

Mercados de derechos de emisión. Experiencia docente en la asignatura Microeconomía.

Juan Cristóbal Campoy Miñarro

juancris@um.es

Universidad de Murcia. Departamento de Fundamentos del Análisis Económico, Facultad de Economía y Empresa. Campus de Espinardo, 30100 Espinardo, Murcia, España.

Recibido: 19 de junio de 2023
Aceptado: 18 de octubre de 2023

Resumen

Este trabajo se enfoca en la experiencia docente sobre el ODS n. 13 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, centrado en la “Acción por el Clima”. Se destaca la importancia de los mercados de derechos de emisión como medida para combatir el cambio climático. A pesar de su relevancia, los manuales tradicionales de economía no brindan un tratamiento adecuado de estos mercados, dificultando la comprensión por parte del alumnado. Por ello, se desarrolla una experiencia de aprendizaje colaborativo donde los/as estudiantes simulan ser empresas ante diferentes escenarios: (i) distribución uniforme de derechos sin permitir un mercado de emisiones, (ii) distribución uniforme con un mercado de emisiones, (iii) distribución desigual con un mercado de emisiones y (iv) impuesto sobre las emisiones. El alumnado comprueba cómo los mercados de derechos de emisión constituyen un mecanismo eficiente de reducción de emisiones e independiente de la asignación inicial de derechos. Asimismo, comprueban cómo el establecimiento de un impuesto a las emisiones proporciona un resultado similar a los mercados de derechos. En definitiva, esta experiencia docente brinda a los/as estudiantes una comprensión más sólida de los mercados de derechos de emisión y su papel en la acción climática.

Palabras clave: Externalidades, derechos de emisión, impuestos sobre emisiones.

Códigos JEL: Q54, Q58, D62, H23.

1. INTRODUCCIÓN

La universidad española se ha embarcado en un proceso de concienciar, sensibilizar y fomentar los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) entre la comunidad universitaria. Los ODS, establecidos por las Naciones Unidas en la Agenda 2030, representan un conjunto de metas ambiciosas para abordar los desafíos mundiales más urgentes, desde la erradicación de la pobreza hasta la acción climática, la igualdad de género y la promoción de la paz y la justicia. En el contexto de la educación universitaria española, resulta imprescindible destacar la importancia de incorporar los ODS en los planes de estudio y en la vida académica en general.

El presente trabajo centra su atención en el Objetivo n. 13 titulado *Acción por el Clima* desarrollando la experiencia docente llevada a cabo en la asignatura Microeconomía en el Grado de Administración y Dirección de Empresas. Para la consecución del Objetivo n.13, se propone

que los países deberían “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”. Una de las medidas adoptadas para abordar el cambio climático es el mercado de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (GEI). El objetivo principal de los mercados de derechos de emisión es reducir las emisiones de GEI de una manera eficiente. Dichos mercados se propusieron en el Protocolo de Kioto en 1997. No obstante, no fue hasta el año 2005 cuando se implementó el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU ETS), que hasta el día de hoy sigue siendo el principal mecanismo de lucha contra el cambio climático en la UE.

A pesar de su importancia, los manuales tradicionales de economía no han prestado suficiente atención al estudio de los mercados de derechos de emisión. Así, Mankiw (2020, pág. 205) en su capítulo 10 dedicado a las externalidades analiza su funcionamiento simplemente utilizando una demanda y oferta global de derechos para mostrar que son equivalentes tanto el establecimiento de un impuesto a las emisiones como la imposición de una cuantía fija a las emisiones. Por otro lado, Krugman y Wells (2013, pág. 464) analizan los mercados de emisión a través de dos empresas con distintas curvas de ingreso marginal de la contaminación (ahorro de la empresa por unidad adicional de contaminación) y muestran que no es óptimo poner un tope de emisión igual a las dos empresas ya que en tal caso los ingresos marginales serían diferentes. En tal escenario, dichos autores muestran que sería óptimo el establecimiento de un impuesto que haga que la empresa con ingresos marginales más bajos contamine menos que la empresa de ingresos marginales altos. A continuación, estos autores comentan que, si se estableciese un precio del derecho igual al impuesto, las empresas llegarían al mismo resultado vendiendo y comprando derechos. Por otra parte, Varian (2015) en su capítulo 35, dedicado al estudio de las externalidades considera un ejemplo llamado “bonos por contaminar” (págs. 701 y 702) donde comenta la solución eficiente y señala “numerosos economistas han afirmado que la mejor manera de llevar a cabo la solución eficiente del problema del control de las emisiones es recurrir a un mercado” finalizando con tres párrafos donde de una forma verbal argumenta tal conclusión. En esa misma línea, Pindyck y Rubinfeld (2018) comentan los permisos transferibles de contaminación en su capítulo 18 dedicado a las externalidades y bienes públicos mostrando en las páginas 665-666 la evolución del precio del derecho del mercado de derechos transferibles del dióxido de azufre e indicando de forma verbal “si existen suficientes empresas y permisos, surge un mercado competitivo de permisos. En el equilibrio de mercado, el precio de un permiso es igual al coste marginal de reducción de todas las empresas; de lo contrario, a algunas les resultará beneficioso comprar más permisos”. Finalmente, el manual de Economía Ambiental de Riera *et al.* (2016) dedica las páginas 97-100 al estudio de los mercados de derechos de emisión de una forma verbal. Para ello, considera dos empresas A y B con diferentes costes de reducción de la contaminación y señalan en la página 99: “En tanto en cuanto, haya un número suficiente de empresas tipo A y tipo B, en nuestro ejemplo sencillo, se producirá competencia y actuará la ley de la oferta y la demanda para ir definiendo el precio de transacción de cada bono en esta burbuja en particular”. Y en la página 100 añaden: “Si los costes de reducción de las emisiones son notablemente distintos entre empresas, entonces el mercado puede llevar a ahorros considerables de recursos. Se puede conseguir la reducción a un coste sensiblemente menor que simplemente con la prohibición legal de emitir por encima de un determinado límite”.

Como podemos observar, el tratamiento del mercado de derechos de emisión es muy vago e impreciso a través de comentarios generales, lo que dificulta la comprensión del funcionamiento de un mercado de derechos de emisión por parte del alumnado.

El objetivo de este artículo consiste en llenar este hueco que los manuales presentan en el tratamiento de los derechos de emisión y mostrar cómo funcionan los mercados de derechos

de emisión y los motivos de su implementación. Este trabajo desarrolla la experiencia docente llevada a cabo en la asignatura “Microeconomía” del grado de Administración y Dirección de Empresas de la Universidad de Murcia, dentro del tema dedicado a los Fallos del Mercado. Requirió de dos sesiones de 1 hora y 30 minutos para su desarrollo completo. Tiene como referencia el artículo de Ando y Ramírez Harrington (2006) en el *Journal of Economic Education*. Tal artículo nos sirve como base, si bien su propuesta se complementa con un análisis gráfico y matemático. Adicionalmente, dicho trabajo es extendido en una doble vertiente: (i) el análisis de cómo influye la distribución inicial de derechos en el mercado y (ii) cómo el establecimiento de un impuesto sobre las emisiones permite alcanzar un resultado similar al mercado de derechos de emisión.

Esta experiencia docente no se restringe únicamente al ámbito de la Microeconomía, sino que también es de utilidad para las asignaturas de economía pública impartidas en la universidad española. Dentro del estudio de la economía del Sector Público (véase por ejemplo Stiglitz y Rosengard, 2016) se abordan las externalidades y bienes públicos como una justificación para la posible intervención del Sector Público. Adicionalmente, se estudia de una forma extensiva los efectos económicos de las diferentes figuras impositivas. Sin embargo, y a pesar de su importancia, muy poca atención se presta en los planes de estudio a los mercados de derechos de emisión, la asignación de derechos y la relación entre mercados de derechos e impuestos a las emisiones. Además, la venta de derechos constituye una fuente alternativa de financiación del sector público¹.

La experiencia es desarrollada utilizando estrategias de aprendizaje colaborativo, ya que el alumnado es dividido en cinco grupos de 4-5 integrantes, asignándole un número entre el 1 y el 4 o 5 según el caso a los integrantes de cada grupo. Se plantean diferentes escenarios y tras un tiempo para la discusión intragrupo, uno de los integrantes de cada grupo (elegido al azar utilizando por ejemplo una herramienta en línea como echaloasuerte.com) reportará la solución a las preguntas planteadas. De esta forma, se fomenta la discusión entre los integrantes de los distintos grupos y posteriormente entre todos los grupos. Cada grupo representa a una empresa que, al producir un determinado bien, genera emisiones de GEI. Se pueden reducir sus emisiones, pero esta acción cuesta dinero para la empresa. Además, reducir sus emisiones no cuesta lo mismo para todas las empresas. Con este punto de partida, a los grupos se les plantea un primer escenario: (a) distribución uniforme de derechos sin permitir un mercado de emisiones, es decir, cada empresa tiene derecho a realizar la misma cantidad de emisiones a la atmosfera y no hay posibilidad de mercado entre ellas. Ante tal escenario, el alumnado calcula los costes de reducción de sus emisiones para cada empresa y el/la profesor/a suma el coste total para los seis grupos (los cinco grupos formados con el alumnado más otro que lleva el/la profesor/a para ir explicando los pasos a seguir). A continuación, se les plantea un segundo escenario: (b) distribución uniforme de derechos permitiendo un mercado de emisiones, es decir, a cada empresa se les da el mismo número de derechos que en el escenario anterior pero ahora se les permite la compra y venta de derechos de emisión. En este segundo escenario, cada grupo muestra sus deseos de comprar o vender derechos, sus intercambios y el coste resultante para su empresa tras los intercambios. El profesorado de nuevo anota el coste global. Tras finalizar este segundo experimento, el alumnado observa cómo este segundo mecanismo, en comparación con el primero, (i) permite reducir sus costes individuales, (ii) reduce los costes globales, y (iii) las emisiones globales de gases a la atmosfera son las mismas que en el primer escenario. Así, el alumnado comprueba cómo este mecanismo es eficiente, es decir, consigue reducir las emisiones al menor coste posible.

