

SERIE **INFORME**
MEDIO
AMBIENTE

ISSN 0717-3814

N° 17

JULIO 2009

**Un Sistema de Permisos
de Emisión Transables
para la Región
Metropolitana**

Por: Gonzalo Blümel*

LIBERTAD 
DESARROLLO

INDICE

Resumen Ejecutivo	5
-------------------	---

I. Antecedentes Generales	7
---------------------------	---

II. ¿Cómo Mejorar la Calidad del Aire de Santiago?	8
----------------------------------------------------	---

III. ¿Cuál ha sido el Camino para Combatir la Contaminación en la R.M.?	9
-------------------------------------------------------------------------	---

IV. Permisos de Emisión Transables para la R.M.	10
-------------------------------------------------	----

V. Experiencias Internacionales	12
---------------------------------	----

VI. Características de un <i>Cap and Trade</i> para la R.M.	14
-------------------------------------------------------------	----

VII. Comentarios Finales	15
--------------------------	----

VIII. Referencias Bibliográficas	15
----------------------------------	----

IX. Anexo	16
-----------	----

* Ingeniero civil Industrial y Magíster en Ciencias de la Ingeniería con mención en Economía y Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Master en Economía de la Universidad de Birmingham, Reino Unido. Investigador del Programa de Medio Ambiente de Libertad y Desarrollo.

UN SISTEMA DE PERMISOS DE EMISIÓN TRANSABLES PARA LA REGIÓN METROPOLITANA

Resumen Ejecutivo

A poco menos de dos años de que se cumpla el plazo establecido por el Plan de Prevención y Descontaminación (PPDA) de la R.M. para recuperar la calidad del aire de la capital, las concentraciones de material particulado y ozono son aún muy altas, superando por un amplio margen los límites establecidos por las normas, pese al alto costo del plan y sus reformulaciones (US\$1.600 millones). Esta situación refleja el agotamiento de la estrategia elegida por la autoridad para resolver el problema de la contaminación atmosférica, tanto en la capital como en regiones.

Basado en estos antecedentes, este trabajo propone implementar en la R.M. un sistema de permisos de emisión transables del tipo “*Cap and Trade*”, tomando en consideración la experiencia nacional e internacional en la aplicación de este tipo de instrumentos.

Este es un mecanismo de mercado que permite cumplir las metas ambientales de manera flexible, entregando a las fuentes reguladas las decisiones de control de emisiones en el marco de una meta global. En términos prácticos, el sistema consiste en la determinación del nivel máximo de emisiones permitidas (“*Cap*”) y la asignación de cupos o permisos a las fuentes emisoras, los que sumados deben ser igual al límite establecido por la autoridad. La regla general establece que ninguna fuente puede emitir más que el número de permisos que posee. Aquellas fuentes que emiten menos que el total de permisos que disponen pueden vender la diferencia a quienes requieren más permisos para operar (“*Trade*”).

Esta modalidad genera incentivos en las fuentes emisoras para desarrollar sistemas de reducción de emisiones con la mejor relación costo-efectividad, ya que los permisos tienen un costo de oportunidad reflejado en el precio del permiso, el que se determina libremente por medio del intercambio entre las fuentes. Aquellas fuentes que tengan costos marginales de reducción más bajos tendrán incentivos para emitir menos y vender los cupos sobrantes en el mercado. La principal ventaja de este tipo de mecanismos es que asegura el cumplimiento de la meta ambiental al mínimo costo, compatibilizando crecimiento económico y protección del medio ambiente.

En general, tanto los reportes oficiales como los estudios académicos muestran que estos programas han cumplido las metas ambientales establecidas por las

autoridades, generando ahorros de costos muy significativos. Nuestro país tiene cierta experiencia en la materia, siendo Estados Unidos el pionero en la implementación de este tipo de programas.

De acuerdo a la evidencia empírica y teórica, hay aspectos clave del diseño que hacen de estos sistemas un mecanismo eficiente de reducción de la contaminación. En primer lugar, los permisos deben tener un nivel apropiado de estabilidad jurídica y los derechos de transacción deben estar claramente definidos. En segundo lugar, la flexibilidad espacial y temporal es positiva para el intercambio y los incentivos. En tercer lugar, es necesario contar con un sistema de administración eficiente que minimice los costos de transacción, y que establezca penalidades claras en caso de incumplimiento. Además, se debe permitir la inclusión del sector privado en la intermediación y diseñar sistemas de monitoreo y medición robustos.

En el caso de la R.M., si las características de las emisiones y la logística de monitoreo lo permiten, el sistema debería incluir tantas fuentes y contaminantes como sea posible, incorporando al menos al sector industrial, al transporte público y las flotas de carga, y dejando abierta la posibilidad de que se incorporen los vehículos livianos y las estufas de combustión a leña, por medio de la entrega de permisos a los importadores.

Un sistema con las características propuestas podría abarcar potencialmente hasta el 34% de las emisiones totales de PM_{10} , además del 90% de las emisiones de NO_x y el 95% de las emisiones de SO_2 , lo cual permitiría cumplir las metas propuestas por el PPDA.

De acuerdo a la experiencia internacional, la implementación de un sistema de permisos en la R.M. con las características señaladas podría haber generado potenciales ahorros por sobre los US\$ 300 millones, tomando como referencia los costos del PPDA y sus actualizaciones.

UN SISTEMA DE PERMISOS DE EMISIÓN TRANSABLES PARA LA REGIÓN METROPOLITANA

I. Antecedentes generales

A poco menos de dos años del cumplimiento del plazo establecido por el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana (PPDA) para descontaminar Santiago, las concentraciones de material particulado respirable (PM₁₀) y ozono (O₃) aún superan por un amplio margen los límites establecidos por las normas. Actualmente, las concentraciones de PM₁₀ superan la norma diaria y anual vigente, situación que se repite en el caso del ozono. Además, aun cuando no hay norma de material particulado fino (PM_{2,5}) en Chile, las concentraciones registradas son muy superiores a cualquier estándar internacional¹.

Tabla N° 1: Valores Norma y Reducciones requeridas

Contaminante	Norma (Ug/m3)	Concentración Promedio (ug/m3)	Reducción Requerida (%)
PM ₁₀	50 ^a	70	28.6%
PM ₁₀	150 ^b	233	35.6%
Ozono (8 hrs)	120	172	30.2%
PM _{2,5}	15 ^c	32.6	54.0%

Fuente: CONAMA R.M. "Resultados Plan Operacional para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Período 2008", 2008.

Nota: Las concentraciones de PM₁₀ corresponden a valores del 2007. En el caso del Ozono y PM_{2,5} son cifras correspondientes al año 2006, ya que no se cuenta con datos actualizados.

^a Valor correspondiente a la norma anual.

^b Valor correspondiente a la norma diaria.

^c Valor correspondiente a la norma USA.

Esto es especialmente grave, ya que múltiples estudios muestran que existe una asociación estadística entre mortalidad y contaminación atmosférica (Ostro, 1998;

Cifuentes L. et al., 2000; Jerrett et al., 2009), tanto por efectos crónicos como por efectos agudos². Peor aún, un reciente estudio publicado en *The New England Journal of Medicine* (Pope III et al., 2009) muestra que la esperanza de vida de la población disminuye 0.6 años por cada 10 µg/m³ de aumento en las concentraciones de material particulado fino (PM_{2,5}). Es decir, el exceso de concentraciones de PM_{2,5} en la Región Metropolitana en relación a la recomendación de la OMS (10 µg/m³) reduciría en promedio la expectativa de vida de los habitantes de Santiago alrededor de 1.3 años³.

Lamentablemente, es posible prever que las metas establecidas por el plan no serán cumplidas. Tomando las proyecciones realizadas en el inventario de emisiones del DICTUC (2007) y la reformulación del PPDA realizada en el año 2008, las emisiones de PM₁₀ excederán en más de 5.000 ton/año la meta establecida para el año 2011 (25% de exceso). Esta situación se repetiría largamente en el caso de las emisiones de monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno, elementos precursores de PM_{2,5}⁴ (Ver Figura N° 1).

El incumplimiento de las metas ambientales se ha reflejado en el número de episodios críticos, el que se ha

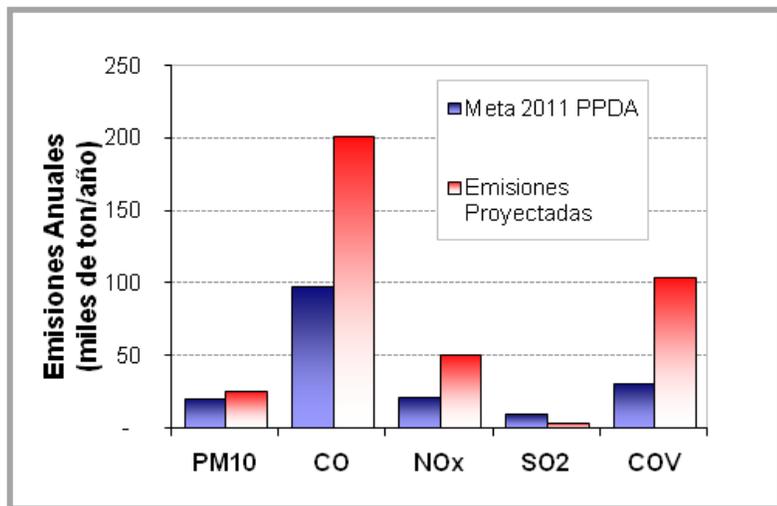
² Cifuentes et al. (2000) muestran que el incremento de la mortalidad asociado con las concentraciones promedio de contaminación varía entre un 4 y un 11%, dependiendo del tipo de modelo y contaminante considerado, observándose efectos más significativos en el caso del PM_{2,5} durante los meses de invierno, y del O₃ durante los meses de verano. Jerrett et al (2009), también encuentran que el incremento del PM_{2,5} y del O₃ se asocia con un significativo incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares y respiratorias, en un estudio de cohorte que incluyó el seguimiento a 448.850 sujetos durante más de 20 años.

³ Aun cuando los resultados de este tipo de estudios no son directamente extrapolables de un país a otro por múltiples razones, los resultados de los estudios sobre efectos de la contaminación atmosférica realizados en Santiago no difieren significativamente de los que reporta la literatura internacional. Además, los efectos nocivos asociados al material particulado fino se observan en cualquier nivel de concentraciones, es decir, no habría umbral para este contaminante (Cifuentes et al, 2000).

⁴ En el caso del CO se emitirán más de 100 mil ton/año por sobre la meta establecidas por el PPDA para el año 2011 (106% de exceso). En el caso del NO_x, este valor superará las 28 mil ton/año (131% de exceso). En el caso de los COV, se emitirán 73 mil ton/año por sobre la meta (236% de exceso).

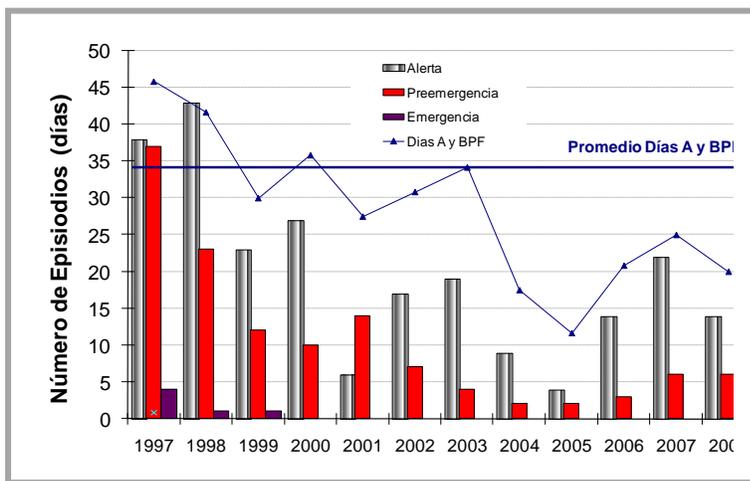
¹ Para más información ver Serie Informe Medio Ambiente N°15 "El Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana: Análisis de sus Avances", Libertad y Desarrollo, Enero 2009.

Figura N° 1: Emisiones Proyectadas v/s Metas de Emisiones PPDA al 2001



Fuente: Elaboración propia sobre la base del inventario de Emisiones del DICTUC, y de la reformulación del PPDA, 2008.

Figura N° 2: Número de Episodios Críticos y Días con Malas Condiciones de Ventilación de la Cuenca.



Fuente: "Resultados Plan Operacional para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Período 2008". CONAMA Metropolitana 2008.

incrementado a niveles equivalentes a los de comienzos de esta década, quebrándose la tendencia a la baja que predominó hasta el año 2005, aun cuando las condiciones de ventilación han sido relativamente buenas en los últimos años, lo que se muestra en la (ver Figura N° 2) ⁵.

⁵ La correlación entre el número de días con malas condiciones de ventilación (días A y BPF) y el número de episodios críticos observados anualmente es 0,89. Esto permite suponer que un empeoramiento de las condiciones de ventilación puede gatillar un aumento del número de episodios críticos.

Estos elementos grafican lo complejo de la situación de la calidad del aire de la Región Metropolitana y obligan a tomar acciones de fondo que permitan mejorar la tendencia de los últimos años. Además, este problema no solo se presenta en Santiago, sino que se ha extendido con fuerza a regiones. Actualmente hay más de 15 ciudades del país en las que no se cumple la norma de material particulado, lo que afecta tanto la calidad de vida como los niveles de riesgo a los que se encuentran expuestos más de 8 millones de personas⁶.

II. ¿Cómo Mejorar la Calidad del Aire de Santiago?

En general, la autoridad cuenta con dos tipos de medidas para hacer cumplir las metas ambientales. Un primer grupo son las denominadas de "Comando y Control" (CYC). Estas se basan en el rendimiento individual de cada fuente, y buscan aumentar el estándar tecnológico de los agentes emisores, ya sea adoptando normas de emisión más exigentes, estableciendo requerimientos tecnológicos mínimos, mejorando la calidad de los combustibles, entre otras alternativas.

Desgraciadamente, estas soluciones no garantizan la restauración de la calidad ambiental deteriorada. Aun cuando todos cumplan con la normativa, el aumento del número de fuentes puede hacer colapsar el sistema. Ello, porque tienen derecho a emitir todos aquellos que cumplen con las normas, lo que puede terminar saturando la capacidad de dilución de la cuenca.

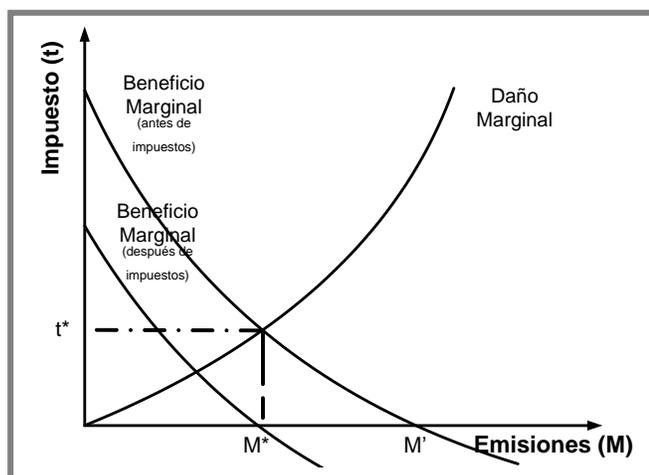
Una alternativa a las medidas de CYC es incentivar cambios voluntarios en las conductas de los emisores por medio de instrumentos económicos, lo cual puede hacerse regulando vía precios (impuestos y/o subsidios) o vía cantidad (permisos transables de emisión). La ventaja de este tipo de medidas es que corrigen las externalidades

⁶ Recopilación propia sobre la base de informes publicados por CONAMA.

generadas por la contaminación al mínimo costo, por medio de la creación de cuasi-mercados en los que contaminar tiene un costo de oportunidad. Esto altera los incentivos de los emisores maximizando el bienestar social. Esto no ocurre en el caso de las medidas de CYC, donde la autoridad impone ciertos estándares que no guardan relación con los incentivos que enfrentan los emisores.

La Figura N° 3 ilustra el funcionamiento de un impuesto eficiente a las emisiones y la forma en que este altera los incentivos de los agentes económicos. En ella se grafican las funciones agregadas de beneficios y daños marginales de las emisiones de un contaminante en una industria. Si las firmas se comportan independientemente del daño que generan sus emisiones, es decir, en ausencia de un impuesto a las emisiones que corrija el daño generado, estas producirán emisiones hasta el punto donde el beneficio marginal de la última tonelada emitida es cero (M). Ahora, supongamos que se introduce un impuesto a las emisiones igual a una tasa constante t^* (en \$/ton), que se fijará considerado el óptimo desde una perspectiva social⁷. En este caso, el beneficio marginal de las firmas después del impuesto difiere del beneficio pre-impuesto, en una medida equivalente a t^* . Una vez que el impuesto está operativo, firmas que maximicen utilidades elegirán emitir hasta M^* , ya que la siguiente unidad reportaría un beneficio menor que el costo de poder emitirla, que es igual a t^* . Esto conducirá a un nivel óptimo de emisiones que maximizará el bienestar social,

Figura N° 3: Un Impuesto Eficiente a las Emisiones



⁷ Un regulador que maximice el bienestar social elegirá un nivel máximo de emisiones en el que el beneficio y el daño marginal de las emisiones sean iguales (M^*).

ya que se emitirán solo aquellas unidades de contaminantes que la sociedad está dispuesta a tolerar (aquellas que reportan un beneficio mayor que el daño generado). En términos simples, el impuesto a las emisiones, o impuesto "pigouviano", hace que los privados internalicen las externalidades que generan sus emisiones, alineando los precios privados con los precios sociales. Esto generará que las decisiones que se tomen consideren todos los costos relevantes, tanto privados como sociales, conduciendo a un óptimo social.

A diferencia de las medidas de CYC, el uso de instrumentos económicos no requiere que el regulador conozca las funciones de beneficios marginales de cada firma para lograr eficientemente las reducciones deseadas. Solo le basta conocer la función agregada de beneficios marginales, que equivale a los costos marginales de abatimiento, para lograr sus objetivos al mínimo costo. En el caso de CYC, el regulador necesita conocer la función de costos marginales de abatimiento de cada fuente para poder lograr la meta establecida, lo cual dificulta la obtención de los resultados deseados. Estos resultados son extensibles tanto en el caso de los permisos de emisión transables como en el caso de los subsidios. Más aún, es posible extender estos resultados a contaminantes que no se mezclan uniformemente realizando pequeños ajustes (Perman et al., 2003).

III. ¿Cuál ha sido el Camino para combatir la Contaminación en la R.M.?

El PPDA en sus orígenes contempló 104 medidas de reducción directa y permanente de emisiones, además de medidas de gestión de episodios críticos y medidas de reducción indirecta de emisiones por medio de la participación y educación de la ciudadanía. Además, y con cierto retraso, este instrumento ha sido revisado (2000 y 2005) y actualizado (2001 y 2008) para asegurar el cumplimiento de las metas establecidas⁸.

⁸ El PPDA establece metas parciales, de corto y mediano plazo, que persiguen reducir la exposición de la población a los contaminantes más agresivos para la salud; y también establece metas globales, de largo plazo, que pretenden recuperar la calidad del aire de la región para todos aquellos contaminantes para los cuales se la declaró saturada. Los plazos para el cumplimiento de las metas parciales son los años 2000 y 2005, en

Aun cuando el impacto de las medidas no es necesariamente comparable por tipo (CYC o instrumentos económicos), es interesante mirar cuál ha sido la estrategia elegida por la autoridad para combatir la contaminación atmosférica en la R.M. en los últimos 12 años.

En general, las medidas adoptadas por el plan y sus reformulaciones han seguido un enfoque mayoritariamente de CYC. Del total de medidas propuestas, el 17% ha correspondido a instrumentos económicos (34 medidas), el 47% a medidas de CYC (95 medidas) y el 36% a otro tipo de medidas (73 medidas), típicamente iniciativas de carácter educativo e institucional (ver Tabla N° 2).

Tabla N° 2: Resumen de Medidas del PPDA y sus Reformulaciones según Tipo de Medida

PPDA	Instrumentos Económicos	CYC	Otras	TOTAL
PPDA 1997	24	51	64	139
Reformulación 2001	4	15	2	21
Reformulación 2008	6	29	7	42
TOTAL	34	95	73	202

Fuente: elaboración propia en base al PPDA y sus reformulaciones.

Sin embargo, al revisar el historial del PPDA es interesante notar que, en sus orígenes, el plan incorporó bastantes medidas que buscaban modificar los incentivos que enfrentaban las fuentes emisoras a la hora de tomar la decisión de contaminar por medio de instrumentos económicos, de manera que estas *“internalizaran los costos sociales generados por sus actividades”*⁹. De hecho, en la versión original de 1997 se incorporaron algunas medidas bastantes audaces como la creación de un gravamen al uso del automóvil en la R.M (por medio de un aumento del impuesto a la gasolina en Santiago o un cobro adicional en el permiso de circulación), el desarrollo de una propuesta de ley sobre tarificación vial, el aumento de los costos de estacionamiento en horas de congestión, la formulación de alternativas de tributación a los combustibles para fomentar aquellos más limpios, entre otras. Lamentablemente, la mayor parte de estas medidas

tanto, para el cumplimiento de las metas globales se considera el año 2011.

⁹ Capítulo 6.4.2 del PPDA.

no se implementaron, y peor aún, las reformulaciones posteriores prácticamente no innovaron en esta materia, salvo las modificaciones al programa de compensaciones de la industria del año 2001, tema que discutiremos más adelante, la propuesta de creación de categoría de vehículos *“cero emisión”* y el retiro de vehículos antiguos, ambas incorporadas en la reformulación del 2008.

Es decir, la política de descontaminación de Santiago se ha enfocado fundamentalmente en aumentar las exigencias tecnológicas a las fuentes sin establecer incentivos adecuados en quienes emiten, lo que en definitiva ha dificultado el cumplimiento de las metas del plan pese al alto costo de este, que en su conjunto se estima ha tenido un valor superior a los US\$1.600 millones de dólares¹⁰.

IV. Permisos de Emisión Transables para la R.M.

Santiago necesita una nueva estrategia para mejorar la calidad del aire que aborde esta problemática de manera integral. De acuerdo a la experiencia internacional, un sistema de permisos tipo *“Cap and Trade” (C&T)* puede ser la alternativa requerida¹¹. Este es un mecanismo de mercado que permite cumplir las metas ambientales de manera flexible, entregando a las fuentes reguladas las decisiones de control de emisiones en el marco de una meta global. En general, se fundan en la premisa de que cualquier incremento del nivel de emisiones de una fuente debe ser compensado por una disminución equivalente (o superior) en otro emisor.

Para que el sistema logre el objetivo ambiental se debe establecer un cierto nivel de emisiones máximo (*“Cap”*) de acuerdo a la capacidad de carga de la cuenca. Posteriormente, deben asignarse cupos o permisos máximos de emisión entre las fuentes, de acuerdo a algún

¹⁰ Esta cifra es en dólares del 2008. De acuerdo al Análisis General de Impacto Económico y Social del PPDA, el costo total de las medidas incluidas en el plan fue US\$ 911 millones. En el caso de la reformulación del plan del año 2001 se estimó un costo total de US\$133 millones, en tanto, para la reformulación del año 2008 se estimó un costo de US\$228 millones.

¹¹ En general, se consideran 2 grandes tipos de mercados de emisiones: los sistemas *“Cap and Trade”* y los sistemas basados en créditos de reducción o *“Credit-Based”*.

criterio, los que sumados deben ser igual al límite agregado de emisiones preestablecido por la autoridad.

La regla general establece que ninguna fuente puede emitir más que el número de permisos que posee. Aquellas fuentes que emiten menos que el total de permisos de que disponen pueden vender la diferencia a quienes requieren más permisos para operar ("Trade"). Como las emisiones totales están limitadas, la calidad ambiental está asegurada en el largo plazo.

Esta modalidad genera incentivos en las fuentes emisoras para desarrollar sistemas de reducción de emisiones con la mejor relación costo-efectividad, ya que usar un permiso implica no poder venderlo en el mercado, es decir, contaminar tiene un costo de oportunidad representado en el precio del permiso, el que se determina libremente por medio del intercambio entre las fuentes. Aquellas fuentes que tengan costos marginales de reducción más bajos tendrán incentivos para emitir menos y vender los cupos sobrantes en el mercado. La principal ventaja de este tipo de mecanismo es que permite cumplir una meta ambiental al mínimo costo, compatibilizando crecimiento económico y protección del medio ambiente.

Para una mejor comprensión de la operación de un sistema de estas características y de las ganancias asociadas a su implementación vamos a mostrar un ejemplo con 2 fuentes operando A y B, que emiten 40 y 50 toneladas por año de un contaminante X respectivamente, es decir, las emisiones totales son 90 toneladas¹².

Supongamos que la autoridad ambiental selecciona un nivel máximo de emisiones de X de 50 toneladas anuales. Además, supongamos que las funciones de costos totales de reducción de emisiones de las fuentes son $C_A = 100 + 1.5X_A^2$ y $C_B = 100 + 2.5X_B^2$, por lo que los costos marginales de abatimiento son $CMg_A = 3X_A$ y $CMg_B = 5X_B$, donde X_A y X_B corresponden a las emisiones de cada fuente, en toneladas.

Si la autoridad optase por una regulación de CYC estableciendo un límite o cupo máximo de emisiones¹³ (no transable) de 25 toneladas por año para cada fuente, A estaría obligado a reducir 15 toneladas por año y B estaría

obligado a reducir 25 toneladas por año para dar cumplimiento a las metas establecidas por la autoridad, obteniéndose una reducción total de 40 toneladas anuales. El cumplimiento de la meta ambiental bajo un sistema de CYC tendría un costo total para las fuentes de \$2.100 (\$437.5 para A y \$1.662.5 para B).

Sin embargo, si la autoridad entregase los mismos cupos de emisiones individuales, 25 toneladas para A y B, y permitiese el intercambio libre entre las fuentes por medio de un sistema de permisos transables, existirían incentivos para que las fuentes intercambiasen sus cupos. Esto, debido a que los costos marginales de reducción de A son menores que los de B, por lo que B tiene incentivos para comprarle cupos de emisión a A, y A tiene incentivos para vender algunos cupos a B, realizando reducciones adicionales a las exigidas (el costo de las reducciones adicionales para A es menor que el precio que obtendría por la venta de sus permisos a B).

El precio de equilibrio que surgiría de un sistema de permisos transables que se comporte como un mercado competitivo sería \$75, el que aparece de la curva de costos marginales de abatimiento de la industria $CM_I = \frac{15}{8}X$, donde $X = X_A + X_B = 40$, que corresponde a la suma horizontal de las curvas de costos marginales individuales.

Tal como señalamos, en el equilibrio la firma B (de costos altos) tiene incentivos para comprar algunos cupos de emisión a la firma A (de costos bajos), y esta tiene incentivos para vendérselos. De hecho, B le compra 10 permisos a la firma A, a \$75 cada uno, ahorrándose la diferencia entre el costo de realizar las reducciones por sí misma y el costo de los permisos de A. El intercambio finaliza con A manteniendo 15 permisos en su poder (vende 10 permisos a B), y con B manteniendo 35 permisos (25 propios más 10 permisos que compra de A). Es decir, después del intercambio, A deberá abatir 25 toneladas anuales y B deberá abatir 15 toneladas anuales para cumplir con las autorizaciones otorgadas por los permisos. Estos resultados se muestran comparativamente en la Tabla N° 3.

¹² Ejemplo tomado de Perman, R., Y. Ma, et al. (2003). "Natural Resource and Environmental Economic".

¹³ Un permiso o cupo de emisión equivale a una autorización anual para emitir una tonelada de X.

Tabla N° 3: Resumen de Reducciones y Costos, CYC v/s PET

	A	B	A+B
Emisiones caso base	40	50	90
Cupos bajo CYC (ton/año)	25	25	50
Reducciones requeridas bajos CYC (ton/año)	15	25	40
Costo total reducciones CYC (\$)	473,5	1.662,5	2.100
Emisiones caso base	40	50	90
Cupos bajo PET (ton/año)	25	25	50
Reducciones requeridas bajos PET (ton/año)	25	15	40
Costo total reducciones PET (\$)	1.037,5	662,5	1.700

Bajo un sistema de PET el costo total de abatimiento es \$1.700, de los cuales \$1.037,5 corresponden a A (que reduce 25 toneladas) y \$662.5 corresponden a B (que reduce 15 toneladas). Lo interesante de permitir el intercambio entre las fuentes es que se pueden alcanzar las mismas reducciones que con medidas de CYC (40 toneladas por año) pero a costos sustancialmente menores. De hecho, el ahorro neto es \$400 por año, lo que se muestra gráficamente en la Figura N° 4. En esta se aprecian los costos marginales y totales de abatimiento de las firmas bajo CYC y PET (paneles izquierdo y derecho respectivamente). En ambos esquemas, el costo total de las reducciones corresponde al área bajo la curva de

costos marginales, sombreado claro en el caso de A y más oscuro en el caso de B. La diferencia es que con CYC ambas firmas deben reducir la misma cantidad de emisiones, en cambio, en el caso de los PET se aprecia que la firma A realiza reducciones adicionales por la venta de 10 cupos a la firma B, minimizándose el costo total de abatimiento.

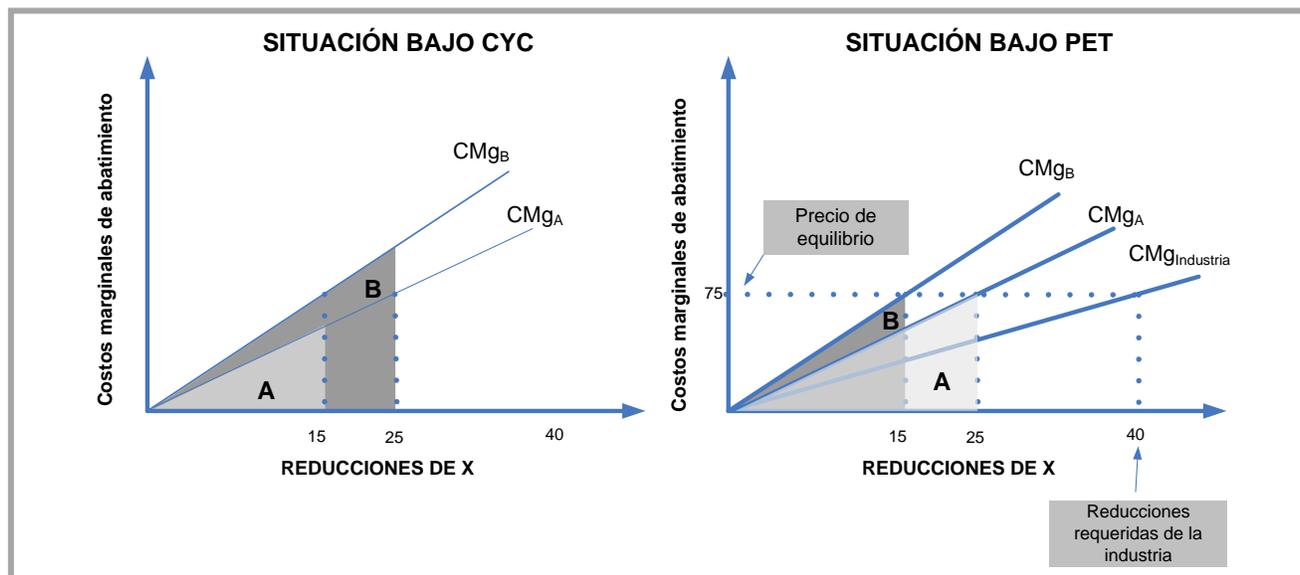
Lo interesante de estos resultados es que son independientes de la forma en que se asignan inicialmente los cupos, por lo que permitir el intercambio entre las firmas asegura el cumplimiento de la meta a un costo mínimo. Eso si, como todo mercado es necesario asegurar que la

operación del sistema se de en un marco competitivo para asegurar un resultado eficiente.

V. Experiencias Internacionales

A nivel mundial, este tipo de programas se han enfocado en la reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI), asociados al fenómeno de cambio climático. Leung et al. (2009) reportan un listado de las principales experiencias en este ámbito entre los que destacan el "Emission

Figura N° 4: Reducciones con dos firmas, CYC v/s PET



Trading Scheme” de la Unión Europea, el “GHG Emission Trading Program” del Reino Unido, entre otras.

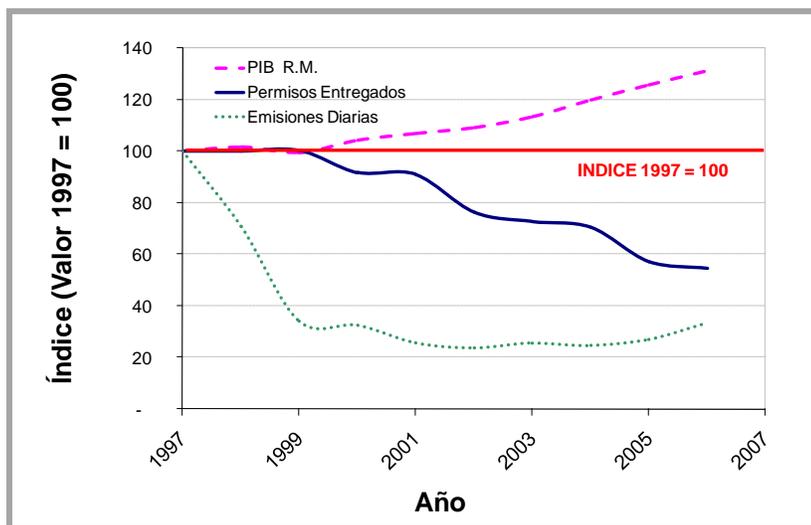
Sin embargo, el uso de este tipo de mecanismos con contaminantes atmosféricos locales, como material particulado, óxidos de nitrógeno, etc., ha sido más limitado. Estados Unidos ha sido el precursor en la implementación de C&T con contaminantes locales. Entre los programas más exitosos se cuentan el RECLAIM y el de la “Lluvia Acida”, para NO_x y SO₂, además del “NO_x Budget Trading Program”¹⁴.

En general, tanto los reportes oficiales como los estudios académicos muestran que estos programas han cumplido con un margen importante las metas ambientales establecidas por las autoridades, con ahorros de costos muy significativos en comparación a los que se hubiesen obtenido si las regulaciones se hubiesen basado en mecanismos de CYC¹⁵. De hecho, reducir contaminación con medidas de CYC puede costar entre 1.07 y 22 veces más que con instrumentos de mercado, para un mismo estándar de calidad ambiental¹⁶.

Nuestro país también tiene experiencia en el uso de este tipo de instrumentos. La R.M. cuenta con un mercado de emisiones más conocido como el “sistema de compensación de emisiones de la industria”, el que comenzó a regir en 1997 y cuyo objetivo era reducir las emisiones de partículas estableciendo un límite (“cap”) global y cupos individuales para los grandes emisores industriales¹⁷. Además, el programa establece que todas las fuentes nuevas deben compensar sus emisiones de NO_x y PM₁₀. A diferencia de los esquemas anteriores, este sistema de transacciones es del tipo “credit-based”, es decir, las fuentes pueden transar las reducciones obtenidas sobre sus límites individuales considerando una base permanente.

Coria y Sterner (2008) en un estudio reciente realizan un acabado análisis del funcionamiento del sistema, destacando el cumplimiento de las metas de emisión por parte de la industria, aun cuando señalan que una serie de problemas de diseño han limitado su efectividad y eficiencia. Por ejemplo, mencionan la no instalación de sistemas de monitoreo adecuados, la excesiva asignación inicial de permisos, los elevados costos de transacción, las penalizaciones poco definidas, entre otros puntos.

Figura N° 5: Cumplimiento de Metas de Emisión Industria v/s PIB Región Metropolitana



Fuente: Banco Central y Coria y Sterner (2008).

Sin embargo, esta experiencia es un buen ejemplo de que un sistema permisos transables permite compatibilizar crecimiento económico y reducción de la contaminación, y que además pueden constituir una buena alternativa para países en vías de desarrollo, los que necesitan compatibilizar adecuadamente las necesidades de crecimiento con la protección del medio ambiente. Esto se refleja en la Figura N° 5, la que muestra la evolución del PIB de la R.M. versus el número de permisos de emisión otorgados y las emisiones reales de la industria bajo el sistema de compensaciones.

Desde el año 1997 hasta el 2007, el PIB regional creció poco más de un 30%, en tanto, las emisiones diarias y la cantidad de permisos disponibles han disminuido significativamente. Aun cuando el gas

¹⁴ En realidad, este programa reemplazó a una experiencia anterior llamada “Ozone Transport Commission - NO_x Budget Program”, cuyo objetivo era controlar precursores del Ozono.

¹⁵ Las principales características y resultados de estos programas se resumen en los anexos de este documento.

¹⁶ Valores reportadas por Perman, R., et al. (2003) en base un estudio realizado por Tietenberg (1990).

¹⁷ Establecido mediante el Decreto Supremo N° 4 en 1992 actualizado por el DS16 en el año 1998, afecta a calderas y grandes procesos industriales de la R.M.

natural argentino tuvo un rol importante en la disminución de las emisiones de la industria, las restricciones de abastecimiento no han afectado mayormente los niveles de cumplimiento. De hecho, en el 2005 la industria era el único sector que cumplía sus metas de emisión de PM₁₀, de acuerdo a los datos del inventario de emisiones del DICTUC (2007). Coincidentemente, este es el único sector en que la estrategia predominante de control de emisiones ha sido sobre la base de instrumentos de mercado.

VI. Características de un “*Cap and Trade*” para la R.M.

Todos los antecedentes expuestos refuerzan la idea de que es necesario reformar el sistema de compensaciones de la industria, profundizando sus mecanismos hacia un sistema tipo *C&T* que incorpore a los mayores emisores de la R.M., incluyendo fuentes móviles. Nuestra institucionalidad ambiental lo permite: de hecho, el artículo 48 de la Ley de Bases del Medio Ambiente así lo establece al señalar que estas materias deben regularse mediante una ley especial, lo cual lamentablemente aún no sucede¹⁸.

De acuerdo a los fundamentos teóricos y la evidencia empírica, hay aspectos clave del diseño que hacen el intercambio en sistemas de permisos más eficiente. En primer lugar, los permisos deben tener un nivel apropiado de estabilidad jurídica y los derechos de transacción deben estar claramente definidos, no sujetos a aprobación caso a caso, siguiendo una lógica “*Coaseana*”¹⁹. En segundo lugar, la flexibilidad tanto espacial como temporal es positiva para el intercambio y los incentivos, para lo cual deben considerarse mecanismos de acumulación de permisos (“*banking*”).

¹⁸ Dicha ley, conocida como “*Ley de Bonos de Descontaminación*”, se discutió en forma pública en 1999 a través de una serie de reuniones llevadas a cabo por la CONAMA, y fue enviada a firma del Presidente de la República en diciembre del 2002. En el año 2003 ingresó a trámite legislativo, donde no se han registrado avances desde el segundo semestre del mismo año.

¹⁹ De acuerdo a Ronald Coase, premio Nóbel de Economía en 1991, las externalidades pueden ser corregidas eficientemente asignando derechos de propiedad a los involucrados y dejando que las partes negocien directamente. Estos planteamientos fueron expuestos en uno de los trabajos más influyente de la economía moderna, “*The Problem of Social Cost*”, publicado en el *Journal of Law and Economics* en 1960.

En tercer lugar, es necesario contar con un sistema de administración claro y eficiente que minimice los costos de transacción, algo también propio de Coase, y que establezca penalidades definidas en caso de incumplimiento (incumplir debe ser más costoso que comprar permisos). Para esto se debe permitir la inclusión del sector privado en la intermediación, y diseñar sistemas de monitoreo y medición robustos, de manera de asegurar el cumplimiento de las emisiones asignadas.

La incorporación de privados en la supervisión del cumplimiento de las metas y la disponibilidad de herramientas tecnológicas son elementos clave en este sentido, lo que se probado con éxito en los *C&T* americanos. De hecho, la agencia medioambiental de EE.UU. (EPA) administra una plataforma electrónica interactiva, el *CAMD Business System (CBS)*, que permite realizar todas las transacciones on-line, y llevar un sistema de monitoreo de cumplimiento anual. Esto, además, permite a la comunidad chequear el nivel de cumplimiento de las fuentes, aumentando los niveles de fiscalización. En este mismo sentido, mientras más información se entregue a los interesados y al público, más efectivo se hace el sistema.

Además, si las características de las emisiones y la logística de monitoreo lo permiten, el sistema debe incluir a tantas fuentes y contaminantes como sea posible. En el caso de la R.M., además de las fuentes fijas industriales, deberían incorporarse el transporte público y las flotas de carga, dejándose abierta la posibilidad de que se incorporen los vehículos livianos y las estufas de combustión a leña, por medio de la entrega de permisos a los importadores. En este sentido, una estrategia adecuada sería incorporar gradualmente a las fuentes, así como retirar permisos del mercado de manera secuencial hasta lograr que el total de permisos en poder de las fuentes sea equivalente a la emisión máxima permitida en la cuenca²⁰. En esta misma línea, es clave la asignación inicial de permisos aun cuando la literatura establece que el mecanismo considerado no incide en el resultado final. Lo relevante es que el total de permisos entregados guarde relación con la meta ambiental.

²⁰ Corresponde al nivel máximo de emisiones que aun permite dar cumplimiento a todas las normas de calidad ambiental.

VII. Comentarios Finales

Considerando el inventario de emisiones del DICTUC para el año 2010, un C&T en la R.M. para las fuentes señaladas podría abarcar potencialmente hasta el 34% de las emisiones totales de PM₁₀, es decir, 9.258 ton/año, cifra que debería reducirse a poco más de la mitad para cumplir la meta especificada en el PPDA para el año 2011. De la misma manera, este sistema podría potencialmente incorporar hasta el 90% de las emisiones de NO_x y el 95% de las emisiones de SO₂²¹, lo cual también permitiría cumplir las metas del PPDA, y reducir significativamente las concentraciones de ozono y PM_{2,5}.

Finalmente, y a partir de la experiencia internacional que estima que el uso de mecanismos de C&T genera ahorros de hasta un 40% con respecto a los sistemas tradicionales de CYC²², la aplicación de un sistema de permisos en la R.M. con las características señaladas podría haber generado potenciales ahorros por sobre los US\$ 300 millones, considerando los costos privados del PPDA y sus actualizaciones.

Estos ahorros hubiesen permitido, entre otras cosas, pavimentar 5.7 millones de m² de calles (algo así como 814 kilómetros lineales), o bien, construir más de 1.000 hectáreas nuevas de parques y áreas verdes en la R.M.²³, contribuyendo significativamente en la descontaminación y el mejoramiento de la calidad de vida sus habitantes.

²¹ En el caso del NO_x, un C&T para las fuentes señaladas podría abarcar hasta 53.777 ton/año, cifra que debería reducirse en 31.000 ton/año para dar cumplimiento a la meta del PPDA. En el caso del SO₂, un C&T para las fuentes señaladas podría abarcar hasta 5.563 ton/año, sin embargo, las metas establecidas por el PPDA se estaría cumpliendo de acuerdo a las proyecciones de los inventarios de emisiones.

²² Estimación obtenida del reporte oficial del programa RECLAIM realizado por la EPA, "Evaluation of the SCAQMD Regional Clean Air Incentives Market - Lessons in Environmental Markets and Innovation", Noviembre 2002.

²³ En el caso de la pavimentación, se considera el valor referencial de pavimentación en hormigón entregado por SERVIU, que es aproximadamente \$30.000 el m² y un ancho de la vía de 7 metros. En el caso de las AA.VV. se consideran valores referenciales del Banco Integrado de Proyectos de MIDEPLAN.

VIII. Referencias Bibliográficas

- Cifuentes L., Lave L., et al. (2000). "Effect of the fine fraction of particulate matter vs. The coarse mass and other pollutants on daily mortality in Santiago, Chile." Journal of the Air & Waste Management Association **50**: 1287-1298.
- Coria, J. y T. Sterner (2008). "Tradable Permits in Developing Countries." Discussion Paper (RFF DP 08-51).
- DICTUC (2007). Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la R.M. – Escenario 2005. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DICTUC (2007). Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la R.M., Escenario 2010. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Jerrett, M., R. T. Burnett, et al. (2009). "Long Term Ozone Exposure and Mortality." The New England Journal of Medicine **360**(11): 1089-1095.
- Leung, D. Y. C., D. Yung, et al. (2009). "An overview of emissions trading and its prospects in Hong Kong." Environmental Science & Policy **12**: 92-101.
- Ostro, B. D. (1998). "Cómo Estimar los Efectos de la Contaminación Atmosférica en la Salud " Estudios Públicos **69**(Verano): 105-113.
- Perman, R., Y. Ma, et al. (2003). Natural Resource and Environmental Economic, 3rd Edition, Pearson Education Limited.
- Pope III, A., M. Ezzati, et al. (2009). "Fine Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States." The New England Journal of Medicine **360**(4): 376-386.

IX. Anexo

Descripción de Programas C&T para contaminantes locales en EEUU

Programa	País / Alcance	Características	Resultados
RECLAIM	EE.UU. (Los Angeles) / El objetivo es disminuir las emisiones de NO _x en un 75% y las de SO ₂ en un 61% respecto de 1987.	Establecido en 1993, se propuso como meta reducir las emisiones de NO _x y SO ₂ en un plazo de 10 años. Se incluyeron más de 300 fuentes fijas emisoras en el caso del NO _x , y 33 en el caso del SO ₂ .	Se han logrado reducciones de un 62% (15.758 ton/año) y 50% (3.611 ton/año) en las emisiones de NO _x y SO ₂ en relación a 1993, y se han cumplido las metas de emisión todos los años, salvo el caso del NO _x en el 2000 y 2001. Las tasas de cumplimiento de las firmas han estado entre un 96 a 98%, y las emisiones han sido en promedio un 20% menores que el total de permisos entregados. La SCAQMD proyectó ahorros anuales para las firmas por US\$57.2 millones (moneda de 1987) en el periodo 1994-1999 con relación al gasto por medio de sistemas de C&C. Esto representa un potencial de ahorro del 42%.
Lluvia Ácida	EE.UU. (múltiples estados) / El objetivo es disminuir las emisiones de contaminantes precursores de lluvia ácida (NO _x y SO ₂).	Creado a partir del título IV del Acta de Aire Limpio, en 1990, puesto en marcha en 1994.	En el año 2007, las emisiones de SO ₂ estuvieron por primera vez por debajo del límite establecido para el año 2010, representando un 57% de las emisiones anuales de 1990. De la misma manera, las emisiones de NO _x han disminuido sostenidamente. La razón beneficio/costo en salud pública generados por el programa se ha estimado cercana a 40:1. El precio promedio de la tonelada de SO ₂ en 2007 fue US\$325.
NO _x Budget Trading Program	EE.UU. (múltiples estados) / El objetivo es disminuir las concentraciones de Ozono por medio del control de uno de sus precursores (NO _x).	El programa es tipo Cap and Trade, pero considera Caps regionales, para plantas de generación y grandes fuentes. Creado en el año 2002.	Las reducciones de las emisiones estacionales de NO _x han estado un 5% por debajo de la meta, y 60% del nivel observado en el 2002, con un 99% de cumplimiento de las fuentes. Las metas se han cumplido en 4 de 5 años de funcionamiento del programa (reporte 2007). Además, han caído las concentraciones de Ozono un 10% entre 2002 y 2007. Los precios se han estabilizado en torno a los US\$1000 por tonelada.

Fuente: Según reportes oficiales de los programas, disponibles en www.epa.gov y <http://www.aqmd.gov/>