fet que la pèrdua marginal de l'individu quan $q = 8$ és igual al benefici marginal de l'empresa quan $q = 8$. Amb $u(q) = -q^2$, que $du/dq = -2q$ vol dir que el guany marginal que obté l'individu per una reducció infinitesimal de la producció q és $2q$: amb $q = 8$, la reducció marginal de la producció estalvia a l'individu 16 unitats de pèrdua. I amb $\pi(q) = pq - C(q)$, que $d\pi/dq = p - 4q$ significa que la pèrdua marginal que obté l'empresa per una reducció infinitesimal de la producció q és $p - 4q$.

- Quan $q = 8$ i $p = 48$, la reducció marginal de la producció representa un guany per a l'individu de 16 i una pèrdua per a l'empresa de $48 - 4 \cdot 8 = 16$. Això fa que el que estaria disposat a pagar l'individu quan $q = 8$ per a què l'empresa reduís la producció és igual a la pèrdua de beneficis que suposaria per a l'empresa acceptar la reducció. Per aquest motiu, amb $q = 8$, no és possible que l'individu compensi a l'empresa per a reduir la producció i que tots dos surtin guanyant amb la reducció de la producció.

- Noteu que, tot i ésser $q = 8$ un nivell de producció Paretoeficient, l'individu ha de suportar un cost d'externalitat $e(8) = 64$.

- Si $C(q)$ i $e(q)$ són funcions diferenciables, sigui $C'(q)$ la derivada de la funció $C(q)$ i $e'(q)$ la derivada de la funció $e(q)$. Si les funcions $C(q)$ i $e(q)$ són creixents, convexes i prenen valors positius, la solució q_e del problema consistent en maximitzar $\Pi(q) = \pi(q) + e(q) = pq - C(q) - e(q)$, on p és una constant positiva, satisfà $p - C'(q_e) = e'(q_e)$: la part esquerra és el benefici marginal de l'empresa (quan $q = q_e$) i la part dreta és la pèrdua marginal de l'individu (quan $q = q_e$). Quan l'empresa no té en compte l'externalitat, tria q per a fer que $p - C'(q) = 0$; per a què l'empresa triï q tenint en compte l'externalitat, cal que triï q per a fer que $p - C'(q) = e'(q)$.

Part II. Assoliment del nivell de producció Paretoeficient mitjançant impostos pigouvians.

- Imaginem que hi ha una autoritat reguladora encarregada d'induir a l'empresa a triar el nivell de producció Paretoeficient q_e . Suposem que el regulador emprà com a instrument un impost indirecte sobre el nivell de producció: si l'empresa produeix q unitats, ha de pagar tq al regulador. En aquest cas, el regulador hauria d'establir un impost Pigouvià $t = e'(q_e)$: les unitats monetàries a pagar per l'empresa per cada unitat produïda hauria de ser igual a la pèrdua marginal que causa a l'individu el nivell de producció Paretoeficient.
- De fet, si l'empresa ha de pagar tq al regulador quan produeix q , l'empresa triaria q per a maximitzar $\pi_i(q) = pq - C(q) - tq$. Per tant, l'empresa triaria q que satisfà $p - C'(q) = t$. Si el regulador fixa $t = e'(q_e)$, l'empresa triaria q que satisfà $p - C'(q) = e'(q_e)$. Aquest valor de q és el valor q_e desitjat pel regulador.
- P.e., ja hem determinat que, amb $p = 48$, $C(q) = 10 + 2q^2$ i $e(q) = q^2$, el nivell de producció Paretoeficient és $q_e = 8$. En aquest cas, atès que $e'(q) = 2q$, $e'(8) = 16$. Així, si el regulador fixa $t = 16$, l'empresa tria q per a maximitzar $\pi_i(q) = 48q - (10 + 2q^2) - 16q$. D'aquí resulta $q = 8$.
- El problema d'emprar impostos sobre la producció per a induir l'empresa a triar un nivell de producció Paretoeficient és que el regulador ha de conèixer el valor $e'(q_e)$ i, en principi, només l'individu coneix la funció e que mesura el cost que li causa l'externalitat. El regulador podria preguntar a l'individu quina és la funció e per tal de seleccionar l'impost apropiat. La dificultat rau en el fet que l'individu no té incentiu a dir la veritat sobre quina és la seva funció e .
- P.e., suposem que l'individu sap l'ús que el regulador farà de la funció e que li comuniqui i que hom sap tant p com la funció de cost $C(q)$ de l'empresa. Llavors, en comptes de revelar la funció $e(q) = q^2$ que realment mesura el cost de l'externalitat, a l'individu li és més profitós revelar $\tilde{e}(q) = 2q^2$. Amb aquesta funció de cost de l'externalitat i mantenint $p = 48$, el nivell de producció Paretoeficient seria $\tilde{q}_e = 6$. Mesurant el cost de l'externalitat per a l'individu amb la seva autèntica funció de cost de l'externalitat, $36 = e(6) < e(8) = 48$: l'individu pateix un perjudici per la producció del bé inferior si es produeixen 6 unitats del bé en comptes de 8. Per tant, declarant $\tilde{e}(q) = 2q^2$, el regulador fixa $\tilde{t} = \tilde{e}'(\tilde{q}_e) = 24$ i l'empresa tria q per a maximitzar $\tilde{\pi}_i(q) = 48q - (10 + 2q^2) - 24q$, d'on resulta que l'empresa produiria $q = 6$, producció que suposa un cost d'externalitat inferior per a l'individu.

