

**DISEÑO DE FISCALIZACIÓN Y EVALUACIÓN
DE CUMPLIMIENTO EN EL PROGRAMA DE
COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE SANTIAGO***

**Milagros Palacios,
Carlos Chávez**

Este artículo provee una revisión exhaustiva del diseño de fiscalización utilizado en el Programa de Compensación de Emisiones (PCE) de la ciudad de Santiago de Chile, y una evaluación de desempeño del mismo en términos de su cumplimiento. Nuestro análisis indica que el PCE ha sido afectado desde su inicio por la incidencia de violaciones individuales tanto de los permisos de capacidad máxima de emisión como también del límite de concentración de emisiones.

MILAGROS PALACIOS. Candidata a Magíster, Programa Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Instructor, Departamento de Economía, Universidad de Concepción. E-mail: mipalaci@udec.cl.

CARLOS CHÁVEZ. Ph.D. en Economía Ambiental y de Recursos Naturales, University of Massachusetts, Amherst, Estados Unidos. Profesor Asistente, Departamento de Economía y Programa Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Universidad de Concepción. E-mail: cchavez@udec.cl.

* Agradecemos al SESMA, particularmente a Marta Zamudio, del Subdepartamento de Calidad del Aire, por la información proporcionada relativa al Programa de Compensación de Emisiones. Asimismo, agradecemos los comentarios y útiles sugerencias de dos árbitros anónimos que han contribuido a mejorar este trabajo. Los errores que persistan son de nuestra exclusiva responsabilidad. Los puntos de vista expresados en este artículo son de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometen a instituciones y/o personas mencionadas anteriormente. Finalmente, nuestro agradecimiento a Jorge Dresdner por leer el primer borrador de este artículo y sugerir su publicación en esta revista.

La evidencia analizada sugiere que, durante los últimos años del período estudiado, la presencia de emisiones diarias declaradas que exceden los permisos de capacidad de emisión a nivel de fuentes individuales coexiste con sobre-cumplimiento agregado de dicha capacidad máxima de emisión. En general, se observa que la incidencia de violaciones tiende a reducirse en el tiempo. En base al análisis de diseño de fiscalización y resultados, se discuten recomendaciones de política que pueden contribuir a mejorar el cumplimiento del programa.

1. Introducción

En los últimos años se ha suscitado un creciente interés por utilizar incentivos económicos, ya sea a través de la aplicación de impuestos o sistemas de permisos de emisión transferibles, para solucionar de una forma costo efectiva los problemas de contaminación atmosférica. Aunque en su mayor parte la aplicación de este tipo de sistemas ha tenido lugar en los Estados Unidos, algunos países en vías de desarrollo han iniciado de manera incipiente la implementación de diversas formas de regulación basados en incentivos económicos (Banco Mundial, 1997). En Chile, por ejemplo, se estableció durante el año 1992 el Programa de Compensación de Emisiones (PCE), el cual contribuye, desde entonces, a los esfuerzos destinados a controlar las emisiones de partículas totales en suspensión (PTS) generadas en la ciudad de Santiago¹.

Si bien desde un punto de vista conceptual las ganancias de eficiencia originadas por la aplicación de un sistema de permisos de emisión transferibles han sido ampliamente discutidas en la literatura, un número importante de autores ha llamado la atención respecto a que la obtención de dichas ganancias depende de las tasas de cumplimiento que se logren; las cuales, a su vez, dependen críticamente del diseño y proceso de fiscalización para inducir el cumplimiento. Aun cuando los estudios se han solido centrar en las consecuencias de un diseño inapropiado de fiscalización, no se han destinado mayores esfuerzos a estudiar cómo dichos sistemas debieran ser fiscalizados. Ciertamente, aun más incipiente parece ser el análisis empírico

¹ Dos de los más prominentes sistemas de permisos de emisión transferibles en aplicación en Estados Unidos son el Sulfur Dioxide Allowance Trading Program (EPA-SO₂), destinado al control de la lluvia ácida, y el Regional Clean Air Incentives Markets (RECLAIM), programa que contribuye a los esfuerzos de descontaminación en el área urbana de Los Angeles, California (para más detalles de alcances, diseño y resultados de estos programas, véanse por ejemplo, Schmalensee *et al.*, 1998; y Schwarze y Zapfel, 2000).

del diseño de fiscalización y de los resultados de cumplimiento de los programas actualmente en ejecución, particularmente en el caso de países en desarrollo. (Para una revisión de diseño de fiscalización y resultados de cumplimiento en el marco de los programas EPA-SO₂ y RECLAIM, véase Stranlund, Chávez y Field, 2002.)

En el ámbito nacional, los estudios que han analizado el PCE de Santiago, si bien han planteado que éste adolece de problemas de diseño, incluyendo entre otros el de la fiscalización, han estado orientados básicamente a evaluar el funcionamiento del mercado de permisos de capacidad de emisión (véase por ejemplo O’Ryan, 2002; Montero *et al.*, 2001, y O’Ryan *et al.*, 2000). De acuerdo con nuestro conocimiento, no existen estudios que hayan abordado de manera específica y en detalle los aspectos de diseño de estrategias de fiscalización, o los resultados, en términos de cumplimiento y violaciones, de este programa.

Este artículo provee una revisión del diseño de fiscalización del Programa de Compensación de Emisiones (PCE) de la ciudad de Santiago de Chile, así como una evaluación de los resultados, en términos de cumplimiento, alcanzados durante la ejecución del programa². Se analiza críticamente el funcionamiento de tal diseño y se discuten recomendaciones para refinarlo, o que contribuyan al diseño de futuros programas cuyo objetivo sea mejorar la calidad ambiental mediante una política basada en la utilización de instrumentos de mercado. El artículo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta una descripción detallada de la estructura del programa y un análisis del desempeño del mercado generado. En la sección 3, se describen aspectos de diseño de fiscalización —auditoría para detectar violaciones y sanciones en el caso en que una violación sea efectivamente detectada— en el marco del PCE de la ciudad de Santiago. Adicionalmente, en la sección 4 se evalúan los resultados en términos de cumplimiento individual y agregado de las fuentes que participan en el programa. En la sección 5, se presenta un análisis crítico de los aspectos de fiscalización del PCE. Formulamos aquí recomendaciones de política que ayuden a refinar las estrategias de fiscalización actualmente en uso en este programa, o que alternativamente contribuyan a la implementación de otros programas que tiendan a lograr niveles adecuados de cumplimiento.

² En el contexto de este artículo, entendemos por fiscalización el conjunto de acciones destinadas a inducir el cumplimiento de los agentes bajo regulación. Dichas acciones incluyen típicamente revisiones o auditorías con el fin de detectar violaciones, y la aplicación de sanciones en el caso que una violación sea descubierta. En este sentido, utilizamos aquí el término “fiscalización” como sinónimo de la palabra inglesa *enforcement*.

2. Estructura básica del PCE de Santiago y desempeño del mercado

Considerando que nuestro propósito es estudiar el diseño de fiscalización y el desempeño en términos de cumplimiento del PCE de la ciudad de Santiago, esta sección está destinada a evaluar de manera comprensiva aspectos del diseño general del PCE. La sección se organiza en tres partes. En la primera parte, presentamos una descripción general del programa, destacando su objetivo original, aspectos relativos a su creación y asignación de los permisos de capacidad de emisión. En la segunda parte, se presenta una descripción de la operación del programa y de las unidades sujetas a regulación. La tercera parte reporta brevemente evaluaciones previas respecto al funcionamiento del mercado de permisos de emisión asociado al programa.

2.1. Descripción general y objetivo del programa

Con el fin de contribuir de una manera costo efectiva a la solución del problema que afecta a la ciudad de Santiago debido al creciente desarrollo industrial y los deficientes niveles de calidad de aire correspondientes a las partículas totales en suspensión (PTS), se estableció, mediante el Decreto Supremo N° 4 (DS 4), de marzo de 1992, el Programa de Compensación de Emisiones (PCE). El objetivo del PCE es controlar y reducir las emisiones diarias de PTS provenientes de las fuentes industriales fijas de cierto tamaño ubicadas dentro de la Región Metropolitana³. Mediante el DS 4, también se creó el Programa de Control de las Emisiones de las Fuentes Fijas (PROCEFF), unidad administrativa dependiente del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA), el cual se encargaría de la fiscalización del cumplimiento de las normas de emisión atmosférica⁴.

En el marco de la implementación del PCE, se entregaron permisos de capacidad máxima de emisión diaria a fuentes estacionarias puntuales, existentes a marzo de 1992⁵. Inicialmente, las fuentes incluidas dentro del

³ El material particulado respirable (PM10) está considerado dentro de la clasificación de las partículas totales en suspensión (PTS).

⁴ En julio del año 2000, el PROCEFF fue desactivado, siendo creado el Subdepartamento de Calidad del Aire, el cual desde entonces ha asumido las responsabilidades del PROCEFF.

⁵ En este artículo nos referimos a permisos de capacidad máxima de emisión, a pesar de que el DS 4 es, en nuestra opinión, ambiguo y no aclara si lo asignado a las fuentes involucradas constituye un derecho, o una autorización o permiso. En el Artículo 6 del DS 4 se menciona solamente que las fuentes no podrán emitir más de la cantidad autorizada según

PCE fueron las calderas industriales, las calderas de calefacción, los generadores de vapor y los procesos industriales. Sin embargo, estos últimos luego fueron excluidos debido a la complejidad para estimar sus emisiones y efectuar un adecuado seguimiento de las disposiciones estipuladas por el DS 4⁶.

