Derechos de Emisión en el Mercado de Gases
de Efecto Invernadero:
Valoraciones y Externalidades.

El Colegio de México

Pedro Isidoro González Ramírez

Asesor: Dr. Jaime Sempere

Agosto 2008.

Agradezco antes que nadie a mis padres Jorge y Carmen y a mis hermanos Carlos, Lourdes y Georgina, por el apoyo y consejo que me han brindado a lo largo de mi vida, todo esto es por ustedes y para ustedes.

Agradezco al Dr. Jaime Sempere su valiosa orientación y apoyo en el desarrollo y culminación de este trabajo.

Un agradecimiento especial a Oscar Arcos por haber iniciado y concluido este proyecto en forma conjunta. A todos mis amigos de la maestría y el colegio que estuvieron conmigo este par de años muchas gracias.

Por ultimo a todas aquellas personas que físicamente ya no están conmigo pero su consejo y ejemplo sigue vivo, simplemente gracias sin ustedes no sería nada.

Resumen

El *Emission Trading Scheme* permite a cada uno de los estados miembros de la Unión Europea el uso de subastas como mecanismo de asignación de derechos de emisión. En esta tesis analizamos situaciones en donde las valoraciones de los derechos de emisión dentro de la subasta están en función de la estructura de mercado. Se observa que para ciertas estructuras existen externalidades identidad-dependientes que modifican la valoración individual del derecho. E incluso que el resultado final esperado de la subasta por parte de los participantes determina su valoración. Concluimos que en este tipo de mercados, dada la posibilidad de existencia de externalidades, las subastas tradicionales no generan resultados óptimos, además de que *grandfathering* no necesariamente es un mecanismo de asignación ineficiente.

Índice general

1. Introducción	1
2. Modelo	3
2.1. El Problema de Maximización	4
3. Estructuras de Mercado	5
3.1. Monopolio	5
3.2. Estructuras de mercados con externalidades	6
3.2.1. Duopolio	7
3.2.2. Oligopolio	8
4. Ilustración	10
5. Consecuencias sobre el mecanismo de asignación óptima	12
Conclusiones	13
Bibliografía	15

1. Introducción.

En los últimos años la atención a los problemas ambientales, a través de programas de reducción o control de emisiones de contaminantes, han tomado una gran importancia a nivel mundial debido principalmente al calentamiento global y, al deseo de los países y las instituciones internacionales por lograr un desarrollo sustentable tanto de cada una de las economías como del mundo.

Los Estados Unidos, la Comunidad Europea, Japón y otros países miembros de la OCDE acordaron limitar sus emisiones de carbón en promedio en 5% por debajo de los niveles de 1990 para los años 2008-2012 (sujeto a ratificación), en la cumbre contra el cambio climático en Kyoto (1997).¹

Para el caso de la Unión Europea uno de los principales mecanismos facilitadores de la estrategia contra el cambio climático realizados para cumplir con los objetivos del protocolo de Kyoto es el programa *Emission Trading Scheme* (ETS) para CO₂, el cual fue lanzado en enero del 2005 e involucra principalmente a industrias eléctricas,² las cuales tienen la obligación de limitar sus emisiones en sus plantas de acuerdo a su monto de derechos.

Al principio de cada año los participantes reciben derechos de emisión en las asignaciones primarias (Mercado Primario), ya sea en forma libre de cargo o a través de la compra de éstos en subastas. De acuerdo a la directiva del EU ETS, al menos 95% de los derechos de cada estado miembro debían ser asignados libres de cargo para los años 2005-2007. Para los años 2008-2012 al menos 90% de los derechos deben ser colocados libres de cargo. Esto implica que cada estado miembro puede subastar o regalar (*grandfathering*) respectivamente un máximo de 5 ó 10% de los derechos de emisión. El programa no impone restricciones a las transacciones de excedentes de derechos entre empresas, por lo que, cada participante puede vender sus excedentes de derechos (Mercado Secundario) o si lo desea ahorrarlos para su uso en años futuros (*banking*).

Gran parte del debate en los estados miembros se da respecto a si los países deben subastar o regalar respectivamente este 5 ó 10% de los derechos de emisión en cada una de las etapas; y cuál debe ser el mecanismo de subasta adecuado en el caso de que se decida subastar. Existe un número importante de investigaciones referentes al tema, por ejemplo Cramton y Kerr (2002) muestran que las subastas (o impuestos) son superiores a cualquier forma de *grandfathering*, además de que analizan las ventajas y desventajas de diferentes tipos de subastas tradicionales.

¹ Para el caso de Estados Unidos fue firmado pero con ratificación rechazada.

² Las cuales son las responsables del 45% de las emisiones de CO₂ en la Unión Europea.