A continuación, se propone que el alumnado plantee una distribución de derechos entre los grupos siempre que la suma de los derechos sea igual a la suma de derechos iniciales de los

escenarios 1 y 2. Y de nuevo se les pide que realicen un mercado de derechos. De esta forma comprueban que el coste global es el mismo que en el escenario 2, por lo que el reparto de derechos no afecta a la eficiencia. En este sentido, se abre un debate sobre quién debería tener más derechos iniciales. Esta pregunta plantea cuestiones interesantes sobre la equidad, pero no afecta a la eficiencia. Finalmente, se les plantea un último escenario donde el alumnado comprueba cómo la propuesta del Premio Nobel de Economía, Joseph Stiglitz, consistente en poner impuestos a las emisiones, es también un mecanismo eficiente, ya que permite reducir las emisiones globales al menor coste global posible, abriendo un debate sobre las ventajas o inconvenientes de las dos soluciones eficientes vistas en esta experiencia docente.

2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA DOCENTE

2.1. FASE INTRODUCTORIA

En primer lugar, al alumnado se le pide que, previamente antes de venir a clase, visualice un video divulgativo muy corto sobre el Cambio Climático-Calentamiento Global (<https://www.youtube.com/watch?v=vKuO25LuLjk>). En dicho video simplemente se constata una realidad: la temperatura media del planeta está aumentando.

En segundo lugar, y ya en clase, a través de un cuestionario interactivo tipo Wooclap o Kahoot, se plantean diversas cuestiones sobre dicho video. Por ejemplo, a través de una pregunta tipo nube de palabras, el alumnado debe escribir cuál cree que es la causa principal del calentamiento global. Tras ello, el/la profesor/a muestra lo que nos dicen los científicos sobre esta materia. A tal efecto, se comenta que en 1988 la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente crearon el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático compuesto por más de 2000 científicos de diferentes países. A continuación, presentamos las principales conclusiones de dicho Panel de científicos: (a) la temperatura global está subiendo, (b) pequeños cambios de temperatura pueden tener efectos significativos en el planeta, (c) las emisiones de GEI se han incrementado enormemente y (d) dichas emisiones constituyen la causa principal del incremento global de la temperatura.

A continuación, se añaden algunos datos adicionales (véase por ejemplo *World Energy Outlook 2022* de la Agencia Internacional de la Energía (IEA)): (i) si bien existen GEI como el metano o el óxido nitroso, el principal GEI (por el volumen emitido) es el dióxido de carbono (CO₂). (ii) Las emisiones de CO₂ a la atmósfera se producen principalmente por la utilización por los seres humanos de combustibles como el petróleo, carbón o gas natural que liberan CO₂. (iii) La participación de los combustibles fósiles en el *mix* energético mundial se ha mantenido sistemáticamente alta, en torno al 80%, durante décadas. (iv) El CO₂ permite el paso del calor solar, pero retiene el calor reflejado en la superficie terrestre. Cuanto más espesa sea esta capa de gas, menos calor dejará escapar y mayor será el calentamiento de la Tierra, similar a un coche aparcado al sol o en un invernadero. (v) Las previsiones de la IEA muestran que las emisiones mundiales de CO₂ alcanzarán su punto más alto en 2025, con 37.000 millones de toneladas (Gt) al año, y descenderán paulatinamente hasta las 32 Gt en 2050. Por todo ello, se prevé un aumento de unos 2,5 °C en la temperatura media mundial para 2100.

Una vez planteado el problema, se relaciona con los conceptos estudiados de externalidad y bien público. Las emisiones de GEI constituyen un ejemplo claro de externalidad negativa y su reducción tiene el problema de un bien público. La atmósfera es global por lo que no es posible excluir a ningún país de los beneficios de la reducción de los GEI (no exclusión) y el

hecho de que un país que contribuya a la reducción se beneficie de tal reducción, no implica que un país que no haya contribuido se beneficie en igual cuantía (no rivalidad). Por ello, el problema del calentamiento global requiere de acuerdos globales. Así, en 1997 más de 150 países se reunieron en Kioto con la intención de redactar un Tratado con el objetivo de reducir las emisiones de GEI en todo el mundo. Dentro de los acuerdos adoptados, uno de los principales fue la creación de un mercado de derechos de emisión en la Unión Europea. En este punto puede ser interesante la visualización en clase de un video sencillo de *The Economist* (<https://www.youtube.com/watch?v=m5ych9oDtk0>). En dicho video, se muestra como el origen de los mercados de derechos de emisión de CO₂ se encuentra en EE. UU. que, en 1990, con el objetivo de combatir la lluvia ácida, instauró un mercado de derechos de emisiones de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno provenientes de las centrales eléctricas y otras fuentes industriales (*US Acid Rain Program*). Con dicha idea, la Unión Europea se comprometió a poner en marcha desde el 1 de enero de 2005 un mercado de derechos de emisión de CO₂ para los países integrantes (EU ETS) constituyendo el principal mecanismo de lucha contra el cambio climático en dicha zona. Desde entonces, nuevos países o jurisdicciones han establecido diferentes mercados de derechos de emisiones; actualmente existiendo 34 sistemas ETS que representan al 55% del PIB global (véase *International Carbon Action Partnership* (2023) y *World Bank* (2023)). A pesar de su extensión a otras áreas, el EU ETS sigue siendo el sistema de comercio de emisiones más grande en términos de valor de mercado y recaudación, aunque el ETS de China, creado en 2021, se posiciona como el sistema más grande en términos de volumen de emisiones de CO₂.

Tras estos datos se plantea: ¿cuáles son los elementos básicos de un sistema de derechos de emisión de CO₂? Para ello se le pide al alumnado que lea los contenidos de una página del Ministerio de Transición Ecológica de España (<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/que-es-el-comercio-de-derechos-de-emision.html>). Tras su lectura, podemos resaltar los siguientes puntos:

- Un regulador determina los participantes en el sistema. En el caso de la UE, afecta a unas 10.500 instalaciones fijas y cerca de 500 operadores aéreos, siendo de España cerca de 1.000 instalaciones fijas y unos 30 operadores aéreos. Estos reciben una autorización que les permite emitir GEI a la atmosfera (dicha autorización de emisión no se puede comprar o vender). En este punto, puede ser interesante mostrar un listado de empresas participantes en el mercado de derechos de emisión de la comunidad autónoma, con el objetivo de que el alumnado observe conocidas empresas participantes en dicho mercado y no lo vea como un problema lejano a su realidad².

- El regulador establece un techo de emisiones globales, es decir, determina el volumen total de derechos de emisión que se ponen en circulación.

- Cada derecho de emisión permite emitir, desde una instalación afectada por este régimen, una determinada cantidad de gases a la atmósfera (una tonelada de CO₂ equivalente). El derecho de emisión es transferible, es decir, se puede comprar o vender.

- El regulador reparte inicialmente los derechos entre los participantes de forma gratuita o mediante subastas. La asignación gratuita se ha otorgado fundamentalmente al sector de la aviación o las grandes instalaciones industriales para evitar una fuga de carbono (situación que surge cuando las compañías trasladan su producción a otros países con límites de emisión menos estrictos³).

- Los participantes incluidos en el comercio de derechos de emisión deben entregar una cantidad de derechos de emisión equivalente a las emisiones reales producidas al final de cada periodo, por lo que si en un determinado periodo, un participante quiere emitir más Tn de CO₂ que derechos iniciales, deberá comprar derechos en el mercado. Por el contra, si en dicho periodo, los derechos que tiene son superiores a sus emisiones, puede venderlos en el mercado.

Tras la fase introductoria, a través de cuestionarios interactivos tipo Wooclap o Kahoot se plantean al alumnado algunas preguntas referidas a los mercados de derechos de emisión con el objetivo de plasmar las creencias previas del alumnado antes de la realización de la sesión. Las soluciones en este caso no son comentadas por el profesor, pues al final del ejercicio se volverán a preguntar y en su caso a debatir. Las preguntas tipo verdadero-falso pueden ser las siguientes:

- 1.- Las empresas más contaminantes deberían ser las que más reduzcan sus emisiones.
- 2.- Las empresas a las que les resulta más costoso reducir la contaminación deberían ser las que más reduzcan sus emisiones.
- 3.- La distribución de derechos debería ser igualitaria para todas las empresas contaminantes.
- 4.- Los derechos de emisión deberían tenerlos las empresas que menos contaminan.
- 5.- Los derechos de emisión deberían tenerlos las empresas que más les cuesta la reducción de la contaminación.
- 6.- Impuestos sobre las emisiones o subastas de los derechos de emisión permiten al sector público obtener los mismos ingresos.

2.2. DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE DERECHOS SIN MERCADO

Después de completar los pasos introductorios mencionados, los/as estudiantes se dividen en cinco grupos, designados como Empresas 2 a 6, mientras que el/la profesor/a utiliza la Empresa 1 como ejemplo en cada uno de los escenarios contemplados. En total, se trabajan con seis empresas. Cada grupo representa una empresa que, al producir un bien específico, emite gases de efecto invernadero (GEI). Cada empresa tiene la capacidad de reducir sus emisiones, pero esto implica costes para la empresa. A continuación, se presenta la Tabla 1 que muestra, para cada una de las seis empresas, las toneladas iniciales y las funciones de costes marginales de reducción de emisiones en función del nivel de emisiones realizadas (E).