Desde el punto de vista del diseño, las fuentes fueron clasificadas en existentes y nuevas. Se consideraron como fuentes existentes todas aquellas que estaban registradas o habían iniciado las gestiones para ser registradas a la fecha de la publicación del DS 4. Las fuentes nuevas se definieron como todas aquellas que se registraron con posterioridad a la fecha de publicación del DS 4.

Las fuentes existentes recibieron una asignación de permisos de capacidad máxima de emisión, denominados emisión diaria inicial (EDI). Estos permisos fueron distribuidos, por única vez, en forma gratuita y de manera proporcional al caudal de flujo de emisiones de la fuente y a una tasa de emisiones predeterminada. Esta última fue definida en un nivel uniforme para todas las fuentes existentes a la fecha de creación del programa (Montero *et al.*, 2001)⁷. Cada unidad de EDI confiere a su propietario el permiso a emitir un kilogramo diario de PTS a perpetuidad. La regulación del PCE estableció que los EDI pueden ser utilizados solamente para el cumplimiento de los compromisos diarios para el cual el permiso fue creado, por lo que no se permite el almacenamiento de los mismos. El programa tampoco considera la posibilidad de utilizar permisos asignados para períodos posteriores para propósitos de cumplimiento presente. Los EDI pueden ser transados a perpetuidad⁸.

la fórmula especificada en este artículo. Estudios previos sobre el programa utilizan indistintamente ambos términos. Adicionalmente, se considera una fuente estacionaria puntual a toda aquella cuyo caudal o flujo volumétrico de emisión es mayor o igual a 1000 m³/hr, bajo condiciones estándar (25 °C de temperatura y presión de 1 atm), medido a plena carga. Fuentes con flujo volumétrico menor se catalogan como fuente estacionaria grupal.

⁶ No obstante que el DS 4 se promulgó en marzo de 1992, el PCE empezó recién a operar a inicios de 1993. Se considera por tanto este último año el primer período de cumplimiento del programa. Durante el año 1992, se realizó el catastro de las fuentes existentes y se les entregaron a éstas los permisos.

⁷ Se denomina tasa de emisión a la concentración de emisiones. La tasa utilizada uniformemente para el cálculo de la asignación de permisos fue 56 mg/m³. Específicamente, la fórmula utilizada para asignar los permisos de capacidad máxima de emisión diaria (EDI) para las fuentes existentes está dada por: $EDI \text{ (Kg./día)} = F_o \text{ (m}^3/\text{hr)} * 24 \text{ (hr/día)} * C_o \text{ (mg/m}^3) * 10^{-6} \text{ (Kg./mg)}$. Donde: F_o es el caudal de flujo de emisiones corregido por exceso de aire y medido a plena carga, es decir al máximo de capacidad de funcionamiento de la fuente independientemente del proceso de producción, contemplando los parámetros de diseño de la fuente y C_o es la concentración de emisiones. (DS 4, 1992).

⁸ Aun cuando la posibilidad de arrendamiento anual de permisos entre las fuentes estuvo contemplada en el diseño original del PCE, es interesante mencionar que ésta sí se ha presentado al menos en una oportunidad (Montero *et al.*, 2001). Aparentemente, la posibilidad de arrendamiento del derecho de capacidad de emisión no está claramente establecida.

El total de EDI entregados entre las 562 fuentes existentes a marzo de 1992 fue de 4.604,1 Kg./día, o su equivalente de 1.657,5 Ton/año⁹. Si bien es cierto que el DS 4 determina la manera de asignar los EDI a las fuentes existentes a marzo de 1992, recién con el DS 812 de 1995 se complementó el procedimiento de compensación de emisiones para fuentes estacionarias puntuales y recién con la publicación de este DS se pudo asignar en forma retroactiva los permisos.

Adicionalmente, en el diseño original del programa se estableció que las fuentes nuevas o la expansión de fuentes existentes no recibirían permisos de capacidad máxima de emisión, debiendo cubrir sus emisiones compensando con fuentes existentes en el mercado, previa aprobación del Subdepartamento de Calidad del Aire (ex PROCEFF)¹⁰.

2.2. Caracterización de las fuentes

La caracterización de las fuentes reguladas bajo el PCE que se presenta a continuación considera tanto su número y composición, el tipo de equipo que éstas emplean y su antigüedad, así como también el tipo de combustible utilizado en su operación. En la Tabla N° 1 se presenta un resumen de las fuentes consideradas dentro del PCE para el período 1993-1999¹¹. Se describe allí la evolución de las fuentes existentes y su composición (nuevas e inactivas) a través del tiempo. Según se detalla, el número de fuentes dentro del PCE se ha reducido durante el período considerado. Así, mientras en 1993 había 680 fuentes participando en el PCE, en 1999 había poco más de 570. Para efectos de análisis, se consideran las fuentes como inactivas o retiradas en el caso que las mismas hayan declarado en un año particular sus emisiones al ente regulador, y no hayan enviado la declaración de emisiones en los años posteriores por motivo de paralización de operaciones. A pesar de que estas fuentes se encuentren inactivas, se contabilizan como fuentes dentro del programa¹². La disminución en el tiempo

⁹ Con el objeto de tener una idea de la importancia relativa del programa en el control del problema de contaminación del aire por PTS en la ciudad de Santiago, considérese que según el inventario de emisiones realizado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) en el año 1997, las fuentes incluidas dentro del PCE son responsables aproximadamente del 4% de las emisiones totales de PTS.

¹⁰ Se denomina compensación a un acuerdo entre los titulares de las fuentes, en el que una de las partes practica una disminución en sus emisiones de material particulado al menos en el monto en el que otro aumenta.

¹¹ Para efectos de investigación, no se ha considerado el año 1994, ya que el SESMA no cuenta con información para dicho año.

¹² Esto quiere decir que, por ejemplo, si en el año 1995 se contabilizaron 620 fuentes ya puestas en marcha desde el año 1993, 60 de ellas se encontraban inactivas en dicho año.

TABLA N° 1: FUENTES PARTICIPANDO EN EL PCE: 1993-1999

		1993	1995	1996	1997	1998	1999
Fuentes del período anterior ^a	Existentes	562	550	504	430	365	365
	Indefinidas	79	31	3	7	6	0
	Nuevas		39	109	124	139	195
Total fuentes período anterior ^b		641	620	616	561	510	560
Nuevas del período corriente ^c		39	70	15	15	56	13
Inactivas ^d			60	75	74	67	8
Total fuentes período corriente ^e		680	690	631	576	566	573
Existentes ^f		562	550	504	430	365	365
Indefinidas		79	31	3	7	6	0
Nuevas acumulación		39	109	124	139	195	208
Total fuentes anuales por año ^g		680	690	631	576	566	573

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por el Subdepartamento de Calidad del Aire - SESMA (2002).

^a Se considera que las fuentes que están desde el período anterior son aquellas que declararon sus emisiones en el período anterior y en el período corriente. Estas fuentes pueden ser existentes, nuevas o indefinidas.

^b Es la suma de las fuentes existentes, nuevas e indefinidas del período anterior.

^c Se considera que las fuentes nuevas son aquellas que solamente declararon emisiones en el período corriente, pero no declararon emisiones en el período anterior.

^d Se considera que las fuentes se retiraron o están inactivas en el caso que declarasen emisiones en el período anterior pero no declaren emisiones en el período corriente.

^e Es la suma del total de fuentes del período anterior, nuevas del período corriente e inactivas.

^f Se considera la fuente como existente, si se le asignaron EDI en el año 1993.

^g Es la suma de las fuentes existentes, indefinidas y nuevas en un determinado período. Este resultado coincide con el punto (e).

de las fuentes indefinidas reportada en la Tabla N° 1 se debe a que se ha ido definiendo de manera más precisa la condición de dichas fuentes.

Un resumen de las características de las fuentes participando en el PCE para el período considerado se encuentra en la Tabla N° 2. Se incluye allí información referida a tipos de equipo utilizados por las fuentes, el sector industrial al cual pertenecen, el período de instalación, el equipo de abatimiento del cual disponen y el tipo de combustible utilizado.

De los tipos de equipo considerados en el PCE, los más numerosos son los generadores de vapor. Según se observa en la Tabla N° 2, mientras entre 1993 y 1999, aproximadamente un 60% del total de las fuentes son

generadores de vapor, un 20% son calderas de calefacción, en tanto que el 20% restante son calderas industriales.

La mayor parte de las fuentes inscritas dentro del PCE pertenecen al sector secundario, es decir, son fuentes que se encuentran dentro de firmas del rubro industrial, eléctrico y de la construcción. Asimismo, la mayor parte de ellas —aproximadamente un 95%— habían sido instaladas antes de marzo de 1992, es decir antes de la promulgación del DS 4 (véase Tabla N° 2). La mayor parte de las fuentes que pertenecen al sector secundario son generadores de vapor (50%) y calderas industriales (45%), los cuales en su mayoría fueron instalados antes de marzo de 1992. Asimismo, más del 50% de las fuentes que pertenecen al sector terciario son calderas de calefacción (aproximadamente el 70% del total de calderas de calefacción se encuentran en este sector). Adicionalmente, entre los años 1993 y 1997, aproximadamente un 10% del total de fuentes poseían algún equipo de abatimiento, utilizándolos en su mayoría las calderas industriales y los generadores de vapor. Este porcentaje disminuyó en un 50% para los años 1998 y 1999, es decir durante este período solamente el 5% de las fuentes utilizaban algún tipo de equipo de abatimiento¹³.