Sin embargo, este tipo de trabajos no consideran el hecho de que para ciertas estructuras de mercado pueden existir externalidades identidad-dependientes que modifican las valoraciones que tiene cada uno de los participantes respecto a los derechos, y que pueden condicionar el diseño de subasta adecuado.

Este tipo de externalidades identidad-dependientes, son modeladas por Jehiel, Moldovanu y Stacchetti (1996) donde la magnitud de los efectos de las externalidades depende de la identidad de quien adquiera el objeto subastado.

Jehiel y Moldovanu (2000) estudian subastas donde el resultado influye en situaciones futuras entre los participantes, especialmente analizan el caso de subastas de patentes bajo competencia oligopólica tipo Cournot, donde la firma que no consiga la patente incurre en externalidades negativas. Esto se da debido al hecho de que producirá con costos relativamente más altos que el competidor y sus beneficios decrecerán, lo cual obviamente altera las condiciones de mercado actuales.

Este trabajo se centra en el mecanismo de subasta como medio de asignación, específicamente en los determinantes de las valoraciones individuales de los derechos de emisión. Se consideran situaciones en las que la compra de los derechos pueden modificar o alterar las interacciones existentes entre los compradores potenciales, lo cual se analiza a partir de modelar el hecho de que cuando un agente no adquiere los derechos puede incurrir en externalidades identidad-dependientes.³

El objetivo es determinar la disponibilidad a pagar por los derechos de emisión entre diferentes compradores potenciales. Cada comprador es caracterizado por su valoración del objeto y por la posibilidad de incurrir en externalidades identidad-dependientes en el caso de que no lo adquiera. Este análisis está limitado por el supuesto de que sólo consideramos la valoración sobre un derecho extra de emisión (que llamaremos β), además de que consideramos competencia tipo Cournot y ausencia de mercado secundario.

La conclusión a la que se llega es que valoraciones de los derechos de emisión dentro de la subasta están en función de la estructura de mercado. Se observa que para ciertas estructuras existen externalidades identidad-dependientes que modifican la valoración individual del derecho, e inclusive que el resultado final esperado de la subasta por parte de los participantes determina su valoración. Concluimos que en este tipo de mercados, dada la posibilidad de existencia de externalidades, las subastas tradicionales no generan resultados óptimos, así mismo concluimos que *grandfathering* no necesariamente es un mecanismo de asignación ineficiente.

³ Como las definidas por Jehiel, Moldovanu y Stacchetti (1996).

El resto del trabajo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se presentan los supuestos básicos del modelo, así como los determinantes de la disponibilidad a pagar por parte de las empresas; la sección 3 presenta la disponibilidad a pagar en función de la estructuras de mercado; la sección 4 presenta algunas ilustraciones; en la sección 5 se analizan las consecuencias sobre el mecanismo de asignación óptimo a la luz de los resultados obtenidos; y finalmente, en la sección 6 se presentan notas finales a manera de conclusiones.

2. Modelo.

Al inicio de cada etapa del *Emission Trading Scheme*, de acuerdo con la cuota nacional de derechos de emisión permitida a los estados miembros, a cada una de las empresas se les asigna un monto específico de derechos libres de cargo. Cada una de las empresas participantes tiene la obligación de limitar su nivel de emisiones de CO₂ de acuerdo con el nivel de derechos que posea.

Indirectamente se puede ver a los derechos de emisión como un insumo productivo para cada una de las empresas, limitado por la imposición de cuotas nacionales, de tal forma que, aquella empresa que posea una mayor cantidad de éstos podrá aumentar su nivel de producción.⁴ Cada Estado miembro organiza subastas para la venta de derechos, brindándole la posibilidad al ganador de disponer de forma indirecta de una mayor cantidad de insumo productivo. Si se consideran ciertas estructuras de mercado caracterizadas por interdependencias estratégicas,⁵ la empresa ganadora tiene la posibilidad de aumentar su nivel de producción y desplazar del mercado en cierta proporción a empresas rivales, generándoles externalidades que disminuyen sus niveles de beneficios.

En la realidad la mayoría de las transacciones de derechos de emisión en el EU ETS, se realizan a través del mercado secundario. En este mercado cada una de las empresas participantes tiene la posibilidad de comercializar sus excedentes de derechos de emisión. En este trabajo por cuestiones de análisis se supone ausencia de Mercado Secundario. Es importante observar que en el caso de que existiera mercado secundario la máxima disponibilidad a pagar por los derechos extra de emisión en la subasta, estarían en función del precio fijado en el Mercado Secundario.