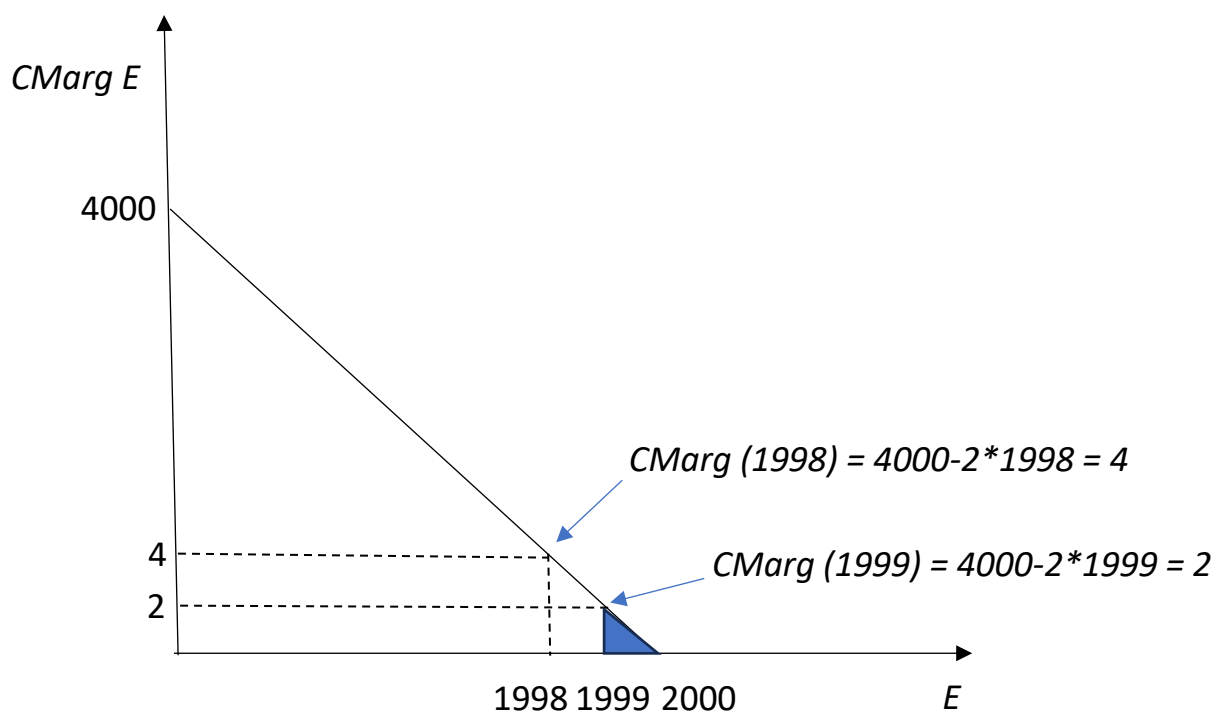
Tabla 1. Situación inicial

| Empresa | Tn. Iniciales | CMarg (E) |
|---------|---------------|----------------------|
| 1 | 2000 | CMarg (E)=4000-2E |
| 2 | 2000 | CMarg (E)=8000-4E |
| 3 | 2000 | CMarg (E)=10000-5E |
| 4 | 4000 | CMarg (E)=4000-E |
| 5 | 4000 | CMarg (E)=8000-2E |
| 6 | 4000 | CMarg (E)=10000-2,5E |
| Total | 18000 | |

Fuente: Ando y Ramírez Harrington (2006).

Cada empresa es diferente, por lo que los costes marginales de reducción de las emisiones son diferentes. Para comenzar, se pide a los cinco grupos que dibujen su función de coste marginal (eje de ordenadas) en función de las emisiones (eje de abscisas). Así, por ejemplo, utilizando la empresa 1, el profesorado explica ayudándose del Gráfico 1 que dicha empresa realiza unas emisiones de 2000 Tn (punto de corte con el eje de abscisas), y que reducir una tonelada (es decir, realizar unas emisiones (E) iguales a 1999) implica un coste total para la empresa igual al área del triángulo azul (Gráfico 1) cuya base es (2000-1999) y altura igual a $CMarg(1999) = 4000 - 2 * 1999 = 2$. Dicha área nos determina que el coste total de reducir una tonelada es igual a: $CT(1999) = \frac{1*2}{2} = 1$ €. De igual forma, el coste total de reducir dos toneladas es igual $CT(1998) = \frac{2*4}{2} = 4$ €. La idea es que el coste de reducir las emisiones es creciente conforme aumenta el número de Tn reducidas. En este punto, el profesorado pregunta si este supuesto es razonable y sus posibles explicaciones.

Gráfico 1. Empresa 1. Emisiones Iniciales: 2000 Tn



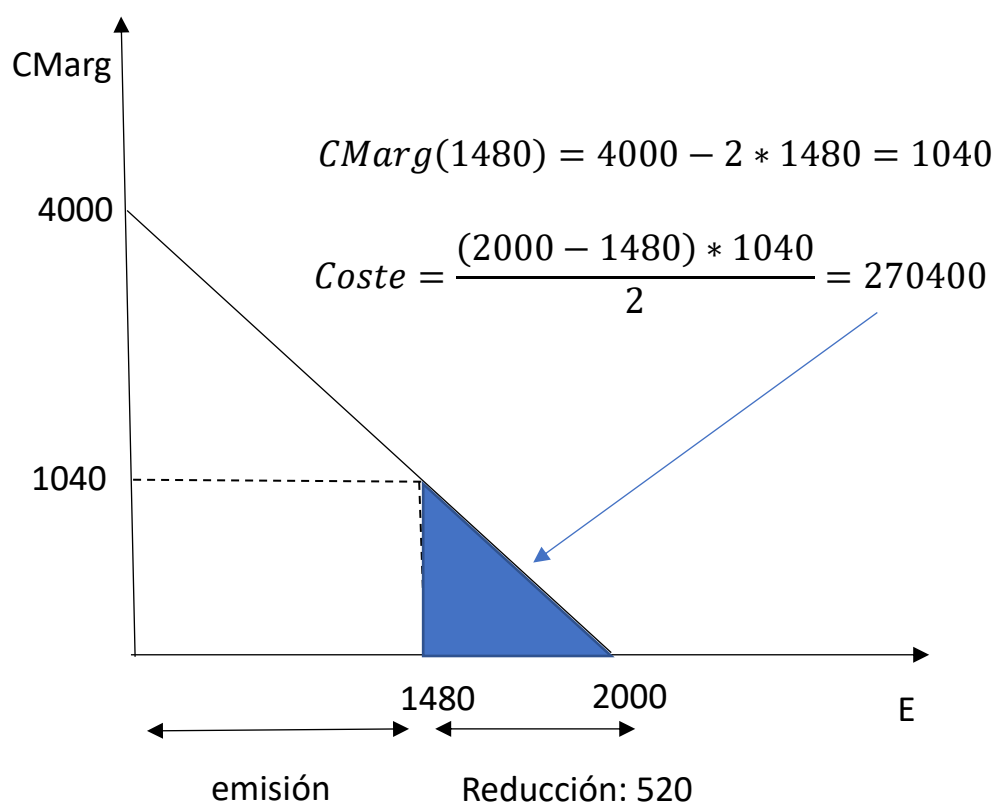
El alumnado también es consciente de que las emisiones globales de GEI son 18000 Tn.

En este punto, los grupos-empresa existentes se enfrentan al primer escenario: una distribución uniforme de derechos de emisión, donde se asignan 1480 derechos a cada empresa sin permitir un mercado de emisiones. Esto implica que todas las empresas tienen el derecho de emitir la misma cantidad de toneladas de gases de efecto invernadero (1480 Tn), sin posibilidad de intercambio entre ellas. En este contexto, los/as estudiantes calculan los costes de reducción

de emisiones individuales para cada empresa, y el/la profesor/a suma los costes totales de los seis grupos.

Para ello, en primer lugar, y utilizando como ejemplo la Empresa 1, dicho régimen implica que esta empresa deberá reducir sus emisiones en 520 Tn, ($2000 - 1480 = 520$), por lo que ayudándonos del Gráfico 2 del *CMarg* determinamos que el coste de reducción de 520 Tn se puede calcular como el área del siguiente triángulo (en azul):

Gráfico 2. Empresa 1. Emisiones finales de 1480 Tn



Tras su comprensión, el alumnado calcula y reporta los costes de reducción de sus emisiones, mientras que el profesorado anota estos resultados en una hoja tipo Excel (Tabla 2) para determinar finalmente el coste total de todas las empresas.

