

**JORNADA TEMATICA: ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LA AGRICULTURA  
18 DE JULIO**

**EL SECTOR AGRARIO Y LA PROVISION SOCIALMENTE OPTIMA DE BIENES Y  
MALES AMBIENTALES**

**Carlos Romero**

**dr. ingeniero agrónomo. ets de ingenieros de montes de la  
universidad politécnica de Madrid**

**premio nacional Lucas Mallada de economía y medio ambiente 2001**

Buenos días a todos. Como acaba de indicar **Gerardo García**, voy a presentar una ponencia con el título “El sector agrario y la provisión socialmente óptima de bienes y males ambientales”, que será complementada posteriormente por dos comunicaciones. Una del **Doctor Casimiro Herruzo**, que desarrollará los aspectos fundamentalmente valorativos, y otra comunicación por parte del **Doctor Díaz Balteiro**, que se centrará en los aspectos relacionados con la provisión de bienes ambientales por parte de los ecosistemas forestales.

Voy a comenzar con lo que puede ser la motivación de las ideas que os voy a presentar esta mañana.

Las sociedades avanzadas, demandan del sector agrario cantidades crecientes de bienes privados, esenciales para su bienestar. Podemos decir que esta ha sido la demanda clásica por parte de la sociedades al sector agrario.

Además, desde hace ya algunos años las sociedades empiezan a demandar cantidades crecientes de bienes públicos de naturaleza ambiental. Este tipo de sensibilidad social está ya presente, por ejemplo en esta transparencia que procede de un anteproyecto del plan forestal de la Comunidad de Madrid. En dicha transparencia, se contempla a los ecosistemas forestales como sistemas biológicos con propósitos múltiples. Producir madera para satisfacer las necesidades de la sociedad, es una demanda importante, pero no es la única demanda ni necesariamente la más importante.

Las sociedades empiezan a requerir de los sistemas forestales múltiples demandas alternativas. Entre ellas podemos citar, la captura del CO2 atmosférico, la defensa de la biodiversidad, la reducción de la erosión de los suelos, etcétera.

Además todo este conjunto de demandas, de bienes privados, esenciales para el bienestar de la sociedad y de bienes públicos de la naturaleza ambiental, desea hacerse dentro de un contexto de una gestión productiva en equilibrio con el medio natural; es decir, dentro de un contexto de sustentabilidad. En definitiva, en un contexto donde se mantenga una estabilidad del stock del capital natural.

Estos planteamientos originan una serie de problemas nuevos. Así, en primer lugar se detecta un conflicto de objetivos al orientar la gestión del medio natural. En efecto, normalmente las prácticas culturales mejores, desde un punto de vista de optimización de la producción de bienes privados, entran en conflicto con las mejores prácticas culturales, desde el punto de vista de conservación del medio natural.

Por otra parte, existe una ausencia de mercado, para la mayor parte de los bienes y de los males ambientales. En efecto, no existe un mercado para la biodiversidad, no existe un mercado para el CO<sub>2</sub> capturado (aunque en este caso, empiezan a surgir mercados incipientes), no existe un mercado para la reducción de los aterramientos de embalses, etcétera. Todas estas cuestiones se plantean además dentro de un determinado marco institucional, que establece unos determinados derechos de propiedad.

Como consecuencia de lo que acabamos de apuntar, en caso de que no se introduzcan instrumentos nuevos de análisis, de que no cambiemos nuestros marcos conceptuales, puede producirse y de hecho se está produciendo, una falta de provisión de bienes ambientales, así como un exceso de provisión de males ambientales, lo cual puede implicar procesos de producción no sustentables.

Después de estas ideas introductorias el esquema de mi presentación va a ser el siguiente. En primer lugar, realizaré una pequeña formalización de algunos aspectos necesarios, introduciendo algunos conceptos básicos. A continuación, me centraré en el tema de los males ambientales, y los instrumentos que se han desarrollado hasta ahora para reducir esa provisión de males ambientales. Luego hablaré de los bienes ambientales, introduciendo un marco analítico que permite establecer el nivel óptimo de bienes ambientales, así como algunos instrumentos de política ambiental diseñados con el propósito de poder alcanzar esa provisión óptima de bienes ambientales. Posteriormente entraré en lo que tal vez pueda ser la parte más novedosa de mi presentación, que es la idea de curvas de intercambio, para indicar como diferentes indicadores de sustentabilidad compiten entre sí. Comentaré algunas aplicaciones realizadas en este sentido, y, finalizaré mi presentación tratando de establecer algunas conclusiones.

Sintetizo un poco lo que he dicho hasta ahora. Las empresas son instituciones sociales encargadas de realizar procesos de producción. Las empresas agrarias producen bienes privados de una manera consciente. Tratan de maximizar su beneficio a través de la producción de esos bienes privados, pero a su vez producen bienes ambientales y males ambientales de una forma “involuntaria”.

Esos bienes privados tienen mercados, pero los bienes y males ambientales, conceptualizados también desde la perspectiva de la economía como externalidades positivas y negativas, no tienen mercado. Tienen el carácter de bienes públicos.

En este sentido, tiene interés en que hagamos una pequeña matización referente a la distinción entre bien privado y bien público, ya que vamos a hablar de esos conceptos profusamente, no solo en mi ponencia o las comunicaciones que vienen a continuación, sino en la propia ponencia del **Doctor Pablo Campos**.

Los bienes privados se caracterizan por dos propiedades: la rivalidad y la exclusión. La rivalidad, implica que el consumo de una unidad de bien privado por parte de un individuo, impide su consumo por parte del otro individuo. La exclusión implica que el consumo del bien en cuestión es evitable. Por ejemplo, si en el descanso nos tomamos una taza de café. Esa taza de café es un típico bien privado. Al tomarme esa taza de café estoy evitando que otro individuo la consuma. Por otra parte, el consumo es evitable. Nadie me obliga a que tome café.

Frente a los bienes privados se encuentran los bienes públicos, que se caracterizan por las propiedades opuestas, de no rivalidad y no exclusión. El típico ejemplo de bien público que aparece en cualquier texto de economía es la Defensa Nacional. Indudablemente, el consumo de una unidad de defensa nacional por parte de un individuo de la sociedad no excluye que otro individuo de la sociedad esté consumiendo la misma unidad de defensa nacional, y su consumo no es evitable.

En nuestro contexto el interés de esta distinción, o el interés de los bienes públicos, es que todos, o prácticamente todos los bienes y males ambientales que produce el sistema agrario, tienen este carácter de bienes públicos (no rivalidad y no exclusión)

Obviamente, los bienes públicos no tienen mercado, y eso, indudablemente va a originar una serie de problemas que van a ir apareciendo a lo largo de las presentaciones y que obligara a introducir instrumentos analíticos nuevos.

Por otra parte, y dentro de lo que es una mínima formalización de estas ideas, la existencia de males ambientales (externalidades negativas) y de bienes ambientales (externalidades positivas) originan lo que se llaman técnicamente fallos de mercado. ¿Qué importancia tiene que un proceso de producción en el sistema agrario produzca

bienes y males ambientales y que genere fallos de mercado? Pues que las bondades de los equilibrios de mercado, (demostradas rigurosamente a principios de los años cincuenta, por Arrow y Debreu) dejan de funcionar. En pocas palabras, los equilibrios de mercado dejan de implicar asignaciones eficientes de recursos.

En efecto, desde el momento de que un sistema productivo, además de producir bienes privados, con mercado, producen bienes públicos sin mercado, esos equilibrios competitivos dejan de ser eficientes. Se producen ineficiencias asignativas de recursos. Dicho con otras palabras, se producen excesos de provisión de males ambientales, y falta de provisión de determinados bienes. Por tanto, el sistema de mercado se torna insuficiente y hay que complementarlo de alguna manera.