En las subastas realizadas en este tipo de mercados, cada uno de los pujantes reporta dentro de su puja la cantidad de derechos de emisión que desea adquirir y la puja respectiva por dicha cantidad. Por cuestiones de simplicidad en el análisis, en este trabajo se asume que lo que se subasta es un único derecho de

⁴ Dependiendo del nivel de tecnología disponible.

⁵ Situación donde las estrategias tomadas por un participante afectan los beneficios de otros.

emisión β . Por último suponemos funciones de utilidad cuasi lineal sobre el derecho, competencia tipo Cournot y, una función inversa de demanda (lineal).

2.1 El problema de maximización

Cuotas de emisión son fijadas por los estados miembros del EU ETS para cada una de las empresas participantes de acuerdo a su nivel nacional de emisión. Denótese a α_i y q_i respectivamente como la dotación de derechos de emisión disponibles y el nivel de producción obtenido por la empresa i .

Se asume que el nivel de contaminación (e_i) esta en función del nivel de producción q_i , de tal forma que: $e_i = f(q_i)$, donde $f(\cdot)$ es la función de contaminación, la cual, tiene las siguientes características $\partial f(q_i)/\partial q_i > 0$ y $\partial^2 f(q_i)/\partial q_i^2 \geq 0$, además se debe cumplir que: $e_i \leq \alpha_i$.

Se asume que la empresas participantes enfrentan una función inversa de demanda lineal:⁶ $P(Q) = a - bQ$, donde $Q = \sum_i q_i$ y costo marginal de producción constante c para toda empresa i . Dados estos supuestos, el problema de maximización de beneficios para la empresa i está dado por:

$$\begin{aligned} \max_{q_i} \quad & P(Q)q_i - cq_i \\ \text{s. a.} \quad & e_i = f(q_i) \\ & e_i \leq \alpha_i \end{aligned}$$

Se hace el supuesto implícito de que el objetivo de contaminación de cada empresa es cumplido eficientemente ($e_i = \alpha_i$), por lo tanto el Lagrangeano para la empresa i será:

$$\mathcal{L} = P(Q)q_i - cq_i + \lambda_i(\alpha_i - f(q_i))$$

Donde λ_i representa el precio sombra de la restricción y precisamente la disponibilidad a pagar de la empresa i por un derecho extra de emisión. Obteniendo las condiciones de primer y segundo orden se tiene que:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = P(Q) + q_i \frac{\partial P(Q)}{\partial q_i} - c - \lambda_i \frac{\partial f(q_i)}{\partial q_i} = 0 \quad (1)$$

⁶ Por lo tanto $\partial P(Q)/\partial q_i < 0$ y, $\partial^2 P(Q)/\partial q_i^2 = 0$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial q_i^2} = 2 \left(\frac{\partial P(Q)}{\partial q_i} \right) + q_i \frac{\partial^2 P(Q)}{\partial q_i^2} - \lambda_i \frac{\partial^2 f(q_i)}{\partial q_i^2} < 0$$

(-)
(0)
(-)

Despejando λ_i de la ecuación (1):

$$\frac{P(Q) + q_i \frac{\partial P(Q)}{\partial q_i} - c}{\frac{\partial f(q_i)}{\partial q_i}} = \lambda_i$$

Nótese que $\lambda_i = \partial \mathcal{L} / \partial \alpha_i$ representa la ganancia obtenida por la empresa i por una unidad extra de contaminación, que justamente se asocia con la disponibilidad a pagar de la empresa i por esta unidad adicional.

Dado que los derechos de emisión se pueden ver indirectamente como un insumo productivo, la adquisición de una unidad adicional permite a la empresa i aumentar su nivel de producción; sin embargo, dado que se considera una demanda lineal, un aumento en el nivel de producción tiene dos efectos: eleva su nivel de beneficios al vender una cantidad mayor; pero también presiona a la baja sobre el precio en $\partial P(Q) / \partial q_i$, lo que reduce los beneficios generados por todas las unidades que antes vendía al precio original; por lo que, si $P(Q) + q_i (\partial P(Q) / \partial q_i) \leq c$ implicaría que $\lambda_i \leq 0$, es decir, que la empresa i está operando en su nivel óptimo de producción; y la disponibilidad individual a pagar por un derecho adicional es simplemente cero.

3. Estructuras de Mercado

La valoración que cada uno de los participantes tiene sobre un derecho extra de emisión depende de la estructura de mercado. En las siguientes sub-secciones se presenta particularmente el análisis para los casos de Monopolio, Duopolio y, Oligopolio. Se observa que para estas últimas dos estructura pueden existir externalidades identidad-dependientes que, modifican la disposición a pagar por cada uno de los participantes.