Tabla 2. Resultados en un escenario de emisiones uniforme

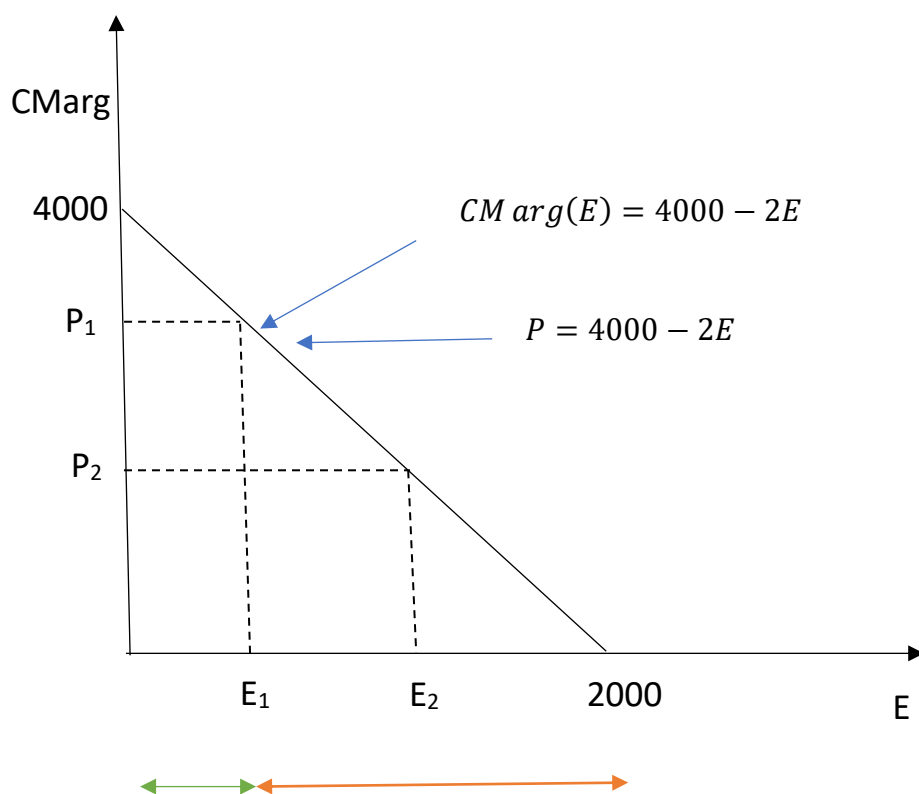
| Empresa | Tn. Iniciales | CMarg (E) | Tn. Finales | Tn. Reducidas | Coste Reducción (€) |
|--------------|---------------|----------------------|-------------|---------------|---------------------|
| 1 | 2000 | CMarg (E)=4000-2E | 1480 | 520 | 270400 |
| 2 | 2000 | CMarg (E)=8000-4E | 1480 | 520 | 540800 |
| 3 | 2000 | CMarg (E)=10000-5E | 1480 | 520 | 676000 |
| 4 | 4000 | CMarg (E)=4000-E | 1480 | 2520 | 3175200 |
| 5 | 4000 | CMarg (E)=8000-2E | 1480 | 2520 | 6350400 |
| 6 | 4000 | CMarg (E)=10000-2,5E | 1480 | 2520 | 7938000 |
| Total | 18000 | | 8880 | 9120 | 18950800 |

Fuente: Ando y Ramírez Harrington (2006).

2.3. DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE DERECHOS Y MERCADO DE DERECHOS DE EMISIÓN

A continuación, se plantea un segundo escenario: distribución uniforme de derechos, pero permitiendo un mercado de derechos. En este caso, a cada empresa se le asigna la misma cantidad de derechos que en el escenario anterior (1480), pero ahora se les da la oportunidad de comprar o vender derechos de emisión. Naturalmente, la decisión de comprar o vender derechos dependerá del precio de estos. En este punto, es relevante que el profesorado pregunte cuál es la demanda de derechos para cada empresa, es decir, cuántos derechos desearía disponer en función del precio del derecho. Nuevamente, el gráfico de *CMarg* para la empresa 1 (Gráfico 3) resulta útil: al colocar un precio en el eje de ordenadas, podemos preguntarnos cuántos derechos le gustaría disponer a dicha empresa. Por ejemplo, si el precio del derecho fuera P_1 (un precio alto), a la empresa 1 le gustaría disponer de E_1 derechos, ya que le resultaría más económico reducir sus emisiones hasta ese nivel (línea naranja) que pagar el precio alto por cada derecho. Por otro lado, le saldría más costoso reducir sus emisiones a partir de ese nivel (línea verde). Una intuición similar se aplica si el precio del derecho fuera P_2 . En resumen, la función de coste marginal de reducción de las emisiones también nos proporciona la función de demanda de derechos para cada empresa.

Gráfico 3: Empresa 1. Demanda de derechos de emisión. ¿Cuántos permisos desearía la empresa 1 para cada nivel de precios?



Matemáticamente, el profesorado puede plantearlo como un problema de minimización: $Min CT(E) + P * E$ con respecto a E , donde $CT(E)$ representa el coste total de las toneladas reducidas en función de E y $P * E$ representa el pago por los derechos de las toneladas no reducidas, es decir, el pago por las emisiones realizadas (E). Así, por ejemplo, para la empresa 1, la función de costes es igual a $CT_1(E) = \frac{(2000-E)*(4000-2E)}{2} = 4000000 - 4000 * E + E^2$, por lo que el problema de minimización da lugar a $P = 4000 - 2 * E$, o lo que es lo mismo, la conocida expresión: $P = CMarg_1(E)$.

De esta doble forma, intuitiva y matemáticamente, cada grupo muestra su demanda de derechos de emisión (la cantidad de derechos que cada empresa le gustaría disponer dados sus costes de reducción de las emisiones y el precio del derecho).

Demandas de derechos de emisión

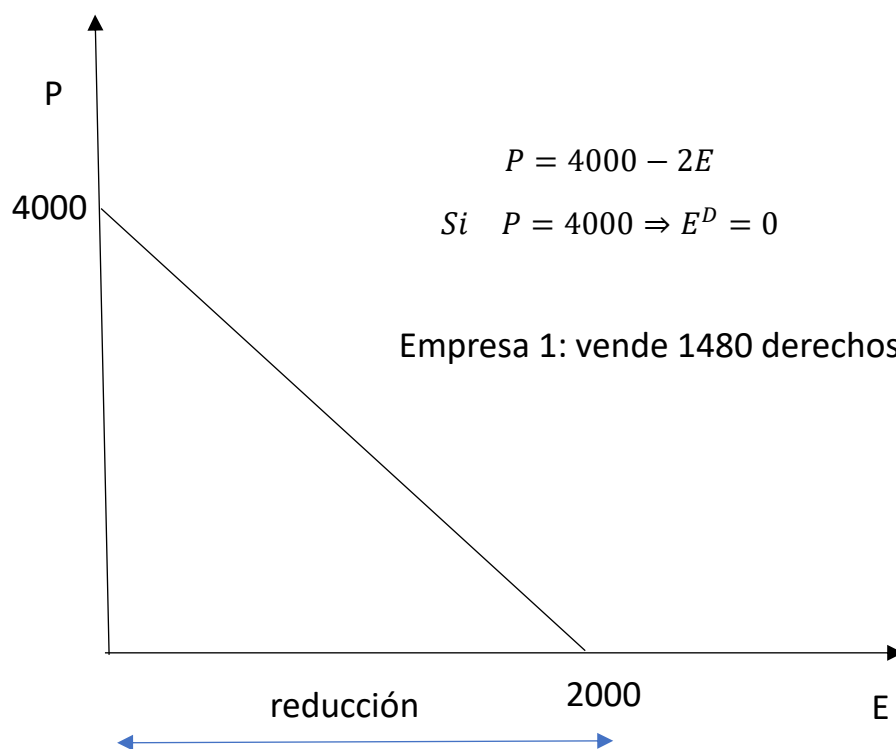
Empresa Demandas individuales

| | |
|---|----------------|
| 1 | $P=4000-2E$ |
| 2 | $P=8000-4E$ |
| 3 | $P=10000-5E$ |
| 4 | $P=4000-E$ |
| 5 | $P=8000-2E$ |
| 6 | $P=10000-2,5E$ |

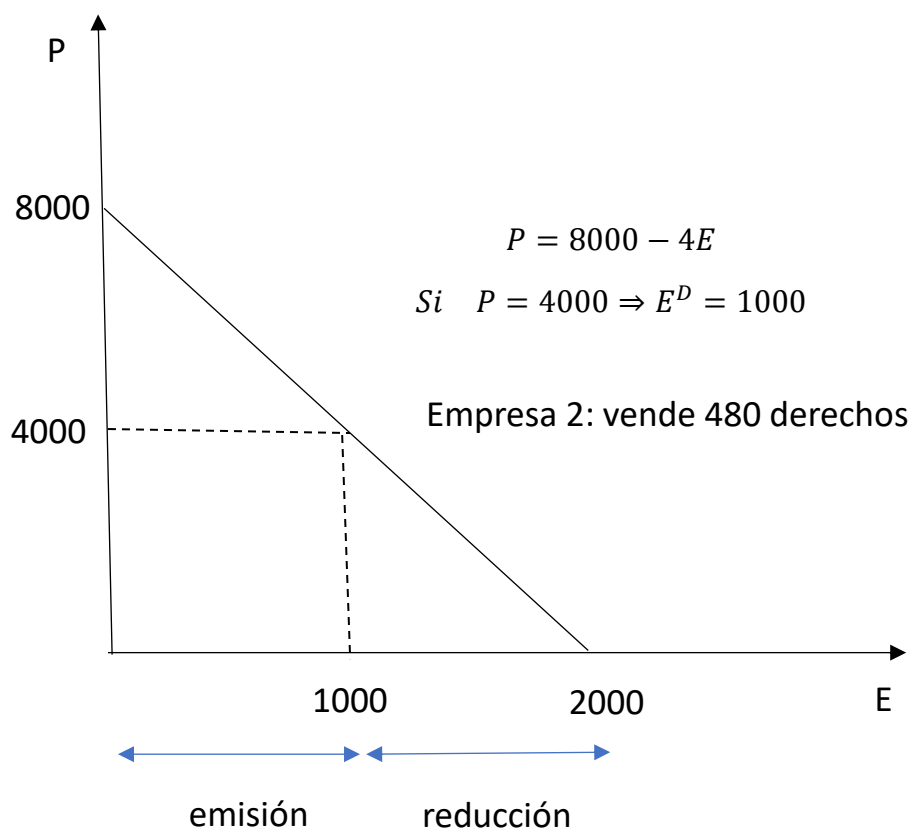
A continuación, se plantea, dadas estas demandas individuales, ¿cuál es el precio de equilibrio del derecho de emisión?, ¿cuál es el precio donde la cantidad demandada total de derechos es igual a la cantidad ofrecida total de derechos? Para contestar a dicha pregunta, el profesorado plantea un precio inicial y observa si hay un exceso de oferta o de demanda de derechos, y moverá el precio según se haya producido dicho exceso.

Empezamos suponiendo que el precio del derecho es de 4000 € y recordemos que se le han asignado 1480 derechos a cada empresa. ¿Qué hará la empresa 1? A ese precio, la empresa 1 no desearía disponer de ningún derecho ya que el coste de reducir cada Tn es menor que el precio del derecho (Gráfico 4). Y si tiene derechos los venderá a dicho precio, ya que le sale más barato reducir todas sus emisiones (no utilizar sus derechos) y venderlos a ese precio.

