

5. RESULTADOS DE LA POLÍTICA

5.1. Evolución de la Calidad Ambiental del Agua

La descripción de la evolución de la calidad de los cursos de agua de la ciudad en los últimos años puede resultar tediosa ya que uno necesita conducir un análisis separado para cada curso de agua (Carrasco, Miguelete, Pantanoso), distinguir entre tipos de contaminación, elegir contaminantes representativos y puntos de muestreo, y comparar el nivel de los parámetros a lo largo del tiempo y las ubicaciones. También, una comparación anual de la calidad de los cuerpos de agua puede ser incorrecta si no se complementa con información sobre el volumen del caudal en ese momento y las condiciones meteorológicas. Los números citados en los cuadros y gráficas siguientes no resuelven estos problemas. Sin embargo, no es el objetivo de esta sección hacer un análisis tan exhaustivo, sino ilustrar sobre la evolución de la calidad de los principales cursos de agua de Montevideo durante los últimos años, reconociendo las restricciones recién comentadas.¹

Alertado al respecto, y en beneficio de la simplicidad, he optado por presentar mediciones promedio de concentración de contaminantes de los tres principales cursos de agua de Montevideo en dos estaciones de muestreo, una cercana al origen del curso y otra cerca de la desembocadura. Los valores promedio fueron calculados en base a la disponibilidad de la información y la representación de los tres diferentes tipos de contaminación: orgánica (DBO₅ y aceites y grasas), patógena (coliformes fecales) y física (metales pesados tales como cromo y plomo).² Los estándares ambientales que sirven de referencia son los de la Clase 3 (aguas para la preservación de la flora y fauna y la irrigación de productos no consumidos directamente por humanos) y Clase 4 (aguas que atraviesan áreas urbanas o suburbanas y para la irrigación de productos no consumidos por humanos).

¹ Para resolver estas dificultades, SEINCO optó por aplicar un Índice Simplificado de la Calidad del Agua (Multiservice, et al., 2001a). Este Índice se construye solamente con cinco parámetros (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos suspendidos totales y oxidación al permanganato de potasio), pero es sensible a las condiciones del agua en todos los puntos del curso y a las estaciones. La evolución de la calidad de los cursos de agua de acuerdo a este índice no se presenta porque cubre un período de tiempo más corto (desde el verano de 1999 al invierno de 2002) y por consiguiente es menos ilustrativo. Es difícil sacar una conclusión acerca de la evolución de la calidad de los arroyos observando la evolución de este índice a lo largo del tiempo. Sus valores tienen diferentes evoluciones por arroyo y por estación.

² Los contaminantes más significativos son demanda biológica de oxígeno (DBO₅), aceites y grasas, coliformes fecales y cromo (Multiservice, et al., 2001)

**Cuadro 5.1: Evolución de la Calidad del Arroyo Carrasco
Parámetros más Significativos**

Fuente	Punto de muestreo *	DBO ₅ (mg/l)	Grasas y aceites (mg/l)	Coliformes fecales (ufc/100ml)	Cromo (mg/l)	Plomo (mg/l)
SEINCO Prom. Febrero 1999 - Julio 2001	Origen	5	14	1.107	0,02	0,21
	Desembocadura	11	19	83.794	0,02	0,07
Raffaele, et. al. 1998	Origen	2	<50	3.000	0,01	
	Desembocadura	9	<50	210.000	0,01	
APRAC Agosto 1996	Origen	5		1.400		
	Desembocadura	6		46.000	0,05	0,03
Decreto Nacional 253/79 Estándares Ambientales	Clase 3 (Irrigación de productos no consumidos directamente por humanos)	10	Virtual- mente ausentes	Menos de 2.000 en todas las muestras 1.000 en promedio	0,05	0,03
	Clase 4 (Atraviesan áreas urbanas)	15	10	Menos de 5.000 en el 80% de las muestras	0,5	0,05

Fuente: Cálculos propios en base a IMM (1997), Raffaele, et. al. (1998) y SEINCO (varios informes).

* El punto de muestreo seleccionado como "Origen" es "A° Toledo - R102" y el punto de muestreo seleccionado como "Desembocadura" es "Pte. Gral. French/Pte. Av. Italia".