3.1 Monopolio.

Sea A única empresa en la economía a la cual ya previamente se asignaron una cantidad de derechos de emisión (α_A) libre de cargo. La adquisición por parte de la empresa de un derecho extra de emisión β , en la subasta, le brinda la posibilidad de aumentar sus niveles de producción.

La valoración individual del derecho β , para la empresa A está dado por $\Pi_A = w_A^A - w_A$. Denotamos a w_A , como el nivel de beneficios obtenidos por la empresa A antes de la adquisición del derecho (situación original); a w_A^A como el nivel de beneficios obtenidos por la empresa A si adquiere el derecho y lo usa para aumentar su producción. Por lo tanto la máxima disposición a pagar del derecho por parte de la empresa monopólica A es:

$$MDP_A = \Pi_A$$

Simplemente es el aumento marginal en el nivel de beneficios obtenidos por A cuando gana el derecho de emisión respecto a su situación original. Es importante destacar que cuando $w_A^A - w_A \leq 0$ la empresa monopólica está operando a un nivel de producción óptimo, y el derecho extra de emisión es innecesario, es decir: $\Pi_A = MDP_A = 0$.

Por lo tanto si el derecho es vendido a precio P entonces la utilidad marginal del derecho para la empresa A , si lo obtiene será de: $\Pi_A - P$. Si la empresa A no lo adquiere su utilidad marginal simplemente será 0.

$$U_A = \begin{cases} \Pi_A - P & \text{Si gana el derecho} \\ 0 & \text{De otro forma} \end{cases} \quad \text{donde: } \Pi_A = w_A^A - w_A$$

Considerando el problema de maximización de la sección anterior se puede ver que $\lambda_A = \Pi_A = w_A^A - w_A$. En el caso de monopolio el $P(Q)$ de la función λ_A es simplemente $P(Q) = (a - b(q_A))$.

3.2 Estructuras de mercado con Externalidades

Para ciertas estructuras de mercado caracterizadas por interdependencia estratégica, la adquisición de un derecho extra de emisión, visto como insumo productivo limitado por la imposición de cuotas nacionales, brinda la posibilidad a quien lo obtenga de aumentar su nivel de producción. Sin embargo, aquellos que no lo adquieran pueden incurrir en externalidades identidad-dependientes.

En el problema de maximización analizado anteriormente se puede determinar de qué dependen estas externalidades. Dado que suponemos una función inversa de demanda lineal, aquellas empresas que puedan obtener un mayor nivel de producción con el derecho extra de emisión, podrán generar una mayor externalidad a la empresa i vía precios. Es decir:

$$\theta_{ij} = q_i \frac{\partial P(Q)}{\partial q_j} \frac{\partial q_j}{\partial \alpha_j} \quad \text{con } i \neq j$$

Donde θ_{ij} representa la externalidad que a la empresa i le genera la adquisición del derecho por parte de la empresa j .

Es importante destacar que dependiendo la identidad de la empresa que adquiera el derecho será el monto de la externalidad, es decir, entre mayor sea la productividad marginal del derecho ($\partial q_j / \partial \alpha_j$) para alguna empresa j , mayor será la reducción en beneficios que enfrentará la empresa i , dada la disminución en el precio ($\partial P(Q) / \partial q_j$) en las unidades vendidas q_i .

Esta manera de definir las externalidades justamente coincide con la definida por Jehiel, Moldovanu y Stacchetti (1996), donde las externalidades dependen de la naturaleza de la identidad de quien las causa, que específicamente definen como externalidades identidad-dependientes.

Las valoraciones que cada uno de los participantes tiene sobre el derecho de emisión, dependen de las estructuras de mercado. En las siguientes subsecciones se presentan y analizan particularmente los casos de duopolio y oligopolio. Para el caso del duopolio el análisis es bastante sencillo, dado que sólo hay que incorporar en la disposición a pagar por el derecho la externalidad que le genera a alguna de las empresas el hecho de que la otra lo gane. Sin embargo, para el caso de oligopolio el análisis es más complicado dado que la disposición a pagar por parte de alguna de las empresas, debe considerar todas las posibles externalidades que pueden generarle cualquiera de las otras empresas si ganan el derecho extra de emisión.

3.2.1 Duopolio.

Considérese la siguiente situación: dos posibles compradores A y B , a los cuales inicialmente se le asignó una cierta cantidad de derechos libres de cargo (α_A, α_B) y un derecho extra de emisión β es subastado.