Gráfico 4: Empresa 1. P = 4000 €. (1480 derechos)



¿Qué hará la empresa 2 a un precio del derecho de 4000 €, teniendo en cuenta que se le han asignado 1480 derechos? En este caso, a esta empresa le gustaría disponer de 1000 derechos, pues cada una de las primeras 1000 Tn las puede reducir a un coste más bajo que 4000 €, pero para las últimas 1000 Tn, el coste de reducción de cada Tn es superior a los 4000 € que cuesta el derecho. Por lo que, en tal caso, dicha empresa vendería 480 derechos (1480 -1000).

Gráfico 5: Empresa 2. $P = 4000$ €. (1480 derechos)

Una vez comprendida dicha dinámica, se le pide a cada empresa que determine sus deseos de vender o de comprar derechos al precio de 4000 €, y el profesorado apunta dichos valores en una hoja de cálculo para determinar el posible exceso de demanda o de oferta. Si se produce un exceso de oferta, se pregunta al alumnado hacia dónde se moverá el precio y se prueba con un precio más bajo y si se produce un exceso de demanda se prueba con un precio más alto como en la Tabla 3. Finalmente se propone un precio de 3200 € y se comprueba que para tal precio no existe ni exceso de demanda ni exceso de oferta, es decir, es lo que llamamos un precio de equilibrio.

Tabla 3. Permisos demandados a diferentes precios

| Precio | 4.000 € | 1.000 € | 3.400 € | 3.000 € | 3.200 € |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | -1480 | 20 | -1180 | -980 | -1080 |
| 2 | -480 | 270 | -330 | -230 | -280 |
| 3 | -280 | 320 | -160 | -80 | -120 |
| 4 | -1480 | 1520 | -880 | -480 | -680 |
| 5 | 520 | 2020 | 820 | 1020 | 920 |
| 6 | 920 | 2120 | 1160 | 1320 | 1240 |
| Ex. Demanda | | | | | |
| Total | -2280 | 6720 | -570 | 570 | 0 |

Fuente: Ando y Ramirez Harrington (2006).

En este punto, se puede preguntar al alumnado si podríamos haber determinado el precio de equilibrio sin necesidad de utilizar el método anterior de prueba y error. Para ello, recordemos que el precio de equilibrio se alcanza cuando la oferta total de derechos es igual a la demanda total de derechos. ¿Pero cuál es la oferta total de derechos?

$$\text{Oferta Total de Derechos} = E^S = 8880 \quad T_n = 1480 * 6$$

En cuanto a la demanda total, esta depende de las demandas individuales. Se le pide al alumnado que determinen la demanda total y la representen. Conviene recordar que la demanda total es la suma horizontal de las demandas individuales, por lo que es necesario distinguir entre distintos tramos de precio. La representación gráfica de las demandas individuales nos ayudará a comprender los siguientes tramos de la función de demanda total:

Si $8000 \leq P \leq 10000$:

$$E^D = \frac{P - 10000}{-5} + \frac{P - 10000}{-2,5} = 6000 - \frac{3P}{5}$$

Si $4000 \leq P \leq 8000$:

$$E^D = \frac{P - 8000}{-4} + \frac{P - 10000}{-5} + \frac{P - 8000}{-2} + \frac{P - 10000}{-2,5} = 12000 - \frac{27P}{20}$$

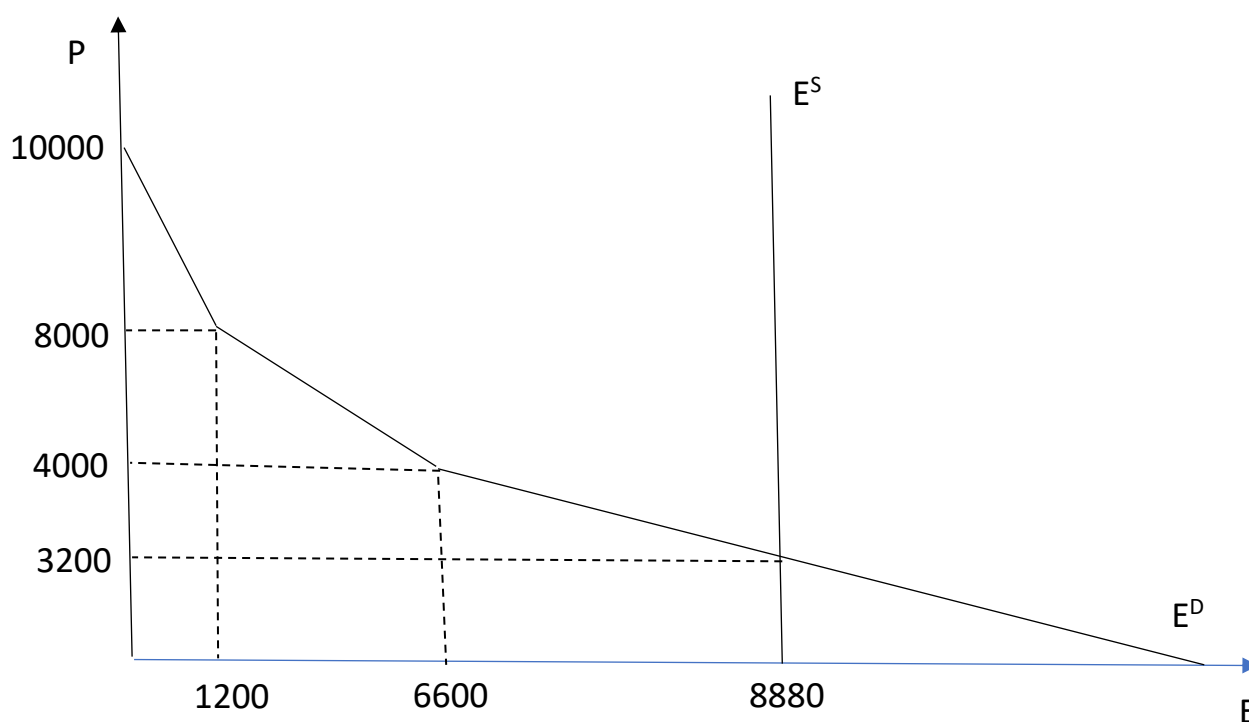
Si $0 \leq P \leq 4000$

$$E^D = \frac{P - 4000}{-2} + \frac{P - 8000}{-4} + \frac{P - 10000}{-5} + \frac{P - 4000}{-1} + \frac{P - 8000}{-2} + \frac{P - 10000}{-2,5}$$

$$= 18000 - \frac{57P}{20}$$

Finalmente, el Gráfico 6 muestra la representación gráfica de la oferta y la demanda totales de derechos, así como el equilibrio resultante.

Gráfico 6: Equilibrio en el mercado de derechos de emisión



Tras representar las funciones de oferta y la demanda totales se comprueba que el equilibrio se produce en el tramo de la demanda donde $0 \leq P \leq 4000$. Por tanto, el equilibrio es:

$$E^D = E^S \Rightarrow 18000 - \frac{57P}{20} = 8880$$

$$P = 3200 \text{ €}$$

Una vez determinado el precio de equilibrio, se llevan a cabo las compras y ventas de derechos entre los diferentes grupos (empresas), y se calcula el costo (o beneficio) de cada empresa después de los intercambios de derechos realizados.

Nuevamente, tomamos como ejemplo a la Empresa 1 (véase Gráfico 7). ¿Qué sucede cuando el precio es de 3200 €? La cantidad de derechos que la Empresa 1 desea utilizar es de 400 para emitir 400 Tn de GEI ($3200 = 4000 - 2E$). ¿Cuántos derechos tiene la Empresa 1? Tiene 1480, por lo que, si solo quiere usar 400, querrá vender 1080 derechos ($1480 - 400$). Con tal operación sus costes serán los siguientes:

1.- Coste de reducción de 1600 Tn ($2000 - 400$):

$$\text{Coste} = \frac{(2000 - 400) * 3200}{2} = 2560000 \text{ €}$$

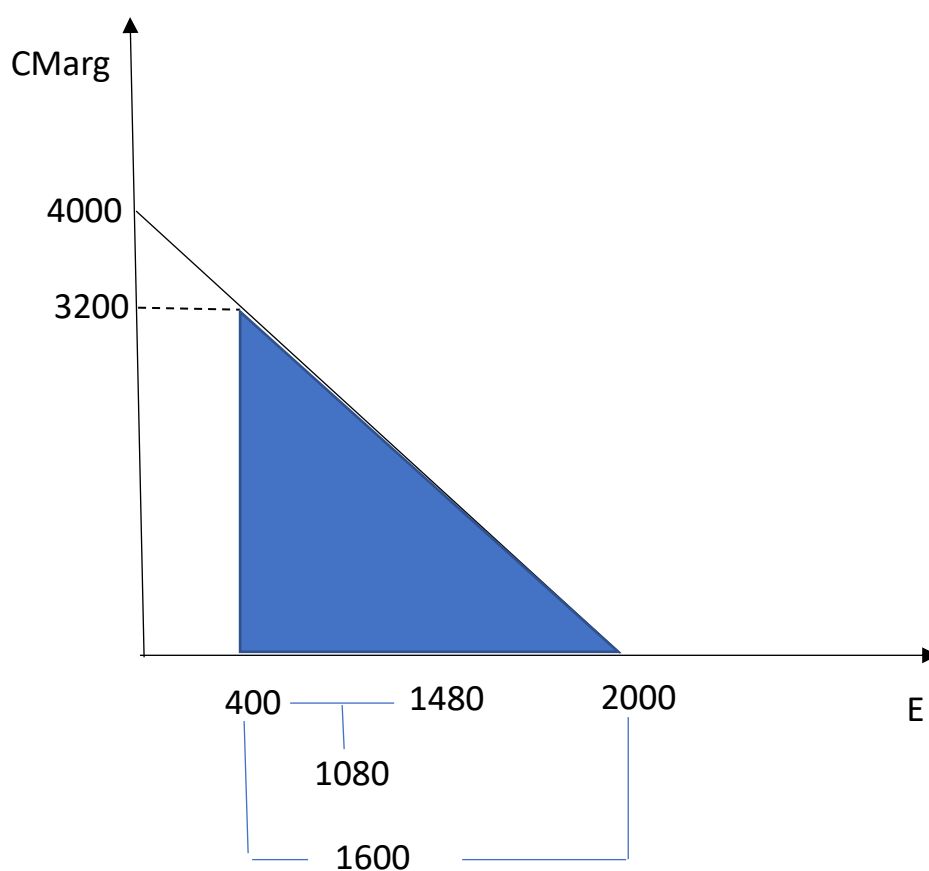
2.- Ingresos por la venta de 1080 derechos:

$$\text{Ingresos} = 3200 * 1080 = 3456000\text{€}$$

3.- Por lo que el coste (neto) es igual a:

$$\text{Coste Neto} = 2560000 - 3456000 = -896000\text{€}$$

Gráfico 7. Decisiones Empresa 1 si el precio del derecho es 3200 €



En este caso, el coste neto es negativo, lo que indica que esta empresa está obteniendo beneficios al participar en el mercado de derechos de emisiones.

Se le pide al alumnado que reporte sus cálculos para cada una de las empresas, y el profesorado registra esos datos en una tabla tipo Excel como la siguiente:

Tabla 4. Resultados en un escenario de permisos de emisión transferibles

| Empresa | Tn. Iniciales | Tn. Finales | Tn. Reducidas | Coste Reducción (€) | Ingresos Permisos Vendidos (€) | Coste Neto (€) |
|--------------|---------------|-------------|---------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1 | 2000 | 400 | 1600 | 2560000 | 3456000 | -896000 |
| 2 | 2000 | 1200 | 800 | 1280000 | 896000 | 384000 |
| 3 | 2000 | 1360 | 640 | 1024000 | 384000 | 640000 |
| 4 | 4000 | 800 | 3200 | 5120000 | 2176000 | 2944000 |
| 5 | 4000 | 2400 | 1600 | 2560000 | -2944000 | 5504000 |
| 6 | 4000 | 2720 | 1280 | 2048000 | -3968000 | 6016000 |
| Total | 18000 | 8880 | 9120 | 14592000 | 0 | 14592000 |

Fuente: Ando y Ramirez Harrington (2006).

El profesorado suma los costes (o beneficios) de cada una de las empresas y calcula el coste total de los seis grupos.

Tras este paso, mostramos una transparencia con la Tabla 4 y la Tabla 2 para su comparación. Luego, enfatizamos los siguientes puntos:

- Tanto en el Escenario 1 (Emisiones Uniformes) como en el Escenario 2 (Derechos de Emisiones Transferibles) se ha logrado reducir la contaminación en la misma cantidad: 9120 Tn.

- El mercado de derechos de emisión permite reducir la contaminación a un menor coste total: 14592000 € frente a 18950800 €.

- A nivel individual, cada empresa soporta un menor coste en el Escenario 2 en comparación con el Escenario 1.

- Incluso es posible obtener beneficios a través del mercado de derechos de emisión.

- Las empresas que han comprado derechos son las empresas 5 y 6. Estas empresas han generado más toneladas que derechos iniciales asignados. Son las empresas con los mayores costes marginales de reducción ($CMarg(E)$).

- Las empresas que han vendido derechos son las empresas 1 a 4. Estas empresas han generado menos toneladas que derechos iniciales asignados. Son las empresas con los menores costes marginales de reducción ($CMarg(E)$).

En este punto, destacamos que hasta ahora hemos considerado dos escenarios y hemos comprobado cómo uno de ellos logra la misma reducción de GEI, pero a un menor coste, lo que significa que la segunda alternativa es más eficiente que la primera. Para comprobar que esta segunda alternativa es eficiente (en comparación con cualquier otra alternativa), es útil mencionar que la solución eficiente se obtiene a través del siguiente problema de minimización:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{E_1 \dots E_6} \sum_{i=1}^6 C_i(E_i) \\ & \text{sujeto a } \sum_{i=1}^6 E_i = 8880 \end{aligned}$$

Dando lugar a:

$$CM \text{ arg}_i(E_i) = CM \text{ arg}_j(E_j)$$

Por lo que en el escenario 1 de emisiones uniforme se comprueba que no se cumple dicha condición de optimalidad, ya que:

$$CM \text{ arg}_i(1480) \neq CM \text{ arg}_j(1480)$$

Mientras que en el escenario 2 de derechos de emisión transferibles se cumple la condición de eficiencia, ya que:

$$\begin{aligned} CM \text{ arg}_1(400) &= CM \text{ arg}_2(1200) = CM \text{ arg}_3(1360) = \\ &= CM \text{ arg}_4(800) = CM \text{ arg}_5(2400) = CM \text{ arg}_6(2720) \end{aligned}$$

Por tanto, el mercado de derechos de emisión transferible constituye un mecanismo eficiente para conseguir una reducción de los niveles de emisiones de GEI. Es un mecanismo que consigue la reducción de las emisiones al menor coste global posible.

2.4. MERCADOS DE DERECHOS DE EMISIÓN CON DIFERENTE DISTRIBUCIÓN INICIAL DE DERECHOS

El planteamiento anterior se ha basado en una distribución uniforme de derechos (1480 derechos) a cada una de las empresas. Una primera extensión consiste en cambiar dicha asignación inicial. En la experiencia en clase se eligió al azar que las empresas 4 y 6 propusieran una distribución de los 8880 derechos. Las dos empresas propusieron 4440 derechos para cada una. En este escenario se le pregunta al alumnado cuál sería el precio de equilibrio de los derechos de emisión. En este punto, volvemos a poner el gráfico de la función de oferta y demanda total de derechos y comprobamos que:

1.- La oferta total de derechos no ha cambiado, ya que sigue siendo 8880 Tn, es decir, cada permiso es usado por la empresa propietaria del derecho (vendida a sí misma) o vendida a otra empresa. La oferta es fija en el número total de permisos e independiente de la asignación inicial de permisos.

2.- La demanda total (\sum Demandas individuales) tampoco ha cambiado, ya que la demanda total es independiente de la asignación inicial de permisos. Cada empresa estará dispuesta a comprar un permiso siempre que su precio sea inferior al coste de reducir una Tn de contaminación, y estará dispuesta a vender un permiso si su precio es superior al coste de reducción de una Tn de contaminación.

Con esta nueva asignación de derechos se les pide, que calculen los costes (o beneficios) de cada una de las empresas, y el profesorado anota dichos datos en una hoja de cálculo (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados en un escenario de permisos de emisión transferibles

| Empresa | Tn. Iniciales | Tn. Finales | Tn. Reducidas | Coste Reducción (€) | Ingresos (+) o Gasto (-) Permisos | Coste Neto (€) |
|--------------|---------------|-------------|---------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1 | 2000 | 400 | 1600 | 2560000 | -1280000 | 3840000 |
| 2 | 2000 | 1200 | 800 | 1280000 | -3840000 | 5120000 |
| 3 | 2000 | 1360 | 640 | 1024000 | -4352000 | 5376000 |
| 4 | 4000 | 800 | 3200 | 5120000 | 11648000 | -6528000 |
| 5 | 4000 | 2400 | 1600 | 2560000 | -7680000 | 10240000 |
| 6 | 4000 | 2720 | 1280 | 2048000 | 5504000 | -3456000 |
| Total | 18000 | 8880 | 9120 | 14592000 | 0 | 14592000 |

Comprobamos que la distribución inicial de los permisos no afecta al coste total, pero sí influye en la distribución de los costes individuales de cada empresa. Esto significa que la asignación inicial de permisos no afecta a la eficiencia del mecanismo, pero sí determina cómo se distribuyen los costes entre las empresas participantes. Es importante destacar que, aunque la distribución inicial de derechos no afecta a la eficiencia, este hecho no significa que a las empresas les resulte indiferente la cantidad de derechos que posean. De hecho, durante el ejercicio, observamos que es preferible tener más derechos que menos. Por ejemplo, cuando se le preguntó a la empresa 4 (elegida al azar) si propondría nuevamente tener 4440 derechos, su respuesta fue claramente negativa, prefiriendo disponer de los 8880 derechos.