En términos generales, no ha habido un cambio claro en la calidad del agua del Arroyo Carrasco en el período entre 1996 y 2001. Algunas concentraciones de contaminantes crecieron cerca de la desembocadura, mientras otras decrecieron. Más específicamente, la concentración de DBO₅ aumentó desde 6 mg/l en 1996 a 11 mg/l, en promedio, en 1999-2001. La concentración de coliformes fecales también se incrementó desde 46.000 ufc/100ml en 1996 a 83.794 en promedio en 1999-2001, con un pico de 210.000 en 1998. Aunque menos claramente, debido a falta de información, la concentración de plomo también parece haber aumentado. En contrapartida, las grasas y aceites disminuyeron desde un nivel cercano a los 50 mg/l en 1998 a un nivel promedio de 19 mg/l en 1999-2001, y el cromo también disminuyó desde un nivel inicial de 0,05 mg/l en 1996 hasta un nivel de 0,02 en 1999-2001, cumpliendo con los estándares ambientales para cursos de Clase 3.

Es interesante notar que a pesar de esta evolución irregular de los diferentes tipos de contaminantes en años recientes, el cromo y el DBO₅ son los únicos contaminantes en la desembocadura del Arroyo Carrasco con concentraciones que cumplen con los estándares ambientales fijados para cursos de agua que cruzan áreas urbanas (Clase 4). Es importante recordar que cromo y DBO₅ son los dos parámetros sobre los que la IMM y el BID fijaron metas.

**Cuadro 5.2: Evolución de la Calidad del Arroyo Miguelete
Parámetros más Significativos**

Fuente	Punto de muestreo *	DBO ₅	Grasas y aceites	Coliformes fecales	Cromo	Plomo
		(mg/l)	(mg/l)	(ufc/100ml)	(mg/l)	(mg/l)
SEINCO Prom.	Origen	2,7	26	3.303	0,05	0,07
Febrero 1999- Julio 2001	Desembocadura	122,4	57	3.951.375	0,13	0,04
UEI, IMM	Origen	2,0	50		0,10	
Agosto 5,1998	Desembocadura	120,0	110		6,30	
LH-IMM Mayo	Origen	2,3	39		0,05	
1993-Junio 1994	Desembocadura	22,0	50		0,05	
Decreto Nacional 253/79	Clase 3 (Irrigación de productos no consumidos directamente por humanos)	10	Virtualmente ausentes	Menos de 2.000 en todas las muestras 1.000 en promedio	0,05	0,03
Estándares Ambientales	Clase 4 (Atraviesan áreas urbanas)	15	10	Menos de 5.000 en el 80% de las muestras	0,5	0,05

Fuente: Cálculos propios en base a IMM (1998b), IMM (1994b) y SEINCO (varios informes).

* El punto de muestreo seleccionado como "Origen" es "O. Rodríguez" y el punto de muestreo seleccionado como "Desembocadura" es "Coraceros/Agraciada".

El Miguelete presenta una evolución más clara hacia un deterioro de su calidad ambiental. No existe información concerniente a la evolución de coliformes fecales y concentración de plomo, pero la concentración del resto de los contaminantes creció en promedio cerca de la desembocadura entre Mayo 1993-Junio 1994 y Febrero 1999 - Julio 2001. Los niveles de DBO₅ se incrementaron desde un promedio de 22 mg/l en 1993-1994 hasta un promedio de 122 mg/l en 1999-2001, esto es 456%. Los aceites y grasas se incrementaron desde un promedio de 50 mg/l en 1993-1994 a 57 mg/l en 1999-2001, alcanzando 110 mg/l en 1998. los niveles de cromo se incrementaron 160% desde 0,05 mg/l en 1993-1994 hasta 0,13 mg/l en 1999-2001.

Finalmente, ninguno de los contaminantes cerca de la desembocadura del Miguelete cumple con los estándares ambientales fijados para la Clase 3 (aguas para la preservación de la flora y fauna y la irrigación de productos no consumidos directamente por humanos) y solamente las concentraciones de plomo son menores a el estándar fijado en la Clase 4 (aguas que atraviesan áreas urbanas o suburbanas y para la irrigación de productos no consumidos por humanos).