Con respecto a los tipos de combustibles utilizados por las fuentes, durante los primeros años del PCE las fuentes emplearon en mayor proporción el petróleo # 2, # 5, # 6 y la leña; pero a partir del año 1997, con la introducción del gas natural, las fuentes incrementaron el uso del mismo (que hasta antes del 97 no se encontraba disponible en el mercado) y disminuyeron el uso de otros combustibles como la leña y los petróleos # 5 y # 6. El incremento casi exponencial de la utilización del gas natural se debe a que éste es un combustible más limpio y menos costoso.

En resumen, una caracterización general de la evolución de las fuentes en el PCE entre 1993 y 1999 sugiere tanto una reducción en el número de fuentes participando en el programa, así como un incremento importante en la utilización de combustibles más limpios, como el gas natural, por ejemplo, por parte de las mismas.

2.3. Funcionamiento del PCE

De acuerdo a su diseño, el PCE tiene las características de un mercado de permisos de emisión transferibles; esto es, las firmas pueden emitir

¹³ Esta reducción en el número de fuentes con equipo de abatimiento a través de los años se debe a la rápida adopción de combustibles más limpios por parte de las fuentes, lo que originó descartar equipos de abatimiento por considerarlos innecesarios.

TABLA N° 2: RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES PARTICIPANDO EN EL PCE : 1993-1999^a

Tipo de equipo	1993		1995		1996		1997		1998		1999	
	N° fuentes	%										
Caldera industrial	104	20,8	103	21,0	98	20,7	81	20,1	68	19,9	68	19,9
	306	61,3	301	61,3	292	61,6	240	59,7	208	60,8	208	60,8
	89	17,8	87	17,7	84	17,7	81	20,1	66	19,3	66	19,3
	499	100,0	491	100,0	474	100,0	402	100,0	342	100,0	342	100,0
Sector industrial	6	1,2	6	1,2	6	1,3	5	1,2	5	1,5	5	1,5
	370	74,1	366	74,5	353	74,5	287	71,4	241	70,5	241	70,5
	123	24,6	119	24,2	115	24,3	110	27,4	96	28,1	96	28,1
Total	499	100,0	491	100,0	474	100,0	402	100,0	342	100,0	342	100,0
Fecha de Instalación	478	95,8	466	94,9	449	94,7	379	94,3	317	92,7	318	93,0
	21	4,2	25	5,1	25	5,3	23	5,7	25	7,3	24	7,0
Total	499	100,0	491	100,0	474	100,0	402	100,0	342	100,0	342	100,0
Equipo de abastimient	55	11,0	64	13,0	64	13,5	48	11,9	17	5,0	19	5,6
	444	89,0	427	87,0	410	86,5	354	88,1	325	95,0	323	94,4
Total	499	100,0	491	100,0	474	100,0	402	100,0	342	100,0	342	100,0
Combustible	14	2,8	13	2,6	15	3,2	21	5,2	88	25,7	104	30,4
	80	16,0	74	15,1	63	13,3	26	6,5	6	1,8	6	1,8
	136	27,3	146	29,7	161	34,0	219	54,5	207	60,5	199	58,2
	180	36,1	173	35,2	145	30,6	67	16,7	22	6,4	17	5,0
	52	10,4	49	10,0	46	9,7	23	5,7	0	0,0	0	0,0
	37	7,4	36	7,3	44	9,3	46	11,4	19	5,6	16	4,7
Total	499	100,0	491	100,0	474	100,0	402	100,0	342	100,0	342	100,0
Sin información completa ^g	181		199		157		174		224		231	
Total ^h	680		690		631		576		566		573	

^aEn la construcción de esta Tabla se consideraron solamente a aquellas fuentes que poseían toda la información completa, de ahí que el número total de fuentes anotado para cada año sea menor que el total de fuentes presentado en la Tabla N° 1.

^bPesca, agricultura y minería.

^cIndustrial, electricidad, gas y agua, construcción.

^dServicios.

^eGas natural, gas de cañería y/o gas licuado.

^fAserrín, kerosene, lef. superleef, LMFO.

^gNúmero de fuentes que no cuentan con información completa.

^hTotal de fuentes participando en el PCE, considerando a todas aquellas con o sin información completa.

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por el Subdepartamento de Calidad del Aire - SESMA (2002).

hasta un nivel consistente con los permisos de que dispongan¹⁴. Sin embargo, el PCE contempla una restricción respecto al nivel de concentración de emisiones. En efecto, las fuentes operando bajo el programa están sujetas a un límite de concentración de emisión que no puede ser excedido bajo ninguna circunstancia. Este límite de concentración máxima es de 112 mg/m³. En el caso de las fuentes existentes, la concentración considerada en la fórmula para la entrega de EDI, 56 mg/m³, está por debajo de este límite máximo.

Desde un punto de vista operativo, las fuentes existentes deben cubrir su emisión diaria declarada (EDD) con los EDI asignados más una eventual adquisición adicional de éstos. Las diferencias entre el EDI y EDD pueden transarse, siempre y cuando la concentración observada no exceda el límite de concentración máxima¹⁵.

En el caso de las fuentes nuevas, éstas deben presentar un proyecto de compensación al SESMA, el cual consiste en una solicitud notarial, presentada por el titular de la fuente, en donde se expresa la emisión compensada, la identificación de las fuentes involucradas en la compensación y la fecha en que empezará a regir el compromiso. Además, esta solicitud debe estar acompañada por la declaración de emisiones de cada una de las fuentes involucradas en el procedimiento de compensación y los documentos que acrediten la personería o representación de los comparecientes¹⁶. Ante la presentación de los documentos, el SESMA puede aceptar dicha compensación, requerir antecedentes adicionales o bien rechazarla. Aceptada la solicitud de compensación, el SESMA dicta una resolución que consigna las emisiones diarias permitidas (EDP) para la fuente. De manera análoga al de las fuentes existentes, el EDP representa el EDI de las fuentes nuevas. Estos EDP poseen las mismas características del EDI, es decir, sirven para cumplir los compromisos de emisión, no son almacenables, están definidos a perpetuidad y pueden ser transados en el mercado.

El diseño del PCE consideró inicialmente que las fuentes puntuales nuevas deberían compensar sus emisiones en forma escalonada: un 25% a

¹⁴ Estas características consideran, por una parte, la creación de un nuevo tipo de permiso de propiedad: los EDI; por otra parte, la cantidad total de permisos que poseen todas las fuentes establece un límite superior a la cantidad total de emisiones. Adicionalmente, los EDI son negociables o transferibles, es decir, éstos pueden ser comprados o vendidos entre quienes participen en el mercado.

¹⁵ Se denomina concentración observada a la determinada por el muestreo isocinético que realizan los laboratorios autorizados anualmente a las fuentes consideradas dentro del PCE. En caso que el límite de concentración máxima sea excedido, se considera como una violación dentro del PCE (véase sección 3.1)

¹⁶ A modo de información, el Subdepartamento de Calidad del Aire posee una base de datos abierta de algunos titulares de fuentes existentes que están vendiendo EDI.

fines de 1993, el 50% a fines de 1994, el 75% a fines de 1995 y el 100% de sus emisiones a fines de 1996; pero por falencias de orden normativo (no se habían determinado los laboratorios autorizados, ni existían especificaciones para el reporte de las emisiones por parte de las fuentes, entre otros), sólo se exigió que las fuentes nuevas compensaran el 100% de sus emisiones a finales de 1996. Posteriormente, en el año 1998, mediante el DS 16 se exigió que las fuentes nuevas compensaran el 120% de sus emisiones, lo que no estaba considerado en el diseño original del programa. Recientemente, mediante el DS 20 de abril del 2001, nuevamente se produjo un cambio en este aspecto, exigiéndose esta vez que las fuentes nuevas compensaran el 150% de sus emisiones.

Las fuentes con permisos asignados, ya sean EDI o EDP, pueden incrementar la cantidad de Kg./día asignados, presentando una solicitud ante el SESMA, en la cual deben consignarse claramente los datos sobre la fuente que cederá sus permisos y la que los está recibiendo. El tiempo estimado para esta resolución es de un mes¹⁷.

El SESMA posee una base de datos con las fuentes inscritas dentro del PCE y los EDI o EDP asignados a éstas. Cuando se registra alguna compensación, se descuentan los permisos de la fuente que cede los mismos y se incrementan los permisos a la fuente nueva o existente.

Las fuentes existentes y nuevas consideradas dentro del PCE reportan anualmente al Subdepartamento de Calidad del Aire la emisión diaria declarada (EDD), la cual es calculada tomando como base la ecuación utilizada para la asignación de los EDI y teniendo como datos de entrada la concentración y el flujo volumétrico de emisiones provistas por mediciones específicas requeridas por el programa (véase sección 3, especialmente en lo referido a Monitoreo y Auto-Reportes). El nivel de EDD, calculado según se ha descrito, es contrastado con el EDI o EDP asignados (según sea fuente existente o nueva respectivamente) más las compras netas realizadas, determinando de esta manera el estatus de cumplimiento de la fuente.

Adicionalmente, es interesante mencionar que el DS 4 interactúa con el DS 32, publicado en mayo de 1990, el cual controla las emisiones de las fuentes fijas durante las situaciones de preemergencia y emergencia por la deficiente calidad del aire en la ciudad¹⁸. El SESMA confecciona periódicamente un listado con las fuentes generadoras de contaminación. Todas aquellas fuentes que aportan en conjunto el 30% ó 50% de la emisión

¹⁷ Contacto personal con Marta Zamudio, SESMA (2001)

¹⁸ Se considera situación de pre-emergencia en la ciudad de Santiago cuando el índice de calidad de aire alcanza un nivel de 300 (equivalente a una concentración de PM10 de 240 mg/m³). Situación de emergencia se considera cuando este índice alcanza un nivel de 500 (equivalente a una concentración de PM10 de 330 mg/m³).

diaria, pueden verse en obligación de paralizar sus operaciones durante períodos de preemergencia y emergencia, respectivamente. Por este motivo, una fuente que está dentro del PCE, por la aplicación del DS 32, podría detener sus operaciones durante estos períodos.