Por otra parte, esa producción, de los males ambientales, hace que el sustrato general en el que se apoya cualquier planteamiento económico, que viene a ser un modelo convencional, o modelo lineal, donde el medio natural es un simple proveedor de insumos para el sistema productivo sea insuficiente. En efecto, este tipo de modelo ha funcionado bien hasta que el medio natural ha sido incapaz de asimilar los residuos generados por los diferentes sistemas de producción. Es decir, se ha visto que el medio natural no es un sumidero que puede asimilar infinitos residuos. Lo cual lleva a intentar analizar los problemas dentro de un modelo diferente, un modelo que pudiera llamarse circular. Dentro de este modelo el papel que juega el medio natural es más complejo. Así, el medio natural está formado por recursos renovables y por recursos no renovables. La sustentabilidad del medio natural requiere, entre otras cosas, que la tasa de captura de un recurso renovable sea inferior a su tasa de regeneración biológica. En caso de no respetar esta regla el recurso puede colapsar. Por otra parte, los procesos de producción y de consumo generan residuos. Parte de esos residuos pueden reciclarse, pero parte de ellos no se reciclan, por lo que el sistema natural puede asimilarlos o puede no asimilarlos.

Indudablemente este tipo de planteamiento es necesario pues se adapta mucho mejor a la realidad de los procesos de producción del sistema agrario en una sociedad avanzada. Ahora bien, este tipo de marco conceptual conlleva a su vez, una serie de problemas nuevos que vamos a ir analizando en lo que queda de presentación.

Con arreglo al esquema de la presentación que hice inicialmente, una vez formalizado mínimamente el problema, voy a pasar a analizar el lado negativo de los procesos de producción agrarios. Esto es, la producción de males ambientales (externalidades negativas).

La manera más sencilla de presentar este problema suele ser la siguiente. Tenemos por ejemplo una explotación hortícola, ubicada río abajo. Esta explotación hortícola desarrolla sus procesos de producción con arreglo a una tecnología, dada por una determinada función de producción. El empresario tiene que elegir el nivel de utilización de los factores de producción que le sitúan en el máximo beneficio. La teoría, nos enseña que el empresario tiene que utilizar cada factor de producción hasta un punto en el que la productividad marginal del factor se iguale a su precio relativo. De esa manera el empresario maximiza su beneficio. Es decir, de esa manera controla, de una manera económicamente óptima su proceso de producción.

Pero he aquí que río arriba se ubica una explotación porcina. El proceso de producción de esa explotación genera unos residuos, esos residuos se vierten al río y eso genera un daño; es decir afecta negativamente al proceso de producción de nuestro empresario hortícola. Con lo que la cantidad de output de la explotación hortícola depende ya no sólo de los factores de producción que controla el empresario, si no que además depende del output, que genera la explotación porcina. En definitiva, la explotación porcina genera una externalidad negativa en el proceso de producción de la explotación hortícola.

Esto es lo que en economía se llama una externalidad negativa, que existe cuando la actividad económica desarrollada por una gente genera una pérdida de bienestar en otro agente económico. En este caso la actividad económica desarrollada por el empresario de la explotación porcina ha generado una pérdida de bienestar, una pérdida de beneficio económico en el empresario de la explotación hortícola.

Además, esta pérdida de bienestar no se compensa. Si la pérdida de bienestar viene acompañada de una compensación, pagada por el agente que causa el daño, que genera la externalidad, se dice que el efecto externo queda internalizado.

Seguidamente, vamos a plantear la determinación de un marco analítico que permita analizar este tipo de situación, en definitiva este tipo de conflicto de intereses entre los dos productores. La manera más sencilla de analizar este problema consiste en recurrir al diagrama representado en la Figura 1. En este diagrama tenemos la función BMP que recoge lo que se llama el beneficio marginal privado, es decir el beneficio del agente generador de la externalidad y la función CME que es la función de daño, esto es, la función que mide el coste marginal externo, o daño generado por el productor de la externalidad.

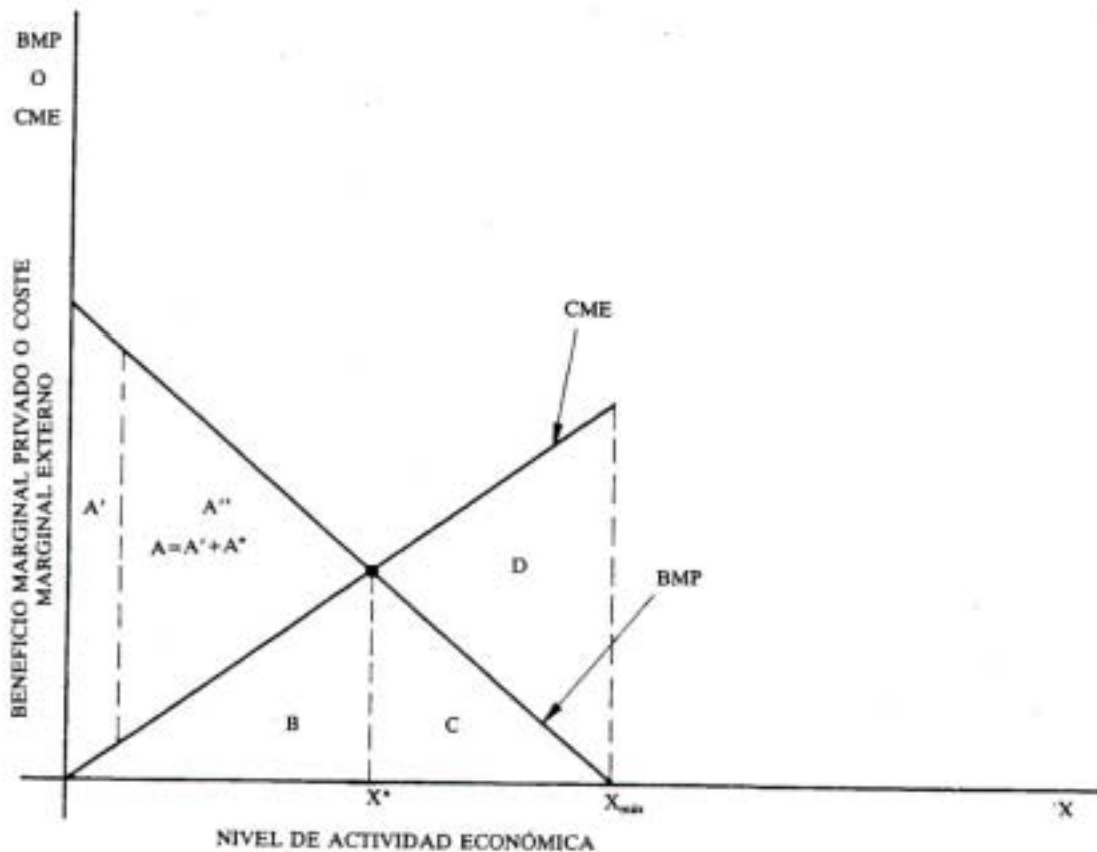


Figura 1. Determinación de la externalidad óptima

En principio, existen diferentes óptimos posibles, o diferentes puntos de equilibrio. Así, tenemos el óptimo de mercado u óptimo competitivo que corresponde al punto, en el que se maximiza el beneficio del agente generador de la externalidad. Otro posible óptimo, sería que no hubiera externalidad, que no hubiera daño, que no existiera la explotación porcina. Se demuestra, que lo óptimo para la sociedad en su conjunto no es ni la maximización del beneficio por parte del generador de la externalidad, ni la anulación completa de ese proceso de producción. Hay un óptimo, "a lo Nash", hay un equilibrio entre ambos óptimos, que corresponde al punto en el que se iguala el beneficio marginal privado con el coste marginal externo.