**Cuadro 5.3: Evolución de la Calidad del Arroyo Pantanoso
Parámetros más Significativos**

Fuente	Punto de muestreo *	DBO ₅	Grasas y aceites	Coliformes fecales	Cromo	Plomo
		(mg/l)	(mg/l)	(ufc/100ml)	(mg/l)	(mg/l)
SEINCO Prom. Febrero 1999- Julio 2001	Origen	21,3	26,9	1237063	0,03	0,02
	Desembocadura	47,8	26,0	2045625	0,10	0,11
UEI, IMM Abril 1999	Origen	330,0	50,0			
	Desembocadura	100,0	60,0			
LH-IMM Prom Set. 1994 - Mar 1995	Origen	180,8	32,3		0,05	
	Desembocadura	22,8	15,5		0,05	
Decreto Nacional 253/79 Estándares Ambientales	Clase 3 (Irrigación de productos no consumidos directamente por humanos)	10	Virtual- mente ausentes	Menos de 2.000 en todas las muestras 1.000 en promedio	0,05	0,03
	Clase 4 (Atraviesan áreas urbanas)	15	10	Menos de 5.000 en el 80% de las muestras	0,5	0,05

Fuente: Cálculos propios en base a IMM (1995 y 1997) y SEINCO (varios informes).

* El punto de muestreo seleccionado como "Origen" es "Cno. Colman" y el punto de muestreo seleccionado como "Desembocadura" es "Pte. C. M. Ramirez/Pte. Rta. 1".

En el caso del Arroyo Pantanoso, los datos son poco concluyentes, al igual que en el caso del Arroyo Carrasco. En este caso no hay información acerca de la contaminación con plomo, sin embargo la contaminación orgánica ha crecido en la desembocadura medida como la concentración promedio de DBO₅ y aceites y grasas. En efecto, la concentración promedio de DBO₅ cerca de la desembocadura del Pantanoso en 1994-1995 era alrededor de 24 mg/l y creció a 48 mg/l en 1999 - 2001, con un pico de 100 mg/l en 1998. Las grasas y aceites muestra una evolución similar. El cromo también parece haber incrementado su concentración cerca de la desembocadura desde 0,05 mg/l en 1994 - 1995 a 0,10 mg/l en 1999 - 2001.

La calidad ambiental del agua del Pantanoso no cumple con los estándares ambientales para cursos de agua que cruzan zonas urbanas en ninguno de los parámetros cerca de la desembocadura. La solución esperada para la calidad del Pantanoso es la construcción de la extensión del sistema de saneamiento para la parte oeste de la ciudad para redirigir su contaminación hacia el Río de la Plata (Raffaele, et.al. 1997).

Las conclusiones que pueden extraerse de estas descripciones son las siguientes. Primero, con muy pocas excepciones (como aceites y grasas y cromo en el Arroyo Carrasco) la calidad ambiental del agua en la desembocadura de los tres principales cursos de agua de Montevideo ha empeorado con respecto a

los niveles de 1993 – 1994.³ Segundo, con la excepción de las concentraciones de cromo y DBO₅ en el Arroyo Carrasco, y la concentración de plomo en el Miguelete, ninguno de los niveles de concentración de los contaminantes examinados cumple con los estándares ambientales fijados para cursos de agua que cruzan áreas urbanas en la desembocadura.

Es importante notar, sin embargo, que esta caída en la calidad del agua no necesariamente significa una falla en el control de las emisiones industriales. Aparte de la contaminación patógena, la cual obviamente no es contaminación industrial, las contribuciones estimadas de las diferentes fuentes de contaminación orgánica son 16 a 20 toneladas de DBO₅ por día de fuentes industriales, 50 toneladas por día de origen doméstico (colectores), y 120 toneladas por día de fuentes no puntuales. Ésta última es el resultado de 300 toneladas de residuos sólidos tirados a las aguas por parte de los habitantes de los asentamientos irregulares ubicados en las márgenes de los cursos. Esto equivale a 25% del total de residuos generados por la ciudad. En otras palabras, cerca del 60% de la contaminación orgánica resulta de la disposición informal de residuos y sólo un 10% se origina en fuentes industriales (IMM, 2002). Esta es la razón por la cual la calidad del agua en los cursos de Montevideo puede haber decrecido aún con decrecientes emisiones industriales. En este sentido, el crecimiento de asentamientos irregulares en Montevideo durante los noventa creó un problema nuevo y diferente a los reguladores de la contaminación del agua en la ciudad. Bajo estas circunstancias, ni siquiera la construcción de sistemas de colectores a gran escala como los previstos en el Plan de Saneamiento para redireccionar la contaminación industrial y doméstica directamente hacia el Río de la Plata puede asegurar un incremento en