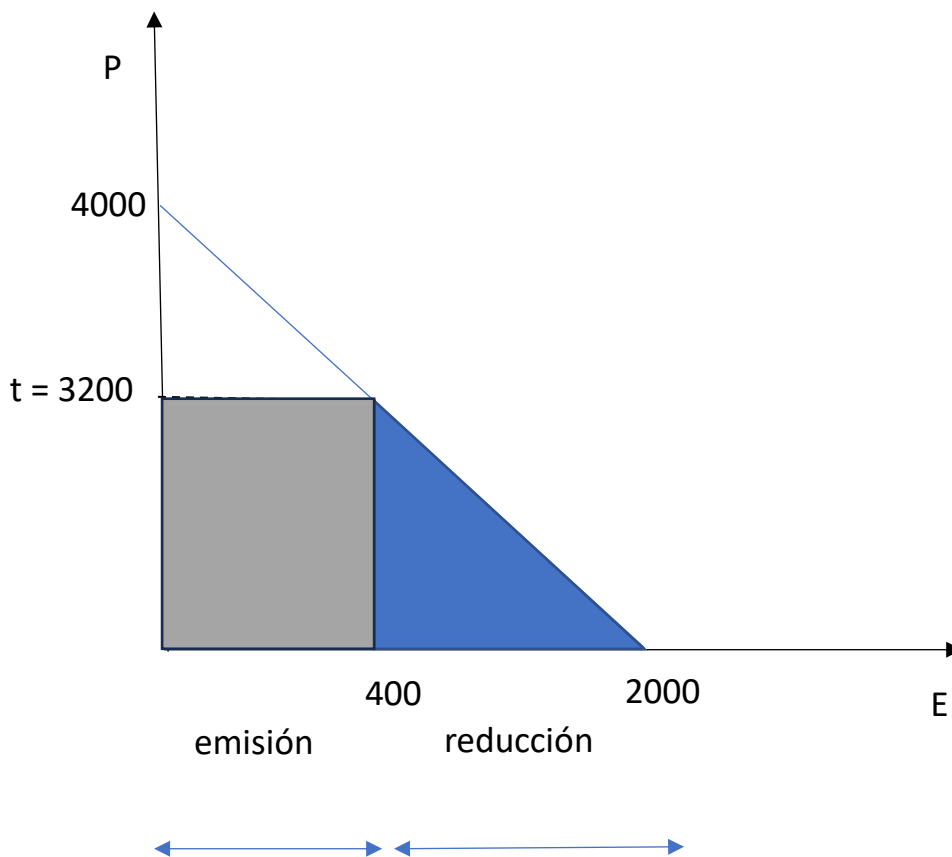
Después de este ejercicio, surgen una serie de cuestiones normativas que se discuten en clase, como: (a) ¿A quién deberían asignarle inicialmente los derechos de emisión? (b) ¿Deberían recibir la mayoría de los permisos los países con mayores costes? (c) ¿Deberían recibir la mayoría de los permisos los países desarrollados o en vías de desarrollo? Ilustramos la discusión con transparencias donde se muestra que: (i) las emisiones históricas de GEI han sido fundamentalmente de países desarrollados, (ii) los países que actualmente están incrementando más sus emisiones son los países menos desarrollados y (iii) existen diferencias cuando el análisis se basa, no en emisiones totales por país, sino en emisiones en términos per cápita o en emisiones en términos de PIB producido de cada país.

2.5. IMPUESTOS A LAS EMISIONES

Una vez analizada la problemática de a quién se le asignan los derechos, la segunda extensión plantea una solución alternativa a los mercados de derechos de emisión y es el establecimiento de impuestos a las emisiones de CO₂ como ha propuesto reiteradamente el Premio Nobel de Economía Joseph Stiglitz (véase por ejemplo Stiglitz, 2006). Como este autor señala “Los estados podrían aprovechar los ingresos de esta tasa para reducir otros impuestos que gravan el ahorro, la inversión y el trabajo. Es mejor gravar cosas “malas” (la contaminación) que cosas “buenas” (como el ahorro y el trabajo)”. Para ello, se le pide al alumnado que considere un Escenario 3 (establecimiento de un impuesto de 3200 € por cada Tn de gases emitida). En este escenario no se asignan derechos gratuitos de emisión. Las empresas, a menos que paguen el impuesto, no tienen derecho a emitir gases. Al igual que en los escenarios anteriores, se plantean dos preguntas: ¿Cuál es el coste para cada empresa de esta medida? y ¿Cuál es el coste para la industria (sociedad) de esta medida?

De nuevo utilizando como referencia la empresa 1, comprobamos que si se establece un impuesto de 3200 € por tonelada emitida, la empresa 1 deseará unas emisiones de 400 Tn, reduciendo las emisiones en 1600 Tn (2000-400) ya que le sale más barato soportar el coste de reducir las primeras 1600 Tn que pagar un impuesto de 3200 € por tonelada. Por otro lado, la empresa optará por pagar el impuesto de 3200 € por cada una de las últimas 400 toneladas, ya que, en este caso, el coste de reducir las emisiones supera el montante del impuesto. En consecuencia, en este escenario con un impuesto de 3200 € por tonelada emitida, los costes totales para la empresa 1 se componen de dos partes: el coste de reducir las 1600 toneladas (representado por el área azul del triángulo) y el importe total del impuesto por valor de 1280000 € = 3200 * 400 (representado por el área gris del rectángulo). Por tanto, el coste total es la suma de las dos partes e igual a 3840000 €.

Gráfico 8. Empresa 1: Impuesto de 3200 € por Tn



Una vez analizada la empresa 1, se les pide a los diferentes grupos que reporten los resultados para sus empresas, anotando el profesorado los importes en la tabla Excel correspondiente (Tabla 6).

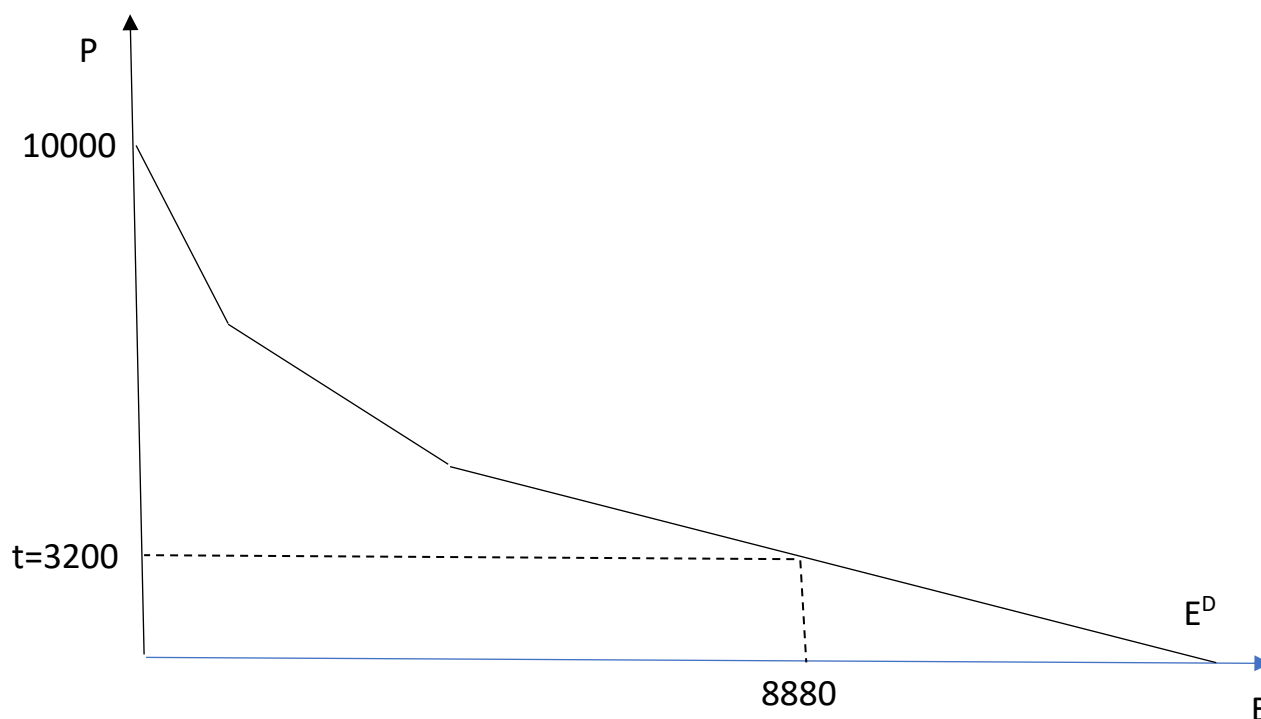
Tabla 6. Resultados en un escenario con un impuesto de 3200 € por Tn emitida

| Empresa | Tn. Iniciales | Tn. Finales | Tn. Reducidas | Coste Reducción (€) | Pago Impuesto (€) | Coste total (€) |
|--------------|---------------|-------------|---------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 2000 | 400 | 1600 | 2560000 | 1280000 | 3840000 |
| 2 | 2000 | 1200 | 800 | 1280000 | 3840000 | 5120000 |
| 3 | 2000 | 1360 | 640 | 1024000 | 4352000 | 5376000 |
| 4 | 4000 | 800 | 3200 | 5120000 | 2560000 | 7680000 |
| 5 | 4000 | 2400 | 1600 | 2560000 | 7680000 | 10240000 |
| 6 | 4000 | 2720 | 1280 | 2048000 | 8704000 | 10752000 |
| Total | 18000 | 8880 | 9120 | 14592000 | 28416000 | 43008000 |

En este punto es útil plantear la siguiente cuestión: parece a primera vista que este mecanismo no es eficiente, ya que genera un coste superior para las seis empresas en comparación con el mercado de derechos de emisión. Tras un debate, se recuerda que los pagos de impuestos de las empresas son ingresos para otro sector: el sector público, por lo que en términos de bienestar de la sociedad (empresas + sector público) el resultado es similar, es decir, el coste para la sociedad de reducir 9120 Tn es de 14592000, en lugar de la última cifra de 43008000. Por tanto, el establecimiento de un impuesto es también un mecanismo eficiente para alcanzar una reducción de las emisiones.

Como podemos observar en el Gráfico 9, en el caso del establecimiento de un impuesto, el regulador fija el precio de las emisiones (el impuesto de 3200 por Tn) y dada la demanda, para ese precio se determina la oferta de emisiones. Por el contrario, en el caso del mercado de emisiones, el sector público establece el límite total de las emisiones en 8880 (oferta) y el mercado, en función de la demanda, determina el precio de las emisiones en 3200 € por Tn.

Gráfico 9. Impuesto de 3200 €



Por último, se abre un debate, ya que, dado que ambos sistemas generan un resultado eficiente, ¿cuál creen que es más fácil de implementar? En este debate, es importante recordar que el establecimiento de un impuesto logra la cantidad óptima de emisiones cuando se conocen las funciones de costos de las empresas (sus funciones de demanda), y esto no siempre es factible. Por lo tanto, si nos preocupa el control de las emisiones totales (y carecemos de un conocimiento más sólido de las funciones de costos de las empresas), es lógico pensar que la implementación de un mercado de derechos de emisión resulta mucho más sencilla que el establecimiento de un impuesto.