A continuación, vamos a valorar el equilibrio competitivo. Es decir, vamos a valorar el neto que le queda a la sociedad en una situación de equilibrio de mercado. Así, en el equilibrio competitivo, la sociedad tiene el beneficio derivado de los productos que ponen en el mercado, el agente generador de la externalidad, que es el área  $A + B + C$  de la Figura 1. Ahora bien, a ese beneficio hay que restar el daño ambiental, que viene dado por el área  $B + C + D$ . Lo cual da un neto igual a al área  $A'$ .

Utilizando el mismo tipo de razonamiento encontramos inmediatamente que a la solución colusiva, esto es, la solución que corresponde a un equilibrio de Nash, le corresponde un

beneficio social neto igual al área A. Indudablemente, el área A es mayor que el área A'. Por lo que la solución competitiva no es eficiente. Dicho con otras palabras la solución de mercado está dominada por la solución colusiva o de Nash.

Es decir, si dejamos operar libremente a las fuerzas del mercado, si no realizamos ningún tipo de intervención generaremos un beneficio social A', inferior al beneficio social que conseguiríamos con una solución colusiva o solución de equilibrio entre los intereses del generador de la externalidad y del sufridor de la misma.

Por tanto, hay una parte de la externalidad, áreas C y D, que es una parte de ese daño ambiental, de ese mal ambiental que no es deseable socialmente y que por tanto, hay que intentar eliminar de una manera u otra, si queremos conseguir una asignación eficiente de recursos.

Bien, qué es lo que se ha hecho en este sentido, qué es lo que se ha hecho para tratar de aproximar el óptimo competitivo al óptimo social. En este sentido, se han desarrollado diferentes tipos de instrumentos, de los cuales yo voy a dar ideas muy breves. En primer lugar, hablaré de la fijación de impuestos a la actividad generadora de la externalidad. Es decir, de los llamados impuestos de Pigou. En este sentido, se demuestra que existe un impuesto óptimo que iguala el óptimo privado con el óptimo social. Dicho impuesto óptimo se logra cuando se hace igual al coste marginal externo en el óptimo social. Este es, el fundamento económico de lo que llamamos impuestos verdes, ecotasas, impuestos a las emisiones, etcétera.

Realmente debemos de entender que estos impuestos no son multas que se imponen a un productor por dañar al ambiente. El productor tiene todo el derecho del mundo a producir. Lo único que ocurre que si no se fija ese tipo de impuesto va a producir más de lo que es socialmente deseable. Por lo que no se conseguirá una asignación eficiente de recursos. Es decir, esos impuestos a las emisiones tratan de restaurar la eficiencia asignativa de recursos. Indudablemente se trata de una medida intervencionista sobre el sistema de mercado. Ahora bien, si no se toma a ese tipo de medida u otras alternativas que comentaré a continuación, estaremos en el óptimo privado, es decir, estaremos en un punto alejado del óptimo social, por lo que la asignación de recursos que corresponde al equilibrio de mercado no será eficiente.

Otro tipo de procedimiento para atacar este tipo de problema es el llamado método de Coase basado en la negociación. Coase formuló sus planteamientos de una manera digamos literaria, mientras que Nash los formuló de una manera matemática. Vamos a fijarnos ahora en la Figura 2. En dicha figura volvemos a tener la función que representa los intereses del generador de la externalidad y la función de daño ambiental.

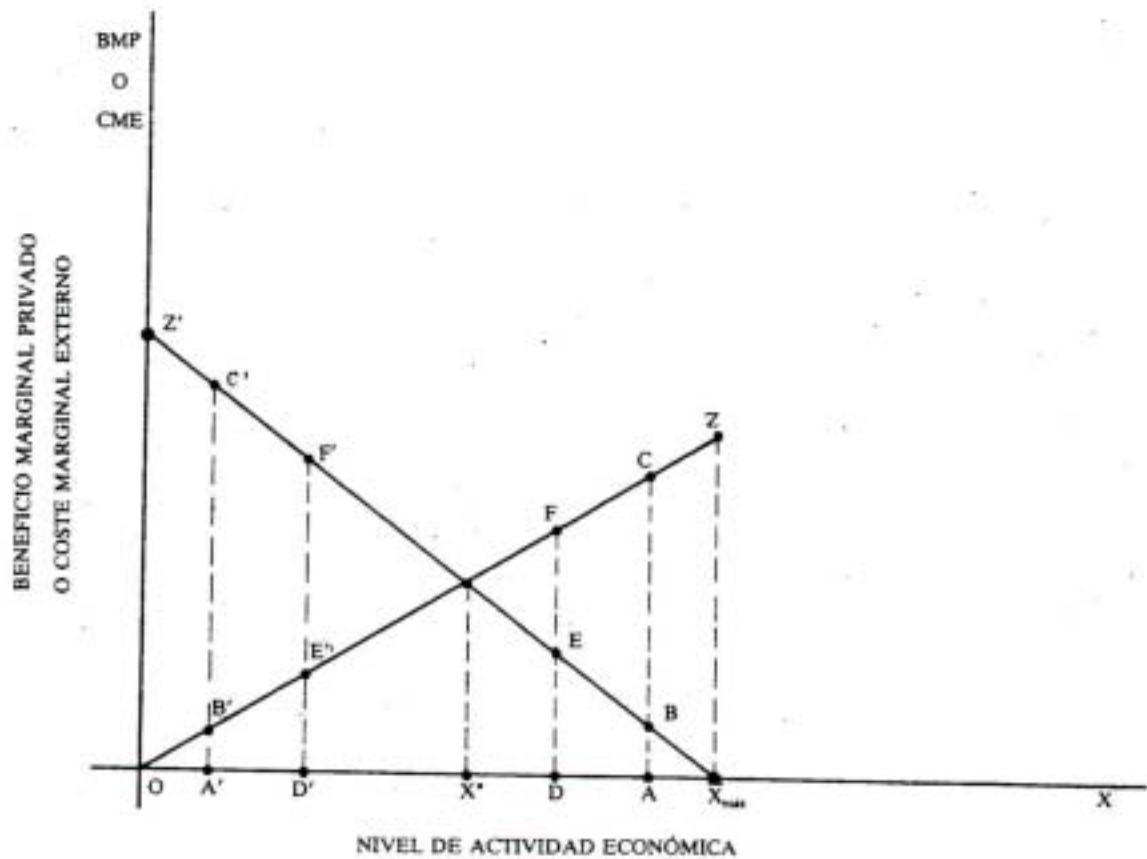


Figura 2. Reparación de la externalidad por medio de la negociación (enfoque de Coase)

En este contexto se puede demostrar rigurosamente, aunque nosotros lo vamos a ver de una manera muy intuitiva, que si los derechos de propiedad de usar el ambiente están bien definidos no haría falta, en teoría, ningún tipo de intervención. En tal situación, sería suficiente dejar que ambas partes negociaran libremente. Como resultado del proceso de negociación entre el generador de la externalidad y el sufridor de la misma se llegaría a un equilibrio que coincidiría con el óptimo social.

Por ejemplo, supongamos que el esquema de derechos de propiedad da el derecho a usar el ambiente al empresario de la explotación porcina. Éste empresario puede producir como lo considere más oportuno. ¿Dónde se situara su volumen de producción?. Indudablemente, en el punto  $X_{MAX}$ , porque en ese punto se maximiza el beneficio empresarial.