Part III. El mecanisme de Varian per a assolir la Paretoeficiència en presència d'externalitats.

- El mecanisme de Varian¹ representa una manera d'assolir el nivell de producció Paretoeficient induint als agents a revelar informació certa sobre l'externalitat. El mecanisme de Varian es formula com a un joc en dues etapes.
- A la primera etapa, l'individu i l'empresa anuncien, simultàniament, un valor de l'impost pigouvià. Sigui t_i el valor que declara l'individu, on t_i s'interpretaria, en principi, com el cost

¹ Vegeu les pàgines 1278-1281 de l'article de Hal R. Varian "A Solution to the Problem of Externalities when Agents Are Well-Informed", *American Economic Review*, Vol. 84(5), desembre 1994.

marginal de l'externalitat per a l'individu. Sigui t_m el valor que declara l'empresa. Mentre t_i representaria el que l'individu vol que l'empresa li pagui per cada unitat produïda del bé en concepte de compensació per l'externalitat, t_m representaria el que l'empresa vol pagar a l'individu com a compensació.

- A la segona etapa, el regulador exigeix pagaments a l'empresa i realitza pagaments a l'individu de manera que l'empresa vulgui maximitzar

$$\pi_v(q) = pq - C(q) - [t_i q + (t_m - t_i)^2] \quad (2)$$

i l'individu vulgui maximitzar

$$u_v(q) = t_m q - e(q). \quad (3)$$

- L'equació (2) diu que el regulador força l'empresa a pagar per cada unitat que produeixi el valor t_i que declari l'individu i, a més, una penalització $(t_m - t_i)^2$ en cas que l'empresa declari un valor t_m diferent del valor t_i que declara l'individu. L'equació (3) diu que el regulador paga a l'individu, per cada unitat que produeix l'empresa, el valor t_m que declara l'empresa.

- Resolguem el joc per inducció cap enrere. A la segona etapa, donat el valor t_m prèviament seleccionat, l'empresa tria q per a maximitzar (2). Per tant, l'empresa tria q tal que $p - C'(q) - t_i = 0$. Amb $p = 48$ i $C(q) = 10 + 2q^2$, l'empresa tria q tal que $48 - 4q = t_i$. D'aquí, $q = (48 - t_i)/4 = 12 - t_i/4$.

- Passant a la primera etapa, l'empresa vol triar t_m per a minimitzar la penalització $(t_m - t_i)^2$, que és l'única part de la seva funció de beneficis on afecta t_m (tot i que t_i afecta la funció de beneficis de l'empresa, t_i el tria l'individu i, per tant, no és una variable controlada per l'empresa). El millor per a l'empresa (per a estalviar-se la penalització) és declarar el mateix valor t_i que declara l'individu. Així, en tot equilibri del joc es tindrà $t_m = t_i$.

- Continuant a la primera etapa, l'individu sap l'efecte que t_i té sobre el volum de producció q que l'empresa seleccionarà a la segona etapa: pels càlculs anteriors, $q = 12 - t_i/4$. Substituint aquesta relació entre q i t_i a (3), l'individu tria t_i per a maximitzar $t_m(12 - t_i/4) - (12 - t_i/4)^2$. Derivant respecte de t_i i igualant a zero, resulta $6 - t_m/4 - t_i/8 = 0$ i, així, $t_i = 48 - 2t_m$. Atès que $t_m = t_i$, tindrem $3t_i = 48$. Per tant, $t_i = 16$, que és justament el valor $e'(8)$. Sabent que $t_i = 16$, $q = 12 - t_i/4 = 8$, que és el nivell de producció Paretoeficient.

- La conclusió és que l'únic equilibri obtingut per inducció cap enrere fa que l'empresa produeixi el nivell de producció Paretoeficient q_e i que pagui a l'individu la compensació $t_i \cdot q_e = e'(q_e) \cdot q_e = 16 \cdot 8 = 128$, que seria la recaptació del regulador si establís un impost pigouvià per unitat produïda $t = e'(q_e)$ sobre l'empresa.

- Una part important de la recerca a la teoria microeconòmica s'ocupa del disseny de mecanismes (com ara el de Varian) que indueixin a agents interessats en el seu propi benestar a fer eleccions que portin a resultats desitjables des d'un punt de vista del benestar col·lectiu.