De igual forma, el DS 4 interactúa con el Plan de Prevención y Descontaminación de Santiago (PPDA), el cual fue promulgado en 1998. Según dicho plan, las fuentes existentes a marzo de 1992 y que se encuentran dentro del PCE podrían “perder” sus EDI en caso que no las utilizaran¹⁹. En términos operativos, se considera que una fuente no utiliza sus EDI, cuando ella se mantiene inactiva durante tres años consecutivos. En esta situación se encuentran 43 fuentes que han paralizado sus actividades desde el año 1998²⁰.

2.4. Transacciones y precios

Las transacciones de permisos de capacidad máxima de emisión contempladas en el PCE son a perpetuidad. Estas transferencias de permisos pueden efectuarse entre fuentes relacionadas (compensación entre fuentes de la misma firma) y fuentes no relacionadas (compensación entre fuentes de distintas firmas).

Lamentablemente el SESMA no posee aún una base de datos histórica de las transacciones registradas entre fuentes no relacionadas, ni tampoco dispone de información respecto a la evolución de los precios de los permisos transados. De acuerdo con nuestro conocimiento, la única evidencia respecto a transacciones entre fuentes no relacionadas registradas y el precio alcanzado en las mismas se presenta en el trabajo de Montero *et al.* (2001). Dicha evidencia sugiere que tanto el número como el volumen de transacciones registradas entre fuentes no relacionadas en el marco del PCE son reducidas²¹. De lo anterior se concluye que el mercado de permisos de

¹⁹ Debido a ello muchas fuentes existentes ofrecen sus permisos (véase, por ejemplo, <http://www.sustentable.cl>, para algunas ofertas del mercado).

²⁰ Definitivamente, la implementación del PPDA y la vigencia del DS 32 han significado cambios en el marco regulatorio o “reglas del juego” que definen el marco en el cual se desenvuelven las fuentes participando en el PCE. Se desconoce el impacto de tales cambios sobre el adecuado funcionamiento del programa.

²¹ Dicha evidencia considera el período comprendido entre el inicio del programa y julio de 1999. De acuerdo con lo señalado por Montero *et al.* (2001), las posibles causas de la realización de pocas transacciones son: incertidumbre regulatoria; altos costos de transacción; posible presencia de poder de mercado; problemas de fiscalización; poca liquidez del mercado debido a que el permiso transado es de carácter permanente; y un limitado alcance del PCE. También se ha planteado la posibilidad de que una asignación “benevolente” de permisos con el objeto de ganar aceptabilidad política, explique en parte el escaso desarrollo del

capacidad máxima de emisión originado por el PCE tiene un muy bajo desarrollo. De las transacciones realizadas hasta julio de 1999 entre fuentes no relacionadas, sólo una de ellas había sido del tipo “arrendamiento”. Esta única transacción temporal ocurrió en abril de 1997 para cubrir la capacidad de emisiones en un año (véase Montero *et al.*, 2001). En relación a los precios, éstos se muestran variables, y dado el escaso desarrollo del mercado, no corresponden a aquellos de un mercado de permisos “competitivo”²².

3. Diseño de fiscalización en el PCE

El análisis de esta sección está referido al diseño de fiscalización en el PCE. Desde un punto de vista conceptual, dos son los elementos bajo control de la autoridad reguladora para inducir cumplimiento. Primero, el desarrollo de actividades de monitoreo con el objeto de detectar violaciones. Segundo, la aplicación de sanciones en el caso que una violación sea descubierta. Considerando dicho marco conceptual, esta sección revisa las estrategias de fiscalización contempladas en el PCE. La sección se organiza en dos partes. En la primera se describen los requerimientos de reportes y actividades de fiscalización que ejecuta el SESMA con el propósito de inducir cumplimiento de las obligaciones establecidas en el PCE. Asimismo, se describen las violaciones definidas en el marco del programa. En la segunda parte se analizan las sanciones disponibles para su aplicación y los procedimientos existentes en caso de que sea detectada una violación.

3.1. Monitoreo, autorreportes y violaciones en el PCE

Similar a otros programas destinados al mejoramiento de la calidad ambiental en ejecución a nivel internacional, el PCE se basa fuertemente en requerimientos de autorreportes de parte de las propias fuentes bajo regulación. Específicamente, el Subdepartamento de Calidad de Aire exige que

mercado de permisos de capacidad de emisión en el marco de este programa. Al respecto, considérese que tal como está especificada la fórmula para la asignación de permisos (EDI), se presume que las fuentes se mantienen en operación las 24 horas del día; dicha consideración de operación no necesariamente se cumple para todas las fuentes participando en el PCE.

²² En un mercado competitivo debiéramos observar un número importante de transacciones a precios relativamente similares. El análisis de Montero *et al.* (2001) sugiere la ausencia de ambas características. Para fines de referencia, considérese que actualmente existen ofertas que alcanzan a alrededor de dos millones de pesos por unidad del permiso (Kg./día a perpetuidad de PTS), esto es aproximadamente US\$ 3,160 por permiso (véase sitio en internet, <http://www.sustentable.cl>).

toda fuente que se encuentra operando en el marco del PCE, sin excepción, debe reportar *anualmente* sus EDD, mediante una declaración de emisiones²³.

La declaración de EDD antes referida se realiza mediante la presentación de información requerida en cuatro formularios. Los requerimientos del reporte incluyen, entre otros, la identificación del declarante y ubicación de los establecimientos donde se encuentran las fuentes (formulario 1: “Identificación del declarante y ubicación de los establecimientos”); características de las fuentes, como número de registro, tipo de equipo y año de instalación (formulario 2: “Fuentes en el establecimiento”); condiciones de operación de la fuente, como la capacidad de producción instalada y utilizada, características del combustible utilizado, del proceso, de la descarga de emisiones, disponibilidad de equipos de control de emisiones y régimen de operación de la fuente (formulario 3: “Condiciones de operación de la fuente”); y las mediciones de las emisiones (formulario 4: “Resumen medición de emisiones”).

Las fuentes que deben emitir el reporte de emisiones requieren contactar a alguno de los laboratorios autorizados por el SESMA para que sean éstos los que se encarguen de realizar las mediciones de flujo y concentración y entregar los resultados de dicha medición directamente al Subdepartamento de Calidad de Aire²⁴. El incumplimiento de la obligación de autorreportes de carácter anual puede llevar a la apertura de un sumario sanitario y eventuales sanciones por parte del SESMA²⁵.

Considerando que el propósito final del diseño de fiscalización en un programa de permisos de emisión transferibles es la conciliación de las emisiones totales con los permisos que la fuente posee dentro de un período de cumplimiento dado (por ejemplo un año), las actividades de monitoreo en general están destinadas a reunir información respecto a las tenencias de permisos y el nivel de emisiones de cada una de las fuentes.

El control de las fuentes participando en el PCE está basado en un sistema mixto. Por una parte, en dicho sistema es cada fuente bajo regula-

²³ Es interesante mencionar que los requerimientos específicos y los detalles de funcionamiento del requerimiento de auto-reportes se establecieron a través del tiempo, y no formaron parte del diseño inicial del PCE. Por ejemplo, la exigencia de auto-reportes de EDD mediante declaración de emisiones fue establecida en la Resolución No. 15027 de noviembre de 1994. Adicionalmente, recién con el DS 812 de 1995 se determinó que el SESMA mantendría registros actualizados de las emisiones diarias declaradas y la documentación en que conste la compensación de emisiones (Artículo 6).

²⁴ Por el tipo de información solicitada en los formularios 1, 2 y 3, en caso que una firma cuente con más de una fuente inscrita dentro del PCE, ésta podrá presentar un solo ejemplar de cada uno de dichos formularios por todas las fuentes; sin embargo, la firma deberá entregar un formulario 4 por cada una de las fuentes para las cuales se reporta.

²⁵ Contacto personal con Marta Zamudio, SESMA (2002)

ción la que debe demostrar el cumplimiento de la normativa, efectuando las mediciones de emisiones según una metodología establecida. Por otra parte, el SESMA debe asegurar la calidad de tales mediciones, tanto a través de auditorías como también mediante la calificación de las empresas privadas de medición. Por lo tanto, la fiscalización se realiza en forma directa a la fuente emisora y de forma indirecta a través de los laboratorios privados de medición (SESMA, 1996).

El diseño de monitoreo de emisiones en el marco del PCE contempla un rol central para los laboratorios independientes, los cuales están encargados de la medición y análisis de emisiones atmosféricas de las fuentes incluidas dentro del PCE (véase DS 2467, Ministerio de Salud, febrero de 1994). Estos laboratorios son calificados por el SESMA, tomando en consideración la estructura de los mismos (organización del laboratorio), el grado de capacitación del personal, equipos con los que cuenta, procedimientos empleados (deben estar escritos), plan de calibración y chequeo de los equipos utilizados. Los servicios prestados consideran la medición, muestreo y determinación analítica de la concentración y volumen de flujo de emisiones de PTS. Actualmente, los laboratorios de medición autorizados son: ATC Ltda., Babcock Chile S.A., CCA Ltda., Cescmec, Dictuc, Inspectorate Griffith S., Intec, J.H.G. Ingeniería, Proyecta Ingeniería, y SGS.