Supongamos ahora que negocia con el empresario hortícola una posible reducción de ese volumen de producción. En principio, reducir su volumen de producción con respecto a su equilibrio, es decir, con respecto a su óptimo, le supone una merma de beneficios y él no la aceptara. Por ejemplo, reducir su volumen de producción de  $X_{MAX}$  a A, le supone una merma de beneficios equivalente al área dada por el triángulo de vértices A, B,  $X_{MAX}$ .

Ahora bien, al sufridor de la externalidad, a nuestro empresario hortícola, esa disminución del volumen de producción de  $X_{MAX}$  a  $A$ , le supone un descenso del daño que afecta a su proceso de producción igual al área del paralelogramo de vértices  $A C Z X_{MAX}$ . Por tanto, queda un neto igual al área del nuevo paralelogramo de vértices  $B C Z X_{MAX}$ , para establecer compensaciones. Entonces, si los dos agentes económicos inmersos en este proceso son racionales, y por tanto quieren mejorar económicamente, podrían conseguirlo a través de la reducción del volumen de producción del generador de la externalidad de  $X_{MAX}$  a  $A$ . En efecto, queda toda el área del paralelogramo anterior para repartirse. ¿Cuál será el resultado del reparto?. No se puede predecir con exactitud cuál será el resultado de un proceso de negociación, dependerá de la habilidad de ambas partes en dicho proceso negociador.

Ahora, esta es una de las muchas situaciones, en las cuales la negociación genera un excedente. Y ese excedente puede permitir a ambas partes mejorar su situación económica (esto es, aumentar sus beneficios empresariales). De ahí el interés de la negociación, tanto a nivel teórico como a nivel académico o a nivel aplicado. La negociación constituye en muchos casos la mejor manera de resolver un problema de conflicto de intereses.

Si siguiéramos reduciendo el volumen de producción de la empresa generadora de la externalidad, ahora del punto  $A$  al punto  $D$  veríamos nuevamente que queda una zona de excedente. Nuevamente la negociación genera un excedente igual, en este caso, al área del paralelogramo de vértices  $E F C B$ . Es decir, la reducción del volumen de producción de  $A$  a  $D$ , podría permitir a ambas partes mejorar. Tanto al generador de la externalidad como el sufridor de la misma pueden incrementar su cifra de beneficios..

Podemos ir viendo que ese proceso de mejora económica de ambas partes continua hasta que se llega exactamente a un volumen de producción igual a  $X^*$ . Esto es, hasta que se alcanza el óptimo social. En efecto, si se redujera el volumen de producción por debajo de  $X^*$  se generaría un excedente negativo. Por tanto, la idea de Coase- Nash, se resume en que existe una especie de tendencia automática hacia el equilibrio dado por el óptimo social.

Este tipo de idea, creo que tiene un atractivo indudable. No obstante, su puesta en práctica no está exenta de dificultades. Lo que hay que intentar es darle una dimensión operativa, es decir, una dimensión de política ambiental. En este sentido, estas ideas han cuajado en un instrumento de política ambiental bastante utilizado, que en algunas situaciones da muy buenos resultados, que son los llamados permisos de contaminación comercializables, lo que en lengua inglesa son los "marketable permits". A continuación,

voy a explicar con un sencillo ejemplo cómo funciona este instrumento de política ambiental, que realmente representa, una especie de dimensión operativa de los mecanismos de negociación, de tendencia automática al óptimo social, de Coase y de Nash.

En la Tabla 1 figuran los datos del ejemplo. Debo de indicar que se trata de un ejemplo ilustrativo por lo que los las cifras que vamos a manejar son puramente ilustrativas.

Tabla 1. Emisión de permisos de contaminación comercializables en el sector almazarero.

ALMAZARA	EMISIONES-TON DE ALPECHIN	COSTE MARGINAL DE REDUCCION /TON
A	30000	50
B	15000	20
C	15000	30

Supongamos que tenemos tres almazaras con unas determinadas emisiones de alpechín dadas por las cifras recogidas en la Tabla 1. Todas las almazaras pueden reducir sus emisiones de alpechín, pueden eliminarlas, pero con un coste. Dichos costes marginales de reducción vienen asimismo recogidos en la tabla. En la situación actual, se produce un total de emisiones igual a sesenta mil toneladas de alpechín que se considera no aceptable y que por tanto hay que reducir.

¿ Cómo podemos implementar esa medida de política ambiental? Vamos a estudiarlo de dos maneras diferentes. La manera, si queremos, más clara, más intervencionista, que son los estándares de emisiones. Es decir, vamos a fijar una norma de emisión que no se puede superar. Posteriormente analizaremos el problema por medio de la emisión de permisos de contaminación comercializables.

Supongamos que una autoridad pública, para alcanzar la deseada reducción en el volumen de emisiones, fija una norma ambiental, permitiendo un máximo de emisiones igual a 40000 toneladas de alpechín. Asimismo, se decide fijar la norma de una manera proporcional a los volúmenes de emisión de cada almazara. Consecuentemente, la almazara A tendrá que reducir sus emisiones en 10000 toneladas, mientras que la reducción de las almazaras B y C será sólo de 5000 toneladas. El coste de fijación de la norma para la industria en su conjunto será igual a 750000 Euros ( $10000 \times 50 + 5000 \times 20 + 5000 \times 30 = 750000$ ). Seguidamente, vamos a atacar el problema por medio de la emisión de permisos de contaminación comercializables. Así, como se desea que la emisión total no supere las 40000 toneladas, se emitirán 40000 permisos de una manera proporcional a las emisiones actuales. A primera vista, con este sistema reproduciremos la solución obtenida para el caso anterior. Ahora bien, esto sería así, si hubiéramos repartido simplemente permisos de emisión. Pero hemos repartido algo más. Hemos repartido permisos de emisión comercializables. Por tanto, el propietario de un permiso puede hacer con él lo que quiera. Puede usarlo y emitir una tonelada de alpechín, puede guardarlo en el cajón o puede venderlo, que es la clave de la cuestión. Así, puede venderlo a otra almazara que le interese comprárselo.

A la vista de estos datos, parece bastante claro que la almazara A no está en una buena situación. No ha introducido las tecnologías de reducción punta que existen en la actualidad, y consecuentemente reducir sus emisiones le cuesta mucho dinero. Por tanto, si existe un cierto nivel de información, la almazara A sabrá que la almazara B tiene unas tecnologías de reducción mucho más avanzadas que las suyas, y que pueden llegar a un acuerdo, por medio de la compra por parte de la almazara A a la almazara B esos diez mil permisos. ¿Llegarán a un acuerdo? Estas cosas nunca se pueden garantizar pero parece que es altamente probable. ¿Cuál será el precio del acuerdo? No lo sé. Lo que sí está claro es que si el precio del acuerdo es de cincuenta Euros la almazara A se va a quedar igual que antes, y la almazara B va a tener, unos pingües beneficios. Por el contrario, si el precio es de veinte Euros, la almazara B se va a quedar igual que antes, y la almazara A va a incrementar enormemente sus beneficios. Lo razonable es que se establezca un precio intermedio. Ese precio intermedio permitirá a ambas almazaras mejorar sus beneficios empresariales.