La valoración individual del derecho β para la empresa A está dado por $\Pi_A = w_A^A - w_A$. Donde w_A y w_A^A , se definen respectivamente como el nivel de beneficios obtenidos por la empresa A antes y después de la adquisición del derecho extra de emisión β . Por lo tanto Π_A es simplemente el aumento marginal en el nivel de beneficios obtenido por A cuando gana el derecho de emisión respecto a su situación original

Si el derecho de emisión es adquirido por la empresa B , ésta puede elevar su nivel de producción y, dado que estamos suponiendo una función de demanda lineal, el precio que enfrentará la empresa A será menor al de la situación original, lo que resulta en una disminución de sus beneficios. Por lo tanto, se define a $\theta_{AB} = w_A - w_A^B$ como la externalidad (disminución en el nivel de beneficios de A respecto a su situación original) que incurre la empresa A si la empresa B gana el derecho extra de emisión. Donde w_A^B representa el nivel de beneficios resultante para la empresa A si la empresa B gana el derecho.

Por lo tanto se puede concluir que la máxima disposición a pagar por el derecho β de la empresa A es:

$$MDP_A = \Pi_A + \theta_{AB}$$

Es importante destacar que cuando $w_A^A - w_A \leq 0$ la empresa está operando a un nivel de producción óptimo, por lo tanto, $\Pi_A = 0$; sin embargo, $MDP_A = \theta_{AB} > 0$, es decir, la empresa A no valora el objeto por que le sea útil, sino por evitar la externalidad que le genera que la empresa B lo adquiera.⁷

Por lo tanto si el derecho es vendido a precio P entonces la utilidad marginal del derecho para la empresa A , si lo obtiene será de $\Pi_A - P$. Si el derecho de emisión es adquirido por la empresa B entonces la utilidad marginal del derecho β para la empresa A será $-\theta_{AB}$. Lo descrito anteriormente se resume en la siguiente función:

$$U_A = \begin{cases} \Pi_A - P & \text{Si el derecho lo gana } A \\ -\theta_{AB} & \text{Si el derecho lo gana } B \end{cases} \quad \text{donde:} \quad \begin{cases} \Pi_A = w_A^A - w_A \\ \theta_{AB} = w_A - w_A^B \end{cases}$$

Considerando el problema de maximización de la sección anterior se puede ver que $\lambda_A = \Pi_A = w_A^A - w_A$. Sin embargo, en este caso dado que se considera la situación de duopolio el $P(Q)$ que aparece en λ_A es igual: $P(Q) = a - b(q_A + q_B)$.

3.2.2 Oligopolio

Considérese que existen n empresas que interactúan en el mercado bajo una estructura oligopólica. Cada empresa se denota por $1, 2, \dots, n$. Al inicio cada una de las empresas recibió una dotación de derechos libres de cargo $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$. Supóngase que un derecho extra de emisión β es subastado, brindándole la posibilidad a la ganadora de aumentar su nivel de producción.

⁷ Para el caso de la empresa B , el resultado es análogo.

La valoración individual del derecho β , para alguna empresa i está dado por $\Pi_i = w_i^i - w_i$, donde w_i y w_i^i se definen como el nivel de beneficios respectivos de la empresa i antes y después de la adquisición de derecho β . Por lo tanto Π_i representa la ganancia obtenida por la empresa i dada la adquisición del derecho extra de emisión.

Si el derecho de emisión es adquirido por alguna empresa j , $j \neq i$, ésta puede elevar su nivel de producción y deprimir precios, provocando una disminución del nivel de beneficios para la empresa i , por lo tanto, la utilidad marginal del derecho para la empresa i , si lo gana la empresa j , se define como $\theta_{ij} = w_i - w_i^j$ como la disminución en el nivel de beneficios de la empresa i respecto a su situación original.⁸ Donde w_i^j representa el nivel de beneficios de la empresa i si la empresa j adquiere el derecho de emisión.

Es importante destacar que dependiendo de la identidad de quien adquiere el derecho es el monto de la externalidad (Externalidades identidad-dependientes), es decir la externalidad que le genera a i el hecho de que j lo adquiera es diferente al hecho de que la empresa k lo adquiera; como se puede observar existe un vector de externalidades posibles para la empresa i , dependiendo de que empresa adquiera el objeto.

En este caso la máxima disposición a pagar de la empresa i será simplemente la suma de su valoración individual, y la máxima posible externalidad que le puede generar a la empresa i el hecho de que alguna empresa j ($j \neq i$) adquiera el derecho.

$$MDP_i = \Pi_i + \text{Max}(\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ij}, \dots, \theta_{in})$$

Al igual que en el caso de duopolio puede darse que $w_i^i - w_i \leq 0$, lo cual implica que la adquisición del derecho por parte de la empresa i ya no mejora su nivel de beneficios, lo cual implicaría que su nivel de producción ya se encuentra en su nivel óptimo, por lo tanto $\Pi_i = 0$, sin embargo $MDP_i = \text{Max}(\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ij}, \dots, \theta_{in}) > 0$. Esto se debe a que la empresa i está dispuesta a pagar por el derecho, no con el afán de elevar su nivel de producción sino con el propósito de evitar la disminución en beneficios (externalidad) que le puede generar el hecho de que lo adquiera cualquier otra empresa.