El procedimiento para la medición de las emisiones requiere que laboratorios encargados tomen tres muestras isocinéticas, las cuales son extraídas durante un mismo día. Esas muestras deben hacerse con caudal medido a plena carga, es decir, a la máxima capacidad de funcionamiento de la fuente, independientemente del proceso de producción, contemplando los parámetros de diseño de la fuente y las condiciones de seguridad necesarias. El flujo de emisiones no se estima, sino que se mide directamente; mientras que la concentración es estimada a partir de la masa de PTS registrada en el volumen de la muestra.

Los datos obtenidos mediante estos muestreos son percibidos en general como confiables, ya que los laboratorios están obligados a calibrar periódicamente sus equipos en forma interna y cada cierto período o número de mediciones deben realizar una calibración oficial en el Instituto de Salud Pública, organismo que actúa como laboratorio de referencia certificando la adecuada calibración de los equipos. Los costos asociados al muestreo isocinético requerido para la presentación de autorreportes de las fuentes son asumidos por la firma propietaria de la fuente. Dicho costo implica un gasto anual por fuente de entre US\$ 600 y US\$ 900 por muestreo.

Las actividades de monitoreo que realiza el personal del SESMA para verificar el cumplimiento del PCE parecen estar principalmente referidas a la revisión de las declaraciones de emisiones, chequeando la exactitud de los cálculos y las adecuadas condiciones de operación de la fuente. Sin embargo, personal del SESMA conduce también otros tipos de actividades de monitoreo o auditorías²⁶. Específicamente, el Subdepartamento de Calidad del Aire del SESMA efectúa dos tipos adicionales de auditorías. La primera es la que se realiza a todas las fuentes grupales, puntuales y procesos industriales. Ésta consiste en la observación directa de la medición en las fuentes, efectuada por los laboratorios autorizados para verificar la correcta aplicación de la metodología del muestreo isocinético. Para este fin, los laboratorios están obligados a informar al Subdepartamento de Calidad del Aire, con 48 horas de anticipación, cuáles serán las fuentes donde se realizarán las mediciones. Al llegar esta información al Subdepartamento, las personas involucradas seleccionan las fuentes que serán inspeccionadas. De acuerdo con información proporcionada por el SESMA se auditan, como mínimo, dos muestreos completos por día, además se verifica la calibración de los equipos y la toma de muestras²⁷.

El segundo tipo de auditoría que lleva a cabo el SESMA en el marco del PCE consiste en la inspección de las instalaciones de los laboratorios de medición y el procedimiento de tratamiento de las muestras de material particulado, calibración y mantenimiento de los equipos. Paralelamente, el Subdepartamento de Calidad del Aire realiza muestreos de referencia con sus propios equipos para verificar la validez de los datos obtenidos en las mediciones efectuadas por los laboratorios. En dichos muestreos, el Subdepartamento de Calidad del Aire utiliza ciertos criterios para focalizar sus esfuerzos de fiscalización; esto es, destina mayores esfuerzos a la fiscalización de algunas fuentes específicas²⁸. Adicionalmente, y según información entregada por el SESMA, durante los primeros años de implementación del PCE era habitual encontrar diferencias entre los valores informados por los laboratorios y los medidos por el actual Subdepartamento de Calidad del Aire; sin embargo, en la medida que se acentuó la fiscalización y se efectuó una calificación del personal que trabaja dentro de estos laboratorios y que

²⁶ El Subdepartamento de Calidad del Aire no solamente realiza labores de fiscalización a las fuentes inscritas dentro del PCE verificando el cumplimiento de lo determinado en el DS 4; también fiscaliza a las fuentes grupales y los procesos industriales que no se encuentran dentro del PCE, verificando que no excedan el límite de concentración establecido de 112 mg/m³.

²⁷ Se considera muestreo completo a la toma de tres muestras isocinética por fuente.

²⁸ Algunos criterios para focalizar los esfuerzos de fiscalización han sido la ubicación de las fuentes, y el tamaño y nivel de emisiones individuales de PTS de la fuente.

realizan las diferentes funciones asociadas a una medición, estas diferencias han disminuido²⁹.

Un aspecto que destaca en el diseño del PCE es que, en rigor, de acuerdo con la definición de permisos, el período de cumplimiento es de un día. Sin embargo, dada la imposibilidad práctica de inducir cumplimiento dentro de tal período, la conciliación se realiza en períodos anuales, dada la entrega previa de los autorreportes antes descritos. En efecto, anualmente el Subdepartamento de Calidad del Aire efectúa una conciliación entre los valores obtenidos en la declaración de emisiones (EDD) y los permisos asignados (EDI) para cada una de las fuentes individuales. Asimismo, en caso que una fuente haya realizado alguna transacción con sus permisos, ya sea con otra fuente de la misma firma o una distinta, dicho organismo verifica que sus emisiones estén dentro del nuevo EDI. Todos estos datos (EDD anuales y cronología de los EDI) están consignados en un archivo magnético para cada fuente inscrita dentro del PCE.

Las violaciones posibles consideradas en el marco del PCE incluyen:

- (i) fuentes existentes y nuevas excedan el límite de concentración de 112 mg/m³;
- (ii) emisión declarada diaria (EDD) de las fuentes existentes consideradas en el programa supera los permisos de capacidad máxima de emisión (EDI) asignados; y
- (iii) las fuentes nuevas no compensen sus emisiones según lo establecido por el Servicio de Salud del Medio Ambiente (SESMA) [véase DS 4].

En actividades de fiscalización llevadas a cabo por el SESMA durante el período de ejecución del programa, las violaciones detectadas han incluido³⁰:

- (a) fuentes nuevas que no han compensado sus emisiones diarias;
- (b) fuentes exceden su capacidad de emisión máxima permitida;
- (c) calibración de la fuente, con el fin de no ser detectadas en violación al momento del muestreo;
- (d) fuentes puntuales que son duales (diesel y gas) compensan con el combustible de menor emisión y el más limpio (gas), cuando en realidad utilizan el más sucio y el de mayor emisión (diesel); y
- (e) fuentes que violan el sello de la salida del combustible más sucio y emiten con éste (para mayor análisis de resultados de cumplimiento del programa, véase sección 4).

²⁹ Contacto personal con Marta Zamudio, SESMA (2001).

³⁰ Contacto personal con Marta Zamudio, SESMA (2001).

3.2. Sanciones en el PCE

Con el objeto de inducir cumplimiento en el marco de un sistema de permisos de emisión transferible, aquellas fuentes cuyas emisiones exceden la tenencia de permisos en un período de cumplimiento dado, deben enfrentar sanciones por dichas violaciones. En el caso del PCE, si la auditoría de una fuente revela que la emisión diaria declarada (EDD) de la misma ha excedido la tenencia de permisos de capacidad máxima de emisión (EDI) más las compras netas de dichos permisos, la fuente encontrada en violación enfrenta la apertura de un sumario sanitario y un procedimiento que podría eventualmente concluir en una sanción monetaria, cuya aplicación tiene un carácter eminentemente administrativo³¹.

Los sumarios sanitarios se realizan por escrito, a través de un acta de inspección, que describe e informa sobre alguna anomalía constatada en terreno por un funcionario del SESMA³². Una vez cumplida la inspección, se entrega copia del acta y se cita al sumariado (responsable o dueño del local) a efectuar los descargos, en un plazo que fluctúa entre los 5 y 10 días, en las oficinas del departamento jurídico del SESMA. El sumariado puede refutar las informaciones del acta de inspección y puede presentar pruebas que confirmen su declaración, las cuales se recomienda traer por escrito. Teniendo en consideración los antecedentes derivados del acta y los descargos presentados, se elabora una sentencia que determina si hubo infracciones y qué tipo de sanciones se aplican. Ésta es notificada al sumariado, pudiendo el infractor apelar ante la misma autoridad o la justicia ordinaria para que se reconsidere la medida adoptada.

Las multas impuestas por el Subdepartamento de Calidad del Aire están definidas por el Código Sanitario. Las sanciones pueden ser una simple amonestación por escrito, sanciones monetarias, las cuales fluctúan entre 1/10 UTM (US\$ 4,50) a 1.000 UTM (US\$ 4.500) y, en caso de reincidencia, 2.000 UTM (US\$ 90.000), y prohibición de funcionamiento de la fuente. En el rango antes descrito, la sanción impuesta dependerá del tipo de violación, el monto del exceso de la emisión y la gravedad de la falta³³.

³¹ El sumario sanitario es un procedimiento que faculta al SESMA a exigir el cumplimiento del Código Sanitario, de las disposiciones que emanan de él y de las instancias legales derivadas de los Servicios de Salud y del Instituto de Salud Pública.

³² Si la fuente fue detectada en violación en alguna auditoría realizada “en terreno”, se declara la misma en un acta de inspección. En el caso que la violación sea detectada “contablemente”, el SESMA programa una visita a la fuente y verifica las circunstancias por las que la fuente está en violación, completando un acta de inspección.

³³ Contacto personal con Marta Zamudio del SESMA (2002).

4. Cumplimiento en el PCE

Esta sección evalúa resultados en términos de cumplimiento en el marco del PCE, considerando el diseño de fiscalización discutido en la sección 3. El análisis de esta sección sugiere que las estrategias de fiscalización utilizadas en el PCE de Santiago fueron aparentemente insuficientes para inducir adecuados niveles de cumplimiento durante los primeros años de ejecución del programa. No obstante el mejoramiento en los indicadores de cumplimiento durante los años 1998 y 1999 —los dos últimos años del periodo estudiado—, continúan verificándose violaciones individuales en términos de insuficiencia de las fuentes para reconciliar emisiones diarias declaradas con tenencia de permisos de emisión diaria.