Por ejemplo, supongamos que a través del proceso de negociación, la almazara B acepta vender los diez mil permisos de emisión a la almazara A un precio de veinticinco euros por permiso. Bien, en qué situación final nos encontramos. Al final, se va a conseguir el mismo objetivo ambiental que se había conseguido anteriormente, es decir, reducir las emisiones totales de sesenta mil a cuarenta mil toneladas. Con el sistema de fijación de

la norma, el coste para la industria en su conjunto era de setecientos cincuenta mil euros. Ahora echamos las cuentas correspondientes. La almazara A tiene que reducir sus emisiones en diez mil toneladas. Sin embargo, no las reduce. Simplemente ha comprado los diez mil permisos a la almazara B, por veinticinco euros el permiso. La almazara B tiene que reducir totalmente sus emisiones. No puede emitir nada, lo cual le cuesta quince mil toneladas por veinte Euros, pero tiene un ingreso atípico, derivado de la venta de su permiso de emisión, que son los diez mil permisos que ha vendido a veinticinco Euros. La almazara C no ha entrado en el intercambio.

En conclusión, se ha conseguido el mismo objetivo ambiental, suponiendo para la industria en su conjunto un coste cuatrocientos cincuenta mil Euros con respecto al coste de setecientos cincuenta mil euros, que representaba el alcanzar este objetivo ambiental por medio de la fijación de una norma de emisión.

En definitiva, el beneficio de la almazara A ha mejorado en veinticinco mil euros, el de la B en cincuenta mil euros, y la almazara C se ha quedado como estaba.

Indudablemente, en un lenguaje económico, en un lenguaje del sentido común, la emisión de permisos de contaminación comercializables con respecto a las normas de emisión, ha supuesto una mejora paretiana, ya que algunos agentes económicos han mejorado, las almazaras A y B y ninguno ha empeorado como es el caso de la almazara C.

Indudablemente, este tipo de procedimiento tiene que tener algún punto débil, ya que si no este sistema sería una especie de panacea. Estaríamos efectuando un acto de prestidigitación, como si sacáramos conejos blancos de una chistera. Tiene que tener algún punto débil.

Estos sistemas en algunos casos han funcionado muy bien. Por ejemplo, en la industria eléctrica en Estados Unidos para las emisiones de  $SO_2$ , ha funcionado muy bien. Igual que hay un mercado de renta fija, de renta variable, hay un mercado de permisos de emisión de  $SO_2$ . Sin embargo, en otros casos este sistema no ha funcionado.

Cuál es la clave de que funcione o no. Por qué ha funcionado tan bien en este ejemplo, pues obviamente por que está preparado. Está preparado en el sentido de que he establecido unos costes marginales de reducción muy diferentes en cada una de las almazaras. Si los costes marginales de reducción hubieran sido equivalentes, si las tecnologías de reducción disponibles en ese momento por parte de cada una de las almazaras hubiera sido la misma ¿qué hubiera ocurrido? Pues que no hubieran mejorado a través del intercambio.

Este procedimiento al fin y al cabo consiste en crear implícitamente un sistema de mercado. Y el sistema de mercado permite mejorar a los agentes económicos a través del intercambio cuando se cumplen determinadas condiciones. Pensemos por un momento que este es el inicio del mundo, y que el mundo está poblado por las personas que asistimos a estas jornadas. La naturaleza nos ha proporcionado a todos las mismas cantidades de vivienda, de alimentos, de vestidos y la misma estructura de preferencias. ¿Crearíamos mercados inmediatamente? Obviamente no, ¿qué íbamos a intercambiar? Tendríamos los mismos gustos, la misma cantidad de comida, la misma cantidad de ropa, y la misma vivienda. No crearíamos mercados, al menos de una manera inicial.

Pensemos ahora que se organiza el mundo de una manera diferente y la naturaleza se ha comportado de una manera caprichosa proporcionando a algunos de nosotros unas viviendas inmensas, pero nada de comida. A otros sin embargo, ha proporcionado mucha ropa, pero nada de viviendas, etcétera. Inmediatamente funcionarían los mercados. No haría falta que Adam Smith escribiera la *Riqueza de las Naciones*. Yo sabría por ejemplo, que mi amigo **Alberto Losada** aquí presente, le sobran metros cuadrados y que no tiene nada que comer, por lo que intercambiaríamos. Mira Alberto dame unos metros cuadrados que yo te voy a dar alimentos. Mi amigo **Pablo Campos** aquí presente, oye Pablo que yo sigo sin vivienda, dame unos metros cuadrados y yo te doy ropa que no tienes nada de ropa. Inmediatamente se establecerían intercambios y todos mejoraríamos a través de establecer dichos intercambios.

Esa es la clave para que estos sistemas de emisiones de permisos de contaminación comercializables funcionen. Obviamente, existen muchos casos que no funcionan. Por ejemplo, esto es lo que ocurre con los mercados de agua. En este contexto, no se emiten permisos de contaminación, si no se emiten derechos de riego. ¿Qué ha sucedido, dónde están establecidos estos sistemas?, por ejemplo en California, o cuando se han estudiado teóricamente en España, pues que a nivel de una cuenca, no se intercambian prácticamente derechos de riego. En efecto, los agricultores tienen los mismos objetivos, tienen una estructura empresarial similar, tienen las mismas tecnologías de riego, etcétera.

Pese a estos inconveniente, este instrumento debe de tenerse en cuenta puesto que en algunos casos funciona muy bien, y consigue sin necesidad de mecanismos de intervención alcanzar el objetivo de reducir el nivel de contaminación hasta un punto deseable, de una forma muy eficiente.

Bien con esto completo la parte de mi presentación dedicada a los males ambientales de la agricultura, es decir, de las externalidades negativas y de dar una panorámica de los

instrumentos que hasta ahora se han desarrollado para intentar reducir esa provisión de males ambientales, o dicho con otras palabras para tratar de reducir ese exceso de externalidad negativa.

Vamos a hablar ahora de los bienes ambientales. Como se tratan de externalidades positivas su generación implica en este caso una ineficiencia asignativa de recursos debido a un déficit de provisión. La Figura 3 trata de sintetizar un marco analítico para atacar este tipo de problemas.