Por lo tanto, si el derecho es vendido a precio P entonces la utilidad marginal del derecho para la empresa i , si lo obtiene, será de $\Pi_i - P$. Si el derecho de

⁸ Si ninguna empresa toma parte de la subasta, entonces, por cuestiones teóricas, las utilidades de todos los agentes serán normalizadas a cero.

emisión es adquirido por la empresa j con $j \neq i$ entonces la utilidad marginal del derecho β para la empresa i será $-\theta_{ij}$. Lo cual se resume en la siguiente función:

$$U_i = \begin{cases} \Pi_i - P & \text{Si el derecho lo gana } i \\ -\theta_{ij}, i \neq j & \text{Si el derecho lo gana } j \end{cases} \quad \text{donde:} \quad \begin{cases} \Pi_i = w_i^i - w_i \\ \theta_{ij} = w_i - w_i^j \end{cases}$$

Análogamente se cumple que $\lambda_i = \Pi_i = w_i^i - w_i$. En este caso el $P(Q)$ de λ_i , es simplemente: $P(Q) = a - b(\sum_{i=1}^n q_i)$.

4. Ilustración.

La venta de un derecho extra de emisión β : considérese 3 empresas en el mercado bajo un oligopolio tipo Cournot, donde el nivel de producción q de cada una de ellas depende de su nivel de derechos disponible α y la función inversa de la función de contaminación $f(\cdot)$. El costo de producir la cantidad q_i para la empresa i está dado por cq_i . Sea $P(Q) = a - bQ$ el precio de vaciado de mercado cuando la oferta agregada es $Q = q_A + q_B + q_C$. Específicamente considérese que:

$$\begin{aligned} \alpha_A = f(q_A) \quad \wedge \quad f(q_A) = q_A &\Rightarrow q_A = \alpha_A \\ \alpha_B = f(q_B) \quad \wedge \quad f(q_B) = q_B &\Rightarrow q_B = \alpha_B \\ \alpha_C = f(q_C) \quad \wedge \quad f(q_C) = (q_C)^2 &\Rightarrow q_C = \sqrt{\alpha_C} \end{aligned}$$

Por lo tanto para las empresas A y B un aumento en su nivel de derechos implica aumentos en su nivel de producción en la misma cuantía; sin embargo, para la empresa C un aumento de una unidad en su nivel de derechos, implica un aumento de $\sqrt{\alpha_C + 1} - \sqrt{\alpha_C}$ en su nivel de producción. Para cada una de las tres empresas se hace el supuesto implícito de que $e_i = \alpha_i$, es decir que cada una de ellas cumple de forma eficiente con su objetivo de contaminación. Particularmente se calcula la disposición a pagar y la valoración del derecho para la empresa A . El nivel de beneficios para la empresa A en la situación original está dado por:

$$w_A = [a - b(\alpha_A + \alpha_B + \sqrt{\alpha_C})](\alpha_A) - c\alpha_A$$

Un derecho extra de emisión β es subastado en el mercado, de tal forma, que la empresa que lo adquiera tendrá la posibilidad de aumentar su nivel de

producción, particularmente si la empresa *A* lo adquiere entonces, su nivel de utilidad será:

$$w_A^A = [a - b(\alpha_A + \beta + \alpha_B + \sqrt{\alpha_C})](\alpha_A + \beta) - c(\alpha_A + \beta)$$

En el caso de que la empresa *B* o *C* adquieran el derecho extra de emisión, el nivel de utilidad para la empresa *A* estará dado respectivamente por:

$$w_A^B = [[a - b(\alpha_A + \beta + \alpha_B + \sqrt{\alpha_C})](\alpha_A) - c\alpha_A] \leq w_A$$

$$w_A^C = [[a - b(\alpha_A + \alpha_B + \sqrt{\alpha_C + \beta})](\alpha_A) - c\alpha_A] \leq w_A$$

Como se puede observar la empresa *A* al no adquirir el derecho extra de emisión β , incurre en una disminución en sus beneficios (vía precios) dependiendo de la identidad de la empresa que lo adquiera.