4.1. Violaciones de permisos de capacidad de emisión y límite de concentración

La Tabla N° 3 contiene una síntesis de las violaciones durante el período 1993-1999, referidas tanto a emisión diaria declarada en exceso del permiso de capacidad de emisión, como a concentración de emisiones por encima del límite establecido en el PCE.

Tal como se aprecia en la Tabla N° 3, durante los primeros tres años de funcionamiento del PCE, los permisos de capacidad de emisión agregados fueron superados por el nivel agregado de emisión diaria declarada. Sin embargo, dicha situación se revirtió a partir del año 1997. En efecto, durante el período 1997-1999 el nivel agregado de la emisión diaria declarada es claramente inferior al de los permisos de capacidad de emisión asignados. Concluimos por tanto que mientras se verificaron violaciones a nivel agregado entre 1993-1996, ha existido sobre cumplimiento durante los años 1997, 1998 y 1999.

Desde un punto de vista individual, los resultados de cumplimiento en el marco del PCE difieren en parte de aquellos observados a nivel agregado. Específicamente, el PCE ha experimentado violaciones individuales, esto es, fuentes cuya emisión diaria declarada excede los permisos de capacidad de emisión, durante cada año del período 1993-1999, para los cuales disponemos de información. Afortunadamente, la incidencia de violaciones, en términos de número y magnitud, ha tendido claramente a disminuir durante el período en análisis. Los datos de la Tabla N° 3 sugieren que mientras las fuentes con emisión diaria excediendo sus permisos de capacidad de emisión alcanzaban a 344 en 1993, éstas se habían reducido a 144 en 1997, llegando a un nivel incluso menor de 40 fuentes en 1999. Es

TABLA N° 3: VIOLACIONES DE PERMISOS DE CAPACIDAD DE EMISIÓN Y LÍMITE DE CONCENTRACIÓN DE EMISIONES EN EL PCE: 1993 – 1999

	1993	1995	1996	1997	1998	1999	
Fuentes	680	690	631	576	566	573	
<i>Violación permisos capacidad de emisión^a</i>							
Permisos (Kg./día) – EDI	4.604,1	4.604,1	4.604,1	4.087,5	4.087,5	4.087,5	
Emisiones agregadas (Kg./día) - EDD	7.442,5	6.500,2	5.195,1	3.535,0	1.953,6	1.636,6	
Violación máxima (Kg./día)	93,8	83,5	68,0	65,0	28,3	25,6	
Violación mínima (Kg./día)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	
Violación agregada (Kg./día)	2.838,5	1.896,16	591,0	0,00	0,00	0,00	
Tamaño promedio violación (Kg./día)	8,1	7,7	6,5	4,8	3,5	3,2	
N° de fuentes no cumplimiento	344	294	224	144	46	36	
% fuentes no cumplimiento	50,6	42,6	35,5	25,0	8,1	6,3	
Usuarios de gas natural	0	0	0	1	144	179	
<i>Violación límite de concentración^b</i>							
Concentración (mg/m ³)	Promedio	94,9	83,1	78,5	54,7	31,1	27,8
	Desv. estándar	88,2	77,8	76,8	43,0	21,1	18,5
	Máximo	702,0	698,2	674,0	330,7	110,0	108,2
	Mínimo	1,5	1,5	3,4	3,6	2,9	4,6
N° de fuentes no cumplimiento	106	87	83	29	0	0	
% fuentes no cumplimiento	15,6	12,6	13,2	5,0	0,0	0,0	

^aLa emisión declarada diaria (EDD) de las fuentes existentes consideradas en el programa supere los permisos de capacidad máxima de emisión (EDI) asignados.

^bLas fuentes consideradas en el PCE excedan el límite de concentración de 112 mg/m³.

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por el Subdepartamento de Calidad del Aire - SESMA (2002).

decir, mientras para el 50% de las fuentes las emisiones individuales excedieron los permisos de capacidad de emisión en 1993, dicha proporción se redujo a alrededor de un 6,3% en 1999³⁴.

De igual modo, tanto la magnitud promedio de la violación como la violación máxima detectada han disminuido a través del tiempo. Por ejemplo, mientras en 1993 la magnitud promedio de la violación fue de 8,10 Kg./día, ésta disminuyó a 3,18 Kg./día en 1999. Asimismo, la violación máxima observada asciende a 93,77 Kg./día en 1993, disminuyendo a poco más de 25 Kg./día en 1999. Es de observar en este caso que durante el año

³⁴ Cabe mencionar que dado el escaso número de transacciones verificado en el programa, en la mayoría de los casos la tenencia de permisos para propósitos de conciliación con emisiones diarias declaradas es determinado exclusivamente por la asignación inicial de EDI. De manera que el PCE, si bien por diseño correspondería a un programa “de mercado”, ha tendido a funcionar en la práctica como un programa basado en límites máximos de emisión, lo cual corresponde a un programa del tipo comando y control, en que se establecen estándares de emisiones, expresados en este caso en Kg./día de PTS por fuente.

1997 y 1998, la magnitud máxima de violación se redujo de manera significativa, coincidentemente con la introducción del gas natural a fines de 1997.

Durante los primeros años de ejecución del PCE (véase Tabla N° 3), también se detectaron violaciones al límite de concentración de emisiones definido. Dichas violaciones, sin embargo, sólo persistieron durante los primeros años de operación del programa, esto es, entre 1993 y 1997. De esta manera, en el año 1993 la concentración de las emisiones de aproximadamente un 16% de las fuentes consideradas dentro del PCE superaban el límite de 112 mg/m³. Este porcentaje se redujo en el tiempo hasta lograr, a partir del año 1998, perfecto cumplimiento. La información de la Tabla N° 3, en relación a este tipo de violación, sugiere además que los niveles máximos de concentración de emisiones alcanzados entre los años 1993 y 1997 superaron con creces el nivel establecido por la ley. Por ejemplo, los niveles máximos de concentración de emisiones detectados entre los años 1993 y 1996 superaron en aproximadamente 600% el nivel máximo establecido.

Dada la mayor incidencia relativa de violaciones durante los primeros años de operación del programa, cabe preguntarse cuáles son los elementos determinantes de la posterior disminución de las mismas. En principio, es muy probable que la disponibilidad de gas natural en la Región Metropolitana a partir de 1997 sea un elemento importante de esa disminución. De esta forma, un mayor nivel de cumplimiento en el marco del programa puede haber sido inducido por la reducción de los costos de abatimiento de emisiones que significó la disponibilidad de combustible limpio, más que por la efectividad de un mayor esfuerzo fiscalizador en términos de detección de violaciones e imposición de sanciones. No obstante, y según se mencionó anteriormente, la evidencia sugiere que aun después de 1997 se han continuado registrando violaciones en términos de emisiones diarias declaradas que exceden los permisos de capacidad de emisión³⁵.

Un análisis adicional respecto a las violaciones del PCE está referido al grado de reincidencia de las violaciones. En la Tabla N° 4 se presenta una estadística de la reincidencia en la violación de permisos de emisión por parte de las fuentes durante el período de análisis 1993-1999. Los datos

³⁵ Al respecto, a partir del año 1997, con la introducción del gas natural proveniente de Argentina, muchas fuentes empezaron a adoptarlo como combustible, ya sea por su bajo costo como por ser un combustible "limpio". Así, mientras en 1997 sólo una fuente en el programa utilizaba gas natural, 144 y 179 fuentes lo hacían en 1998 y 1999, respectivamente (véase Tabla N° 3).

revelan que hay un alto porcentaje de reincidencia en las violaciones de permisos de capacidad de emisión; es decir, la proporción del número de fuentes que violan en un determinado año y continúan violando en años posteriores es bastante elevado. Por ejemplo, el 93% de las fuentes que excedieron sus permisos de capacidad de emisión en el año 1996, lo hicieron también en el año 1995. Adicionalmente, el 89% de las fuentes que violaron sus permisos de capacidad de emisión en el año 1996 son fuentes que venían violando sus permisos desde el año 1993. También cabe destacar que un alto porcentaje de las fuentes que violan entre los años 1995 y 1999 son fuentes reincidentes desde el año 1993. Es decir son fuentes que se encuentran violando por casi 6 años. En conclusión, los resultados de reincidencia de violaciones de permisos de capacidad de emisión sugieren que los esfuerzos de fiscalización por parte del ente regulador no han sido efectivos, ya que aquellas fuentes que en algún momento violaron tienden a seguir violando en los años posteriores.

TABLA N° 4: ESTADÍSTICA DE REINCIDENCIA DE VIOLACIONES DE PERMISOS DE CAPACIDAD DE EMISIÓN EN EL PCE DE SANTIAGO:1993-1999

	1993	1995	1996	1997	1998	1999
N° de fuentes no cumplimiento ^a	344	294	224	144	46	36
Fuentes no cumplimiento desde año ^b :	1993	280	200	114	36	28
	1995		10	6	2	1
	1996			5	0	0
	1997				3	3
	1998					3
Fuentes no cumplimiento del período ^c	344	14	14	19	5	1
Reincidencia 1 período (%) ^d		95,2	93,8	86,8	89,1	97,2
Reincidencia 2 períodos (%) ^e			89,3	83,3	82,6	88,9

^a Número total de fuentes que se encontraron en violación durante los años evaluados, considerando reincidentes y nuevos violadores.

^b Total de fuentes que violaron desde los años anotados y continúan violando en el año corriente ("violadores" reincidentes).