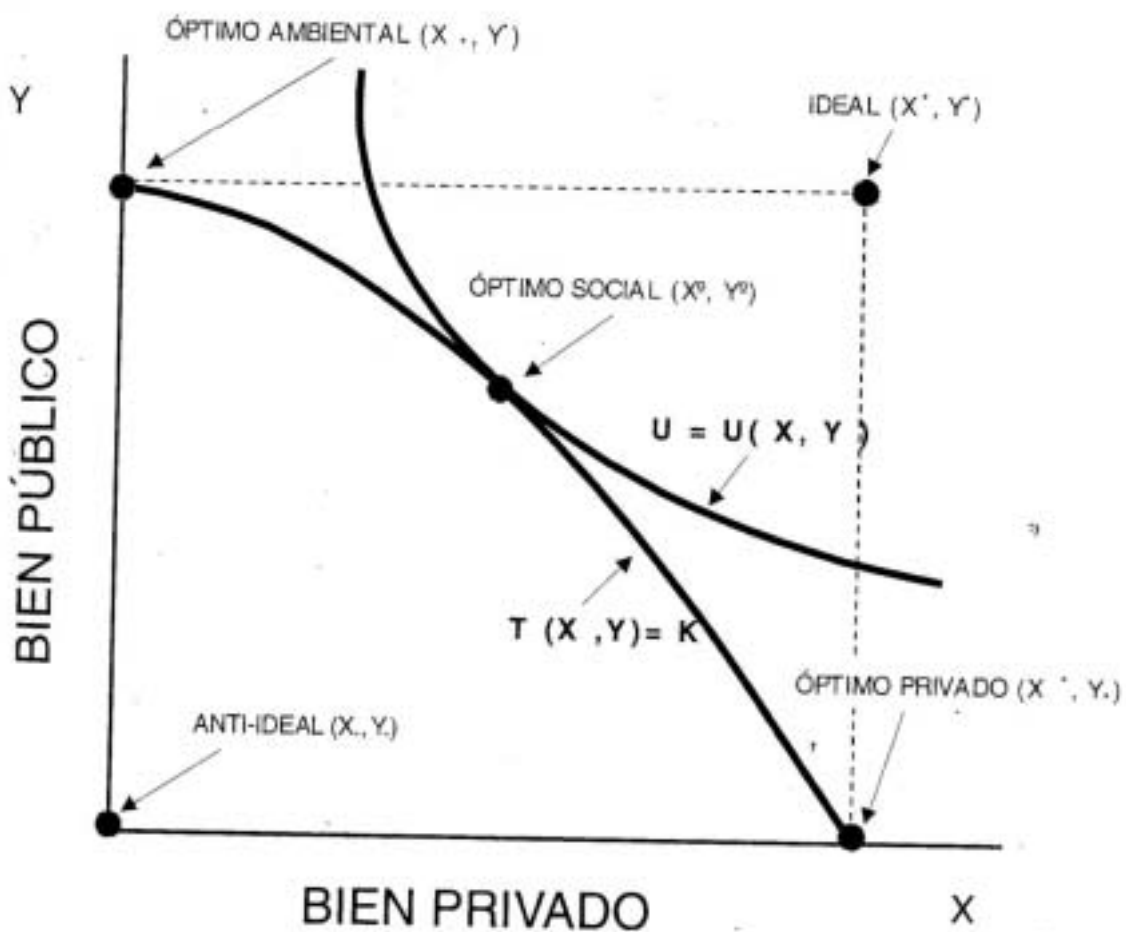


Figura 3. Frontera de posibilidades de producción entre el bien privado y el bien público de naturaleza ambiental.

¿Qué es lo que sucede en la realidad?. Pensemos, por ejemplo, en un propietario forestal. Ese propietario forestal está tratando de organizar de una manera óptima para sus intereses su proceso de producción. Este empresario produce madera, fruto, leña, pastos, etcétera. Produce una serie de bienes que el mercado se los valora. La cesta de bienes privados que produce ese productor forestal queda representada en el eje de abscisas de la Figura 3.

Pero además este propietario está produciendo, de una manera “involuntaria”, una serie de bienes ambientales. Así, está produciendo una serie de bienes públicos para la sociedad. Sus masas forestales, capturan CO<sub>2</sub>, y ese CO<sub>2</sub> lo mantiene almacenado en la madera en forma de carbono inofensivo, defiende al suelo contra la erosión, aumenta la biodiversidad, etcétera. La correspondiente cesta de bienes públicos está representada en el eje de ordenadas de la Figura 3. Ahora bien, para esos bienes públicos no hay mercado. La sociedad no retribuye al propietario forestal como generador de esos bienes ambientales.

Además, esos bienes ambientales y esos bienes privados, se producen de una manera competitiva. En efecto, las mejores prácticas culturales desde un punto de vista de rentabilidad privada, son las peores desde un punto de vista de rentabilidad ambiental. Hay un conflicto. Entonces, qué sucede, pues que tenemos nuevamente tres óptimos tal como queda indicado en la Figura 3. El óptimo privado, que corresponde a la solución de mercado en la que se maximiza el beneficio empresarial, el óptimo ambiental, donde se produce la maximización de la producción de bienes ambientales y un óptimo social.

Si dejamos operar a las fuerzas de mercado y no realizamos ningún tipo de intervención, entonces la solución corresponderá al óptimo privado, y se producirá un exceso de provisión del bien privado y una falta de provisión del bien público.

¿Qué se puede hacer?. Bueno hemos ido hablando de esta serie de cosas. Veamos la primera idea, que se ha empezado a desarrollar, que es la idea de los subsidios verdes (“green prices”). En este sentido, puede demostrarse rigurosamente, que igual que existe un impuesto óptimo que permite restaurar la eficiencia, fundamento de las ecotasas, así como del principio “de quien contamina paga”, también existe una prima, un subsidio óptimo que permite restaurar la eficiencia. Y si en nuestra cultura ha calado hondo el principio de quien contamina paga, pienso también irá calando el principio dual de “quien descontamina cobra” su subvención o su subsidio. Hasta cierto punto este es el fundamento teórico de los programas de forestación de tierras agrarias, con sus primas compensatorias, primas de mantenimiento, etc. No obstante, este tipo de ideas son todavía relativamente incipientes.

Paso seguidamente a exponer, el concepto de curvas de intercambio (“trade-offs curve”) entre indicadores de sustentabilidad. Para ello, voy a apoyarme en el diagrama representado en la Figura 4.

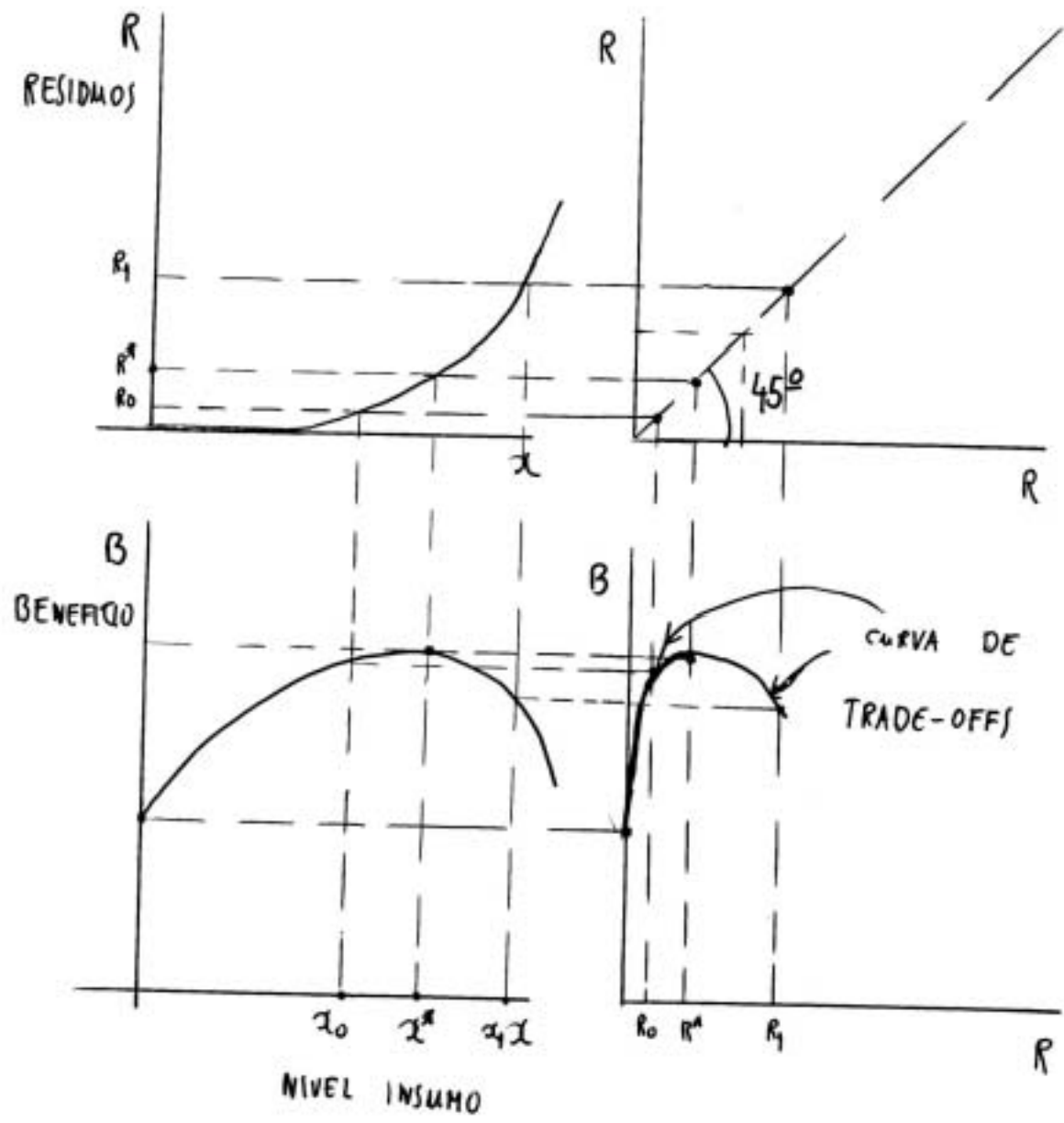


Figura 4. Curvas de intercambio entre indicadores de sustentabilidad.

En la parte inferior izquierda de la Figura 4 tenemos el nivel de aplicación de un insumo, por ejemplo, agua de riego, herbicida, abono y el beneficio asociado al correspondiente proceso de producción. En tal contexto, existe un nivel de utilización del insumo  $x^*$  que proporciona el máximo beneficio. Ese nivel de utilización del insumo, como había indicado en otra parte de mi presentación, corresponde al nivel para el cual la productividad marginal del factor es igual a su precio relativo.

Ahora bien, el uso de ese insumo va generando unos residuos. A partir de un cierto nivel, el medio natural puede tener problemas para asimilar esos residuos, generándose problemas de contaminación. Este es el caso de los procesos de salinización de suelos y

de cuencas de ríos, contaminación de agua subterráneas, etcétera. Entonces, a mitad de camino entre la metáfora y, si queréis el minimalismo, la parte inferior izquierda de la Figura 4 recoge la idea convencional de la agricultura (esto es, utilizar los insumos hasta aquel punto en el cual conseguimos maximizar el beneficio) y la parte superior izquierda la idea de interacción con el medio natural (esto es, la generación de residuos contaminantes).

Entonces, cómo integrar ambas cosas. Pues las vamos a integrar a partir de la generación de las curvas de intercambio o curvas de “trade-offs”. Vamos a ver cómo el proceso de deducción de estas curvas muy lógico y a la vez muy sencillo.

En la parte inferior izquierda de la Figura 4 tengo la curva que me relaciona el beneficio con el nivel de utilización de insumo, su máximo que es el punto de máximo beneficio u óptimo privado. En la parte superior izquierda de la figura tengo la función de residuos. Conforme voy utilizando más insumos voy generando más residuos. En principio, esa curva coincide con el eje de abscisas, porque niveles bajos de residuos no afectan al medio natural. A partir de un cierto punto, la producción de residuos empieza a generar problemas al medio natural. Bien, me fijo en un punto de la curva de beneficios, por ejemplo el punto de máximo beneficio. Este punto implica un determinado nivel de generación de residuos no deseados. A través de un pequeño “truco”, una línea de cuarenta y cinco grados representada en la parte superior derecha de la figura, “transporto” ese punto a la parte inferior derecha de la Figura 4. Con lo cual he obtenido, la combinación beneficio-cantidad de residuos que corresponde al punto de máximo beneficio.

Qué es lo que yo estoy intentando hacer, a través de este esquema gráfico. Estoy intentando intercambiar beneficios empresariales con residuos contaminantes. Es decir, estoy determinando el coste de oportunidad de los beneficios privados en término de los residuos producidos, o viceversa.

Partiendo de otros puntos de la curva de beneficios privados los voy transportando al plano beneficios-residuos. De esta manera, determino la curva de intercambios o de “trade-offs” representada en la parte inferior izquierda de la Figura 4. Es interesante observar, que el tramo de la curva de intercambios situado a la derecha del punto  $(R^*, B^*)$  no es eficiente, pues a mayor producción de residuos menor beneficio. O sea, todo este trozo de la curva es un trozo ineficiente, es irracional, porque vamos a reducir los beneficios y vamos a incrementar la producción de residuos. A izquierda del punto  $(R^*, B^*)$  tenemos la rama eficiente de la curva, esto es, conforme aumenta el beneficio aumenta la producción de residuos y viceversa. Este trozo de la curva es la propia curva

de intercambio, que pienso que tiene una gran trascendencia. Posteriormente, comentaré casos reales de determinación de este tipo de curvas, que insisto nos permiten medir el coste de oportunidad de los beneficios en términos de niveles de contaminación (producción de residuos).

Conocida la curva de intercambios, con la ayuda de procedimientos analíticos más o menos sofisticados en los que no voy a entrar (aproximación a puntos ideales, juicios de expertos, determinación de preferencias, etc) podremos determinar el óptimo social sobre la curva, como un equilibrio o compromiso entre el óptimo privado y el óptimo ambiental. El conocimiento de ese óptimo social puede ser una buena manera de establecer las mejores prácticas de manejo ("best management practices"), así como las subvenciones que habría que dar al agricultor para que se desplazara de su óptimo privado a su óptimo social, a través de esa idea de mejores prácticas de manejo.

Voy a ir ya más rápido porque el tiempo se me va acabando. Estas curvas de intercambio también juegan un papel esencial en el caso de la provisión de los bienes ambientales. Vamos a ilustrar esta idea con un típico caso forestal. En primer lugar, tenemos la edad de la masa, el valor actual neto de la inversión subyacente, y una función de servicios no maderables, normalmente de naturaleza recreativa-ambiental introducida por Hartman en 1976. Estos servicios no maderables tienen el carácter de bien público y por tanto carecen de mercado, por lo que el empresario no es compensado económicamente por su producción.

Siguiendo "paso a paso" el esquema analítico anterior consigo determinar la curva de intercambios entre dos cosas que las dos son buenas. Aquí, ambos atributos son del tipo más/mejor. A mayor valor actual neto mejor. A mayor flujo de servicios recreativos-ambientales mejor. En este caso la rama eficiente de la curva corresponde a su parte derecha.

La Figura 3 anteriormente comentada corresponde a esta idea de curva de intercambio entre dos indicadores de sustentabilidad del tipo más mejor. Es decir, este tipo de curva nos cuantifica el coste de oportunidad de la ganancia derivada de la producción de madera con respecto a la merma de la producción de esos servicios recreativos-ambientales. Nuevamente, tenemos el óptimo privado, el óptimo ambiental y podremos también aproximar el óptimo social. En este contexto también podemos hablar de mejores prácticas de manejo, así como de la determinación de las subvenciones ("green prices") necesarias para poder alcanzarlas.

En lo que sigue voy a esbozar algunos casos reales desarrollados en este sentido. El primero caso corresponde a un trabajo de los Doctores **Herruzo** y **Zekri**. Los rasgos

básicos del trabajo son los siguientes. Se trabaja con una finca tipo de cuarenta hectáreas en el Valle del Guadalquivir, con tres cultivos, algodón, maíz y girasol, y se estudia el problema de la contaminación por nitrógeno. Con la ayuda de dos tipos de herramientas, un modelo de simulación de cultivos y un modelo de optimización matemática multicriterio se determina la curva de intercambios margen bruto-cantidad de nitrógeno lixiviado.