Dada la función de contaminación de las empresas *A* y *B*, si la empresa *B* (la cual tiene una tecnología de emisión más limpia) adquiere el derecho, la disminución en beneficios para la empresa *A* es mayor, dado que, la empresa *B* puede obtener un mayor nivel de producción con el derecho β y, reducir en mayor cuantía los precios respecto a lo que hace la empresa *C*. Por lo tanto se obtiene lo siguiente:

1. Si la empresa *A* adquiere el derecho β , el aumento marginal en beneficios por una unidad extra de contaminación y, por lo tanto la disponibilidad a pagar de la empresa *A* por β será:⁹

$$\Pi_A = w_A^A - w_A = \beta[a - b(\alpha_A + \beta + \alpha_B + \sqrt{\alpha_C})] - \beta b\alpha_A - c\beta$$

2. Si la empresa *A* no adquiere β incurre en una externalidad negativa del tipo identidad-dependiente dada respectivamente por:¹⁰

$$\theta_{AB} = w_A - w_A^B = b\beta\alpha_A$$

$$\theta_{AC} = w_A - w_A^C = \alpha_A b(\sqrt{\alpha_C + \beta} - \sqrt{\alpha_C})$$

Conjuntamente estos resultados permiten expresar la máxima disposición a pagar por el derecho extra de emisión β , por parte de la empresa *A*:

$$MDP_A = \Pi_A + \text{Max}(\theta_{AB}, \theta_{AC})$$

⁹ El cual justamente coincide con el valor de λ calculado en la sección anterior.

¹⁰ Las cuales se pueden calcular a partir de la función de externalidad vista en la sección anterior.

Ahora bien, ¿cuánto debería pujar la empresa *A* por adquirir el derecho β ? la valoración de la empresa *A* por el derecho depende de las creencias de ésta acerca de los posibles resultados de la subasta. Considérense las siguientes situaciones: si la empresa *A* considera que bajo ninguna circunstancia el derecho β será vendido a las empresas *A* o *B*, entonces su valoración es simplemente ($\Pi_A = w_A^A - w_A$) la valoración intrínseca del derecho para la empresa *A*. Si la empresa *A* cree que existe una cierta probabilidad de que el derecho sea asignado a *B*, pero cree que *C* no tiene probabilidad de que le sea asignado, entonces su valoración será $\Pi_A + \theta_{AB}$. En el caso de que la empresa *A* crea que *B* y *C* tienen probabilidad de que el derecho le sea asignado a alguna de las 2, entonces su valoración será $\Pi_A + \text{Max}(\theta_{AB}, \theta_{AC})$.

Por lo tanto las creencias de la empresa *A*, acerca de cual debe ser su estrategia de puja óptima, depende tanto de la naturaleza del mecanismo de subasta como de las estrategias de puja de las otras empresas. En equilibrio se debe cumplir que: las estrategias de puja deben ser óptimas dadas las creencias, y las creencias deben ser consistentes con las estrategias de puja.

5. Consecuencias sobre el mecanismo de asignación óptimo.

En una amplia variedad de escenarios, cambios significativos en la propiedad de un cierto objeto influyen en la interacción existente entre agentes en el mercado; como consecuencia aquellos agentes que no adquieran el objeto pueden incurrir en disminución en sus beneficios vía efectos indirectos (externalidades), por ejemplo: cambios en la estructura de propiedad en un oligopolio, patentes, o venta de derechos, como se analizó en este trabajo.

Existen diferentes investigaciones en donde se han modelado diseños de subasta adecuados bajo la presencia de externalidades entre los agentes, cuando alguno de ellos no adquiere el objeto subastado. Jehiel, Moldovanu y Stacchetti (1996), Jehiel y Moldovanu (2000, 2001) se enfocan en el diseño óptimo de subasta y maximización de los ingresos por parte del subastador. Así mismo, muestran que las subastas tradicionales bajo estos esquemas no generan resultados óptimos. Sin embargo, el diseño de subasta adecuado que proponen bajo presencia de externalidades es muy complicado y de difícil aplicación.

Gran parte del debate político en el EU ETS, se centra principalmente en cómo deben ser asignados los derechos de emisión disponibles que posee cada uno de los Estados, es decir si las emisiones de contaminantes deben ser

regaladas (*grandfathering*) o subastadas y, en el caso de que sean subastadas, cuál es el mecanismo de subasta adecuado, dadas las características del mercado.

Crampton y Kerr (2002), entre otros autores especialistas del tema, concluyen tajantemente que la asignación de derechos mediante la subasta es superior a cualquier forma de *grandfathering*. En lo que respecta al mecanismo de subasta adecuado diferentes artículos, entre los cuales destaca también el de Crampton y Kerr, analizan las ventajas y desventajas del uso de cada uno de los mecanismos de subasta tradicionales, Crampton y Kerr al final de su estudio concluyen que una subasta del tipo “*ascending clock auction*” es el mecanismo de subasta más eficiente.