^c Total de fuentes que violaron en el año corriente, pero no violaron en años anteriores (nuevos "violadores").

^d Porcentaje de fuentes que se encuentran en violación el año anterior y son reincidentes en el año corriente.

^e Porcentaje de fuentes que se encuentran en violación desde hace dos años y son reincidentes en el año corriente.

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por el Subdepartamento de Calidad del Aire - SESMA (2002).

4.2. Características de las fuentes detectadas violando el PCE

El análisis detallado de las características de las fuentes observadas violando los permisos de capacidad de emisión se presenta en la Tabla N° 5³⁶. Resultados preliminares de un estudio más detallado que está siendo desarrollado por los autores sugieren que, para el caso de este tipo de violación, existe una variación importante en el estatus de cumplimiento de las fuentes de acuerdo a las características de las mismas.

Los datos de la Tabla N° 5 sugieren que entre los años 1993 y 1997, los generadores de vapor y calderas industriales fueron las fuentes que en mayor proporción reportaron niveles de emisión diaria inicial excediendo los permisos de capacidad de emisión de que disponían. A partir del año 1998, son las calderas de calefacción las fuentes para las cuales se observa mayor incidencia de violaciones. A pesar de que el número de transgresiones fue muy alto durante los primeros años del PCE, los generadores de vapor fueron los únicos que disminuyeron el número de transgresiones de permisos de emisión a través del tiempo. En efecto, de un 66% de generadores de vapor que se encontraban en violación en 1993, la cifra disminuyó hasta alcanzar un 6% en 1999.

En el caso del análisis por sector industrial, las fuentes del sector secundario y terciario han sido las que han tenido mayor incidencia de violación durante los años analizados. Por ejemplo, entre los años 1993 y 1996, aproximadamente el 50% de las fuentes del sector secundario se encontraban en violación, siendo las mismas que infringían en mayor porcentaje. A partir de 1997, las fuentes que violaban en mayor proporción fueron las que pertenecían al sector terciario.

Del número total de transgresiones de permisos de capacidad de emisión detectadas en el período de análisis, las fuentes instaladas antes de marzo de 1992 son levemente más infractoras que las fuentes instaladas después de marzo de 1992. Adicionalmente, las fuentes que utilizan como combustibles aquellos que contienen más de 1% de azufre son las que cometen en mayor proporción la referida transgresión. También cabe recalcar que el porcentaje de fuentes en no cumplimiento y que utilizan combustibles con menos de 0,05% de azufre ha disminuido en el tiempo, especialmente a

³⁶ Para la confección de la Tabla N° 5 se utilizó la base de datos proporcionada por el SESMA. Esta base de datos no cuenta con información completa sobre las características de las fuentes, por lo que sólo se han considerado a aquellas fuentes que poseen la información completa. Por ejemplo, en 1993 se registraron 680 fuentes, de las cuales sólo se cuenta con información completa de 499 de ellas. Asimismo, en ese mismo año, se detectaron 344 fuentes en violación, pero sólo 308 fuentes de éstas presentan información completa con respecto a las características anotadas en la Tabla N° 5, como sector al cual pertenecen, combustible utilizado, etc.

partir del año 1998. Esto se debe en parte a la introducción del gas, ya que a partir de 1998 hay una disminución en el número de fuentes que utilizan combustibles “más sucios” y costosos, frente a un aumento en el número de fuentes que prefieren utilizar el gas natural (el cual es un combustible con menos de 0,05% de contenido de azufre) (véase Tabla N° 2).

Según el análisis realizado, las fuentes que poseen algún tipo de equipo de abatimiento violan los permisos de capacidad de emisión en mayor proporción que las fuentes que no tienen ninguna tecnología “al final del tubo”. Una explicación inicial para este fenómeno es que los equipos de abatimiento instalados en las fuentes no sean los más idóneos ni tengan la efectividad para disminuir la concentración de contaminantes en las emisiones. Adicionalmente, y de acuerdo con la información que disponemos, las fuentes que han tenido o tienen algún equipo de abatimiento, han tendido a cambiar constantemente el tipo de combustible. Como se ha mencionado anteriormente, cada combustible tiene una concentración de contaminantes distinta, por lo que la elección de un equipo de abatimiento dependerá en gran medida del tipo de combustible utilizado. Es precisamente debido a ello que creemos que muy probablemente se está utilizando un equipo de abatimiento poco efectivo para el combustible empleado.

En síntesis, los resultados presentados en la Tabla N° 5 sugieren que se presenta un mayor incumplimiento en cuanto a emisiones declaradas diarias que superan los permisos de capacidad máxima de emisión asignados, en aquellas fuentes instaladas antes de marzo de 1992 y que utilizan algún tipo de combustible que contenga más de 1% de azufre. Aparentemente, el disponer de un equipo de abatimiento no garantiza cumplimiento; por el contrario, tiene un efecto negativo sobre esta variable. Asimismo, las fuentes en no cumplimiento generalmente se encuentran en el sector secundario o terciario y pueden ser cualquier tipo de caldera (industrial o de calefacción).

También se realizó un análisis detallado de las características de las fuentes observadas violando el nivel de concentración de emisiones máximo de 112 mg/m³. Al respecto, nuestro análisis sugiere que las calderas industriales y generadores de vapor se asocian con una mayor incidencia de violaciones que las calderas de calefacción. Asimismo, a pesar de que hay pocas fuentes dentro del sector primario, éstas violan el límite de concentración proporcionalmente más que las fuentes de los sectores secundario y terciario³⁷. Entre las fuentes del sector secundario y las del terciario, las

³⁷ El sector primario considera las fuentes que se encuentran dentro del rubro pesca, agricultura o minería. Las fuentes pertenecientes al sector secundario consideran a aquellas que están dentro del rubro industrial, electricidad y construcción. Las fuentes pertenecientes al rubro servicios están consideradas dentro de la clasificación de sector terciario.

TABLA N° 5: VIOLACIÓN DE PERMISOS DE CAPACIDAD DE EMISIÓN SEGÚN CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DENTRO DEL PCE (1993-1999)

	Tipo de equipo		Sector industrial			Fecha de instalación		Combustible		Equipo de abatimiento			
	Caldera industrial	Generador de vapor	Caldera calefacción	Primario	Secundario	Terciario	Antes de marzo 1992	Después de marzo 1992	Menos de 0,05% de azufre	Entre 0,05% y 1% de azufre	Más y 1% de azufre	Tiene	No tiene
1993	Cumplen	36	103	52	58	181	10	47	139	5	20	171	
	No cumplen	68	203	37	2	241	11	70	229	9	35	237	
	Total fuente	104	306	89	6	370	21	117	368	14	55	444	
	% violación	65,4	66,3	41,6	33,3	65,1	52,8	62,1	59,8	62,2	63,6	61,5	
1995	Cumplen	41	128	59	4	164	60	213	15	46	176	29	199
	No cumplen	62	173	28	2	202	59	253	10	59	192	35	228
	Total fuente	103	301	87	6	366	119	466	25	105	368	64	427
	% violación	60,2	57,5	32,2	33,3	55,2	49,6	54,3	40	56,2	52,2	66,7	53,4
1996	Cumplen	46	151	56	5	186	62	237	16	49	302	30	223
	No cumplen	52	141	28	1	167	53	212	9	52	50	34	187
	Total fuente	98	292	84	6	353	115	449	25	101	352	64	410
	% violación	53,1	48,3	33,3	16,7	47,3	46,1	47,2	36	51,5	14,2	53,1	45,6
1997	Cumplen	51	155	52	5	190	63	242	16	39	222	26	232
	No cumplen	30	85	29	0	97	47	137	7	27	87	22	122
	Total fuente	81	240	81	5	287	110	379	23	66	309	48	354
	% violación	37	35,4	35,8	0	33,8	42,7	36,1	30,4	40,9	28,2	45,8	34,5
1998	Cumplen	58	188	52	5	218	75	274	24	99	201	11	287
	No cumplen	10	20	14	0	23	43	43	1	9	28	6	38
	Total fuente	68	208	66	5	241	96	317	25	108	229	17	325
	% violación	14,7	9,6	21,2	0	9,5	21,9	13,6	4	8,3	12,2	33,3	11,7
1999	Cumplen	60	196	53	5	225	79	285	24	116	216	15	294
	No cumplen	8	12	13	0	16	17	33	0	6	0	4	29
	Total fuente	68	208	66	5	241	96	318	24	122	216	19	323
	% violación	11,8	5,8	19,7	0	6,6	17,7	10,4	0	4,9	0	21,1	9

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por el Subdepartamento de Calidad del Aire - SESMA (2002).

primeras muestran una mayor incidencia de violaciones del límite de concentración de emisiones. Del número total de transgresiones del límite de concentración en el año 1993, las fuentes instaladas después de 1992 violaron más esta disposición que las fuentes instaladas después de marzo de 1992. En los años posteriores, las fuentes instaladas antes de marzo de 1992 violaron más que las fuentes instaladas después de marzo de 1992.

5. Discusión y conclusiones

El Programa de Compensación de Emisiones de la ciudad de Santiago, en operación desde 1993, constituye la primera experiencia a nivel de países en desarrollo en que se utiliza una política ambiental basada en instrumentos de mercado para mejorar la calidad del aire. Diversos aspectos de diseño general caracterizan este programa. Primero, la creación de un nuevo tipo de permiso de propiedad, los EDI, que pueden ser negociados o transferidos entre quienes participen en el mercado. En segundo lugar, la cantidad total de permisos asignados a las fuentes establece un límite superior a la cantidad total de emisiones. Si bien por diseño el PCE correspondería a un programa “de mercado”, considerando el reducido nivel de transacciones efectuadas éste ha tendido a funcionar, en la práctica, como un programa basado en límites máximos de emisión, es decir, un programa del tipo comando y control en que se establecen estándares de emisiones, expresados en este caso en Kg./día de PTS por fuente.