Conviene insistir en que esta curva nos está cuantificando el intercambio entre el nitrógeno lixiviado y el margen bruto. La pendientes de esta curva, o mejor dicho la pendiente de cada tramo de esta curva, nos mide el coste de oportunidad del margen bruto en términos de nitrógeno lixiviado y viceversa. Con la ayuda de técnicas de optimización multicriterio de aproximación al punto ideal (programación compromiso) se determinó una zona óptima o zona de equilibrio. El descenso de margen bruto, del que corresponde al óptimo privado con respecto al que corresponde a esa zona de equilibrio, nos da una orientación del tipo de compensación económica que habría que proporcionar al agricultor por que adoptara esas mejores prácticas de manejo.

El caso siguiente que voy a comentar corresponde a un trabajo mío realizado con los doctores **Ríos y Díaz-Balteiro** sobre la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico por parte de los ecosistemas forestales. Voy a efectuar un apunte muy breve, pues este tema lo desarrollara con detalle el Doctor **Díaz-Balteiro** en su comunicación.

Esta figura recoge la curva de intercambios entre Valor Actual Neto y Captura de CO<sub>2</sub> por año para unas masas de hayedos en España. En este caso la curva nos cuantifica los intercambios (costes de oportunidad) de la tonelada de CO<sub>2</sub> capturada en términos de reducción de Valor Actual Neto de la inversión subyacente.

En algunos países se comienzan a desarrollar mercados incipientes de captura de CO<sub>2</sub>. En nuestro país no existe todavía tal tipo de mercados. Por tanto, si no existe ningún tipo de compensación económica al propietario por el CO<sub>2</sub> que captura de una manera “involuntaria” se situará en el punto de máximo beneficio que es su óptimo privado. Sin embargo, existe el óptimo ambiental, que supone la máxima captura de CO<sub>2</sub>, así como un óptimo social. Por tanto, habrá que determinar la prima o compensación económica a percibir por el propietario para conseguir que los óptimos privados y sociales coincidan. Los resultados que paso seguidamente a proyectar están muy en la línea de las primas compensatorias y de mantenimiento de los actuales programas de forestación de tierras agrarias, pero con un horizonte de actuación muy superior.

Finalmente, voy a dar unas ligeras pinceladas sobre una tercera aplicación de la metodología de curvas de intercambio que estoy presentando. Se trata de un trabajo que

desarrollé con **Slim Zekri**, a principios de los noventa sobre los regadíos de Tauste en Aragón. Se trataba y me temo se sigue tratando de unos regadíos en muy mal estado. La eficiencia media no superaba el 62%. Obviamente, estas bajas eficiencias originaban y me temo siga originando, unos problemas de despilfarro de agua, así como problemas de salinización de los suelos y de salinización de la cuenca del río Arba.

Para atacar este problema se estudiaron diferentes mejoras del sistema de riego. Una descripción detallada de dichas mejoras está recogida en el siguiente cuadro. Esas mejoras permiten incrementos en la eficiencia de los sistemas de riego que oscilan entre el 72 y el 93%. Esta última cifra de eficiencia corresponde a un caso de riego por goteo. Nuevamente, a través del uso simultáneo de un modelo de simulación, en este caso un modelo de simulación hidrosalino, y un modelo de optimización multiobjetivo, se generaron diferentes resultados. Yo simplemente voy a apuntar en la línea de lo que estamos hablando, algunos aspectos relacionados con la curva de intercambios entre descarga salina y el pago de inversión necesario para modernizar (mejorar) esos regadíos.

Para la situación inicial la descarga salina es muy grande (142.781 toneladas). Los expertos consideran que se trata de una cifra ambientalmente inaceptable, que pone en muy serio peligro la sustentabilidad del sistema agrario subyacente. La curva de intercambios nos indica que a base de invertir dinero se puede conseguir llevar la descarga salina prácticamente a cero (536 toneladas). Volvemos a ver cómo estamos intercambiando diferentes indicadores de sustentabilidad. Asimismo, las pendientes de los diferentes segmentos que constituyen esta curva de intercambios nos miden el coste de oportunidad de reducir una tonelada de descarga salina en términos de incrementos en la cifra de pago de inversión.

Voy a finalizar mi presentación tratando de extraer algunas conclusiones básicas. En primer lugar, indicare que el sistema agrario es sustentado por un medio natural limitado (finito). El sistema agrario proporciona bienes privados, que son valorados por el mercado, así como bienes y males ambientales sin mercado. Por tanto, si queremos que exista un equilibrio sustentable entre el sistema económico y el sistema natural no es suficiente con aplicar el principio "quien contamina paga", que ya se está aplicando (impuestos a las emisiones, ecotasas, etc), si no que además tendremos que añadir el principio "quien descontamina cobra", para de esta forma aumentar la producción de bienes ambientales. Es decir, además de impuestos verdes, indudablemente necesarios, las sociedades deben considerar el urgente establecimiento de subsidios verdes.

Un instrumento eficaz y relativamente sencillo para poder diseñar políticas ambientales juiciosas, se basa en las curvas de intercambio o curva de trade-offs. Técnicamente su construcción requieren un cierto esfuerzo, pero son perfectamente construibles como he tratado de apuntar hace unos minutos, y su conocimiento, pienso, que es necesario para poder diseñar políticas agroambientales eficientes. Así, entre otras cosas, el conocimiento de estas curvas puede permitir la puesta en práctica del concepto de mejores prácticas de manejo.

Otra idea básica es la de que la sustentabilidad, que indudablemente es un concepto ecológico, tiene fuertes dimensiones económicas. La dimensión económica de la sustentabilidad es especialmente importante si queremos hacer operativo este concepto.

Una última idea, importante aunque de carácter técnico, es la importancia de la unión de los modelos biofísicos de simulación de cultivos con las herramientas de optimización multicriterio. Los modelos biofísicos de simulación de cultivos, se han desarrollado enormemente, pero los han desarrollado los “agrónomos”. Mientras que las herramientas de optimización multicriterio en la agricultura la han desarrollado los “economistas agrarios”. Desgraciadamente los “agrónomos” y “los economistas agrarios” son dos mundos que han funcionado en la mayor parte de los casos de una manera muy separada. Las pocas veces que han funcionado al unísono han obtenido resultados importantes, como he indicado en la última parte de mi presentación.

Sintetizando al máximo, los modelos biofísicos de simulación de cultivos, híbridos con las herramientas de optimización multicriterio, permite obtener curvas de intercambios entre indicadores de sustentabilidad. Esas curvas de intercambios nuevamente con la ayuda de las herramientas de optimización multicriterio pueden conducirnos a conseguir aproximarnos a estrategias agrarias sustentables. En definitiva, un esfuerzo de síntesis pluridisciplinar entre la “agronomía” y la “economía agraria” parece hoy en día, imprescindible si queremos atacar racionalmente los problemas de interacción entre el sistema agrario y el medio natural

Bien, esto es todo y muchas gracias por vuestra atención.

### **Bibliografía Básica**

Carlos Romero (1997). *Economía de los Recursos Ambientales y Naturales*. Alianza Editorial, Madrid.

### **Bibliografía de Ampliación**

Carlos Romero, Valeria Ríos y Luis Díaz-Balteiro (1998). Optimal forest rotation when carbon captured is considered: theory and applications. *Journal of the Operational Research Society*, **49**: 121-131.

Slim Zekri y Casimiro Herruzo (1994). Complementary instruments to EEC nitrogen policy in non-sensitive areas: a case study in Southern Spain. *Agricultural Systems*, **46**: 245-255.

Slim Zekri y Carlos Romero (1993). Public and private compromises in agricultural water management. *Journal of Environmental Management*, **37**: 281-290.

### **GERARDO GARCÍA FERNÁNDEZ**

Bueno, si os parece antes de pasar a las comunicaciones por respetar el programa lo más posible en cuanto a horarios, hacemos un descanso de quince/veinte minutos para tomar café y retomamos la sesión a continuación...