Determinar el diseño de subasta adecuado para este tipo de mercados no es un problema trivial, tratar de implementar mecanismos como los propuestos por Jehiel, Moldovanu y Stacchetti es en demasía complicado. Dado que los resultados que se obtienen en subastas tradicionales y de fácil aplicación son sub-óptimos bajo este tipo de esquemas, puede darse el caso de que *grandfathering* sea un mecanismo de asignación de derechos viable y sencillo para cada uno de los Estados miembros.

En resumen, dado que se puede observar la presencia de situaciones similares en estos mercados de emisión a las descritas por Jehiel, Moldovanu y Stacchetti, y debido a los resultados obtenidos por estos autores respecto a las subastas tradicionales, no se puede concluir tan tajantemente que subastar genera resultados más eficientes que *grandfathering*. Esto es debido a que las subastas tradicionales, a partir de las cuales concluyen esta aseveración, no están generando resultados eficientes; además que subastas típicas como la propuesta por Crampton y Kerr (*Ascending-Clock auction*) no es óptima.

En la literatura existen otros resultados similares que contradicen, a partir de observar la existencia de asimetrías en las externalidades identidad-dependientes, alguno de los supuestos básicos de la literatura de este tipo de mercados de emisión, por ejemplo Burguet y Sempere (2007) concluyen que el mercado, a través del comercio bilateral de cuotas de emisión entre países, no basta para cumplir con una asignación eficiente de emisiones, en este sentido concluyen que el diseño de mercado y, no el mercado por sí solo, es un elemento clave para el cumplimiento eficiente de los objetivos de contaminación.

6. Conclusiones.

Se analizaron situaciones en donde las valoraciones de los derechos de emisión dentro de la subasta están en función de la estructura de mercado. Se

observó que para ciertas estructuras, si la empresa no adquiere el derecho, ésta puede incurrir en externalidades identidad-dependientes que modifican su disposición a pagar. Puede haber situaciones en las que la valoración intrínseca del derecho (Π_A) sea igual cero, pero que el participante esté dispuesto a pujar en la subasta por el hecho de evitar externalidades.

En contraste con la literatura acerca del diseño de subastas adecuado para este tipo de mercados, y tomando como base lo propuesto por Jehiel y Moldovanu (2001), se observa que las subastas tradicionales, bajo estos esquemas con presencia de externalidades identidad-dependientes, no generan resultados óptimos. Además, a diferencia de lo que proponen Cramton y Kerr (2002), y otros autores especialistas en el tema, subastar no necesariamente genera resultados más eficientes que *grandfathering*; de hecho, el diseño de subasta típica propuesta por estos autores (*Ascending-Clock auction*) no es óptimo.

Una de las preguntas de interés para los países miembros de la EU ETS que desean vender su remanente de derechos es qué diseño de subasta es el adecuado, la respuesta a esta pregunta no es trivial, ya que los mecanismos existentes en la literatura bajo presencia de externalidades son complejos y de difícil aplicación. Investigaciones futuras pueden ser enfocadas hacia el diseño y aplicación de mecanismos de subasta adecuados para este tipo de mercados, las cuales deben considerar la posibilidad de existencia de externalidades identidad-dependientes que condicionan el resultado obtenido por subastas tradicionales.

Bibliografía:

- Burguet, R. y Sempere, J. (2007). Trade of Permits for Greenhouse Gas Emissions; Bilateral Trade Need not Be the Answer.
- Crampton, P. (2000). A review of markets for clean air: The U.S. acid rain program by A. Denny Ellerman, Paul L. Joskow, Richard Schmalensee, Juan – Pablo Montero, and Elizabeth M. Bailey. *Journal of Economic Literature*, Vol.XXXVIII, (September), 627-633.
- Cramton, P. y Kerr, S. (1998). The distributional effects of carbon regulation: Why Auctioned Carbon Permits are Attractive and Feasible. In T. Sterner (Ed.), *The Market and the Environment*, Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar.
- Cramton, P. y Suzi K. (2002). Tradeable Carbon Permit Auctions: How and Why to Auction not Grandfather. *Energy Policy*. 30, 333-345.
- Klepper, G. y Peterson, S. (2005). *Emissions Trading, CDM, JI, and More. The Climate Strategy of the EU*. Kiel Working Papers. 1238.
- Jehiel, P. y Moldovanu, B. (2000). Auctions with Downstream Interaction Among Buyers. *Rand Journal of economics*, 31(4), 768-791.
- Jehiel, P. y Moldovanu, B. (2001). Efficient Design with Interdependent Valuations, *Econometrica*, 69(5), 1237-1259.
- Jehiel, P., Moldovanu, B. y Stacchetti, E. (1996). How (Not) to Sell Nuclear Weapons. *American Economic Review*, 86(4), 814-29.