2.6. CUESTIONARIO INTERACTIVO

El cuestionario interactivo, tipo Wooclap o Kahoot, es completado por el alumnado con las mismas preguntas que se plantearon al comienzo de nuestra sesión. Como era de esperar, los resultados mejoran significativamente después de realizar este ejercicio. Los/as estudiantes comprueban cómo los mercados de derechos de emisión son un mecanismo eficiente para lograr una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, independientemente de la distribución inicial de los derechos. Además, comprenden que el establecimiento de un impuesto produce resultados similares en términos de eficiencia.

2.7. TAREAS A REALIZAR (TRABAJO INDIVIDUAL)

Dos ejercicios se plantean para realizar fuera de la clase presencial y entrega vía aula virtual. Son valorados como evaluación continua en la puntuación asignada en la Guía Docente.

1.- Se plantea una situación en la que la cantidad de derechos disponibles se reduce. En particular, se solicita a los/as estudiantes que completen la Tabla 4 asumiendo que cada empresa tiene 740 permisos (la mitad de los 1480 permisos utilizados en la práctica anterior). En tal caso, es de hacer notar, que la oferta total de permisos es 4440 ($6 \cdot 740$), por lo que el precio de equilibrio de cada permiso se encuentra en el tramo de la función de demanda definido para el intervalo de precios $4000 \leq P \leq 8000$. En este ejercicio, los/as estudiantes observan que cuando la cantidad de permisos disponibles disminuye, el precio de estos aumenta, lo que resulta en un mayor coste para las empresas afectadas, pero también en una reducción de las emisiones globales. En este punto, se le pide al alumnado que busque en Internet la evolución reciente del precio de los derechos de emisión (el precio ha pasado del entorno de $8\text{€}/\text{tCO}_2$ a principios de 2018 a alrededor de $90\text{€}/\text{tCO}_2$ cinco años después) y su relación con los siguientes factores:

(i) Una menor oferta de derechos por la implantación del programa *Fit for 55*, que amplía los objetivos para 2030, consistente en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 55% por debajo de los niveles de 1990.

(ii) La guerra en Ucrania cuyas sanciones a las importaciones de gas ruso han aumentado la demanda europea de licencias para generar energía.

2.- Situación donde los 8880 permisos no se entregan de forma gratuita, sino que el regulador los vende a un determinado precio. En tal situación, el alumnado tiene que recordar que la demanda de permisos es independiente de la distribución inicial, por lo que el precio de los permisos seguirá siendo 3200 €. En este caso, el coste para cada de las empresas es mayor que el analizado en el caso de derechos gratuitos, ya que ahora es necesario pagar por los derechos adquiridos al sector público. Es relevante plantear una pregunta sobre la eficiencia en este contexto, ya que los/as estudiantes deberían comprender que los pagos de las empresas por los derechos de emisión se convierten en ingresos para otra parte de la economía, es decir, el Sector Público. Por lo tanto, en términos de bienestar para la sociedad (empresas + sector público), el coste neto es igual al que se muestra en la Tabla 4.

2.8. PREGUNTA EN EL EXAMEN FINAL

Una pregunta en el examen final puede ser realizada en los siguientes términos: en lugar de 6 empresas, se plantea un contexto con simplemente dos empresas cuyos costes marginales de reducción de las emisiones son: $CMarg_1=4000-E$ y $CMarg_2=4000-2E$. En tal contexto se les pide:

a) Determine los costes totales si cada empresa dispone de 1500 permisos y dichos permisos no son transferibles.

b) Suponga que los anteriores permisos son transferibles. (b.1) Determine el precio del derecho. (b.2) Determine el coste neto para cada empresa y coste total para las dos empresas. (b.3) ¿Por qué decimos que el mercado de derechos de emisión es eficiente?

c) Suponga en este apartado que los 3000 permisos los tiene la empresa 1. (c.1) Determine el precio del derecho. (c.2) Determine el coste neto para cada empresa y coste total para las dos empresas. (c.3) ¿Afecta la distribución de permisos a la eficiencia? ¿Y a la equidad?

d) Analice el caso en que se establece un impuesto de 2000 € por tonelada emitida y compárelo con los dos apartados anteriores. ¿Es eficiente este mecanismo? ¿Por qué?

3. CONCLUSIONES

Uno de los temas tradicionales en la asignatura de Microeconomía es el estudio de las externalidades. Un ejemplo típico de externalidad negativa ha sido comúnmente la contaminación generada por una determinada actividad. Este enfoque es útil para estudiar por qué, cuando el coste social es superior al coste privado, el mercado genera un resultado ineficiente (una cantidad superior a la óptima). Por lo tanto, a través de un impuesto pigouviano o una limitación a la cantidad producida, es posible alcanzar la situación eficiente. A través de un impuesto, se internaliza la externalidad negativa, y a través de una limitación, se restringe el derecho a producir una determinada cantidad.

Sin embargo, cuando varias empresas generan un efecto externo negativo con diferentes costes privados, no es obvio para el alumnado que, al limitar los derechos de las empresas, el mercado produzca una situación eficiente e independiente de la distribución de derechos.

La comprensión del funcionamiento de los mercados de derechos de emisión ha sido el objetivo principal de esta práctica docente. De esta manera, no solo sirve para que el alumnado comprenda este tema, sino que también contribuye al logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13: Acción por el clima. A través de un enfoque de aprendizaje colaborativo, los/as estudiantes comprueban cómo los mercados de emisiones constituyen un mecanismo eficiente para lograr una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, independientemente de la asignación de los derechos de propiedad. También se analiza y se compara con el establecimiento de impuestos a las emisiones.

Finalmente, es importante destacar que esta experiencia docente aborda cuestiones reales que afectan a la vida de los estudiantes/as, siguiendo un enfoque alejado de la lección magistral. Esto aumenta el grado de asistencia, satisfacción y entusiasmo del alumnado en nuestra asignatura.

Nota

¹ En la actualidad, la mitad de estos ingresos tienen un carácter finalista ya que están destinados a respaldar iniciativas como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la promoción de energías renovables, la captura y el almacenamiento de carbono, así como la mejora de la eficiencia energética y la calefacción urbana (véase la página web del Ministerio de Transición Ecológica de España <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/subasta.html>).

² La lista de instalaciones y operadores aéreos incluidos en el régimen de comercio de derechos de emisión en España está disponible en dos ficheros pdf cuyos enlaces se encuentran al final de la página web del Ministerio de Transición Ecológica citada anteriormente.

³ Se prevé que las asignaciones gratuitas disminuyan paulatinamente hasta su total desaparición en la medida en que se va implantando el *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*. Este mecanismo es un impuesto para aquellas importaciones que presentan una huella de carbono elevada, por lo que su

implementación intenta evitar los incentivos a la fuga de carbono de las empresas instaladas en la UE. Ha entrado en vigor el 17 de mayo de 2023, pero su aplicación completa comenzará el 1 de enero de 2026.

Agradecimientos

Agradezco los comentarios y sugerencias recibidos en las XIV Jornadas de Docencia en Economía (Toledo), en especial de Antonio Jesús Sánchez Fuentes y Miren Barrenetxea Ayesta. Adicionalmente deseo agradecer las valiosas aportaciones realizadas por dos evaluadores anónimos. Cualquier error es de mi absoluta responsabilidad.

REFERENCIAS

- Ando, Amy W. y Ramirez Harrington, Donna (2006): “Tradable Discharge Permits: a student-friendly game”, *Journal of Economic Education*, 37, 187-201.
- International Energy Agency (2022): *World Energy Outlook 2022*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022?language=es>, License: CC BY 4.0 (report); CC BY NC SA 4.0 (Annex A).
- International Carbon Action Partnership (2023): *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2023*, Berlin.
- Krugman, Paul y Robin Wells (2013): *Microeconomía*, Editorial Reverte. Segunda edición.
- Mankiw, N. Gregory (2020): *Principios de Economía*, Cengage Learning Editores S.A. Octava edición.
- Pindyck, Robert S. y Rubinfeld, Daniel L. (2018): *Microeconomía*, Pearson Educación. Novena edición.
- Riera, Pere, García, Dolores, Kristron, Beng y Barnlund, Runar (2016): *Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales*, Ediciones Paraninfo. Tercera edición.
- Stiglitz, Joseph E. (2006): *Cómo hacer que funcione la Globalización*, Editorial Taurus.
- Stiglitz, Joseph E. y Rosengard, Jay K (2016): *La Economía del Sector Público*, Editorial Antoni Bosh. Cuarta edición.
- Varian, Hal R. (2015): *Microeconomía Intermedia*, Editorial Antoni Bosch. Novena edición.
- World Bank (2023): *State and Trends of Carbon Pricing 2023*, <http://hdl.handle.net/10986/39796>

Emission Allowance Markets. Teaching Experience in the Subject Microeconomics

This paper delves into the teaching experience on SDG No. 13 of the United Nations 2030 Agenda, which is focused on “Climate Action”. It highlights the importance of emissions trading as a measure to tackle climate change. Despite their interest, traditional economics textbooks do not provide adequate treatment of these markets, making them difficult for students to understand. Therefore, a collaborative learning experience is developed where students simulate being firms in different scenarios: (i) uniform distribution of permits without allowing an emission market, (ii) uniform distribution with an emission market, (iii) unequal distribution with an emission market and (iv) a tax on emissions. Students realize how emission allowance markets are an efficient mechanism for emission reductions and independent of the initial allocation of allowances. They also learn how the implementation of an emissions tax provides a similar result to the emission trading markets. In short, this teaching experience provides students with a more solid understanding of emission markets and their role in climate action.

Key words: Externalities, emission allowances, emission taxes.

JEL Codes: Q54, Q58, D62, H23.