Desde el punto de vista del diseño de fiscalización, el SESMA utiliza dos instrumentos para inducir cumplimiento: el desarrollo de actividades de monitoreo y la aplicación de sanciones en el caso que se descubra una violación.

El análisis de este artículo sugiere que las estrategias de fiscalización utilizadas en el PCE de Santiago fueron aparentemente insuficientes para inducir adecuados niveles de cumplimiento durante los primeros años de ejecución del programa. Esto se traduce en que durante los primeros tres años de funcionamiento del PCE, para los cuales disponemos de información, los permisos de capacidad de emisión agregados fueron superados por el nivel de emisión diaria declarada agregada. Desde un punto de vista individual, los resultados de cumplimiento en el marco del PCE difieren en parte de aquellos observados a nivel agregado. Específicamente, el PCE ha experimentado violaciones individuales; esto es, hay fuentes cuya emisión diaria declarada excede la capacidad máxima de emisión, durante cada año

para el cual disponemos de información en el período 1993-1999. Afortunadamente, el número y magnitud de violaciones ha tendido claramente a reducirse durante el período en análisis.

Las fuentes que violan los permisos de capacidad de emisión se caracterizan por haberse instalado antes de marzo de 1992, por utilizar algún tipo de combustible que contenga más de 1% de azufre, por pertenecer al sector secundario o terciario y por tener un equipo de abatimiento. Las fuentes excediendo los permisos de capacidad de emisión se caracterizan además por ser reincidentes en este tipo de violaciones.

Dadas las características del diseño de fiscalización en el PCE y los resultados en cuanto al desempeño de cumplimiento de las fuentes adscritas al programa, concluimos que se han logrado metas en cuanto a menor número de fuentes en violación a través del tiempo (especialmente a partir de 1997). El relativamente alto nivel de transgresiones durante los primeros años de ejecución del programa, particularmente en ausencia de disponibilidad de gas natural en la Región Metropolitana, y la reincidencia en las violaciones podrían ser explicados en parte por el diseño de sanciones, tanto desde el punto de vista del monto de las mismas como del procedimiento contemplado en el PCE para su aplicación.

En relación al monto de la sanción, si bien éste puede variar dentro de un rango, la existencia de un límite máximo puede hacer que la multa no sea suficiente para inducir cumplimiento. De acuerdo a la revisión de las sanciones en la sección 3, las multas de monto fijo se ubican en un rango entre US\$ 4,50 y US\$ 90.000; mientras que el valor actual de un Kg./día transado en el mercado es de aproximadamente US\$ 3.160,00. Un problema evidente con este diseño es que la multa podría no depender de la magnitud de la violación. Por ejemplo, si se considera la violación máxima de permisos de capacidad de emisión en el PCE detectada en 1997, la cual ascendió a alrededor de 68 Kg./día, en conjunto con el precio actual de un Kg./día de permiso de emisión, la sanción máxima disponible, aún aplicada automáticamente, no hubiera tenido suficiente efecto disuasivo para inducir cumplimiento.

Adicionalmente, y en relación al monto de la sanción monetaria aplicable, considérese que dentro del rango establecido no está claramente indicada la relación entre magnitud de la violación y la sanción; ello implica que, desde el punto de vista de las firmas involucradas, el diseño de sanción produce incertidumbre respecto a si la sanción que enfrentan varía con el número de Kg./día de EDD en exceso de la tenencia de permisos de capacidad de emisión.

Desde el punto de vista del procedimiento, la imposición de sanciones en un esquema de “caso a caso” puede eventualmente reducir el poder disuasivo de las sanciones debido a la incertidumbre que dicho diseño genera desde el punto de vista de las consecuencias que enfrenta una fuente cuyos niveles de emisión diaria declarada supera los permisos de capacidad máxima de emisión diaria.

Dos sugerencias respecto del diseño de sanciones. Primero, para programas de regulación ambiental basados en instrumentos de mercado es posible establecer sanciones en base al beneficio que genera la violación (Stranlund y Chávez, 2000). En presencia de un mercado de permisos de capacidad de emisión desarrollado, dicha ganancia estará representada completamente por el precio de mercado de tales permisos. En efecto, el beneficio por unidad de emitir en exceso está representado por el costo evitado al no adquirir dicho permiso. Un diseño de sanciones de este tipo requeriría, sin embargo, el desarrollo de un mercado de permisos de capacidad de emisión activo, así como también mantener información actualizada de los precios de mercado de tales permisos por parte de la agencia reguladora. En este sentido, el precio de mercado de los permisos de capacidad de emisión constituye información útil que el regulador puede utilizar para inducir niveles adecuados de cumplimiento.

Segundo, el poder disuasivo de las sanciones es claramente mayor al reducirse la incertidumbre respecto a las consecuencias de una violación de los permisos de capacidad de emisión diaria; por consiguiente, la imposición de sanciones de manera automática para fuentes que excedan los niveles de permisos de capacidad máxima de emisión podría ayudar a generar mayor disuasión, y, consecuentemente, mayores niveles de cumplimiento en el marco del programa.

Adicionalmente, considerando como dado el actual diseño de sanciones y teniendo en cuenta la alta reincidencia de fuentes violando los permisos de capacidad máxima de emisión, la reducción en los costos de abatimiento de las fuentes reincidentes puede desempeñar un papel potencialmente importante para inducir cumplimiento. Una reducción de los costos de abatimiento implica que para dichas fuentes disminuye el beneficio de exceder los límites de emisión. En principio, la colaboración entre las fuentes reincidentes y la agencia reguladora tendiente a reducir los costos de abatimiento, podría servir como sustituto adecuado de mayores esfuerzos de fiscalización.

Finalmente, dado que el alcance del PCE es bastante restringido, ya que sólo regula aproximadamente el 4% del total de emisiones anuales de PTS registradas para el total de fuentes fijas y móviles, al parecer hay

amplias oportunidades para expandir el programa hacia los procesos industriales, los cuales son los grandes generadores de PTS, en lo que a fuentes fijas se refiere en el caso de la ciudad de Santiago. Adicionalmente, también ha sido planteada la posibilidad de extender el programa a fuentes móviles. Una expansión del programa en cualquiera de dichas direcciones debiera considerar como aspectos centrales de diseño, aquellos referidos a la fiscalización para inducir adecuados niveles de cumplimiento. Ello, sin duda, podría contribuir a mejorar no sólo el desempeño de un mercado de permisos de emisión, sino también a lograr niveles de cumplimiento acordes con el mejoramiento de la calidad del aire deseado para la población que reside en la ciudad de Santiago.

REFERENCIAS

- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 1997. "Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana". Santiago: Chile.
- Diario Oficial de la República de Chile*. Decreto Supremo 32/1990. 19 de febrero de 1990; Decreto Supremo 322/1991. 20 de julio de 1991; Decreto Supremo 4/1992. 02 de marzo de 1992; Decreto Supremo 1583/1992. 26 de abril de 1993; Decreto Supremo 2467/1994. 18 de febrero de 1994; Resolución 15027/1994. 09 de noviembre de 1994; Decreto Supremo 16/1998. 10 de junio de 1998; Decreto Supremo 20/2001. 12 de abril del 2001.
- Montero, Juan Pablo; José Miguel Sánchez y Ricardo Katz. 2001. "Análisis del Mercado de Emisiones de Material Particulado en Santiago". *Estudios Públicos*, 81.
- Montero, Juan Pablo; José Miguel Sánchez y Ricardo Katz. 2002. "A Market-Based Environmental Policy Experiment in Chile". *Journal of Law and Economics*, Vol. 45, N° 1, abril.
- O'Ryan, Raúl. 2002. "Emissions Trading in Santiago: Why Has it Not Worked, but Been Successful?". Documento de Trabajo, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.
- O'Ryan, Raúl, y José Miguel Sánchez. 2000. "Comparing the Net Benefits of Incentive based and Command and Control Regulations in a Developing Context: The Case of Santiago, Chile". Documento de Trabajo.....
- Schmalensee, Richard; Paul L. Joskow, A. Denny Ellerman, Juan P. Montero, y Elizabeth M. Bailey. 1998. "An Interim Evaluation of Sulfur Dioxide Emissions Trading." *Journal of Economic Perspectives*, 12(3), pp. 53-68.
- Schwarze, Reimund; y Peter Zapfel. 2000. "Sulfur Allowance Trading and the Regional Clean Air Incentives Market: A Comparative Design Analysis of Two Major Cap-and-Trade Permit Programs". *Environmental and Resource Economics*, Vol. 17, N° 3, pp. 279-298.
- Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente. 1996: "Fuentes Fijas: Normativa Ambiental en Aire", Santiago: Chile.
- Stranlund, John; Carlos Chávez, y Barry Field. 2002. "Enforcing Emissions Trading Programs: Theory, Practice, and Performance". Por aparecer en *Journal of Policy Studies*.

Stranlund, John; y Carlos Chávez. 2000. "Effective Enforcement of a Transferable Emissions Permit System with a Self-Reporting Requirement". *Journal of Regulatory Economics*, 18 (2).

Sustentable.cl S.A. Sitio en internet, <http://www.sustentable.cl>

World Bank. 1997. "Five Years after Rio: Innovations in Environmental Policy, Rio Edition". Borrador de discusión, the World Bank, Washington D.C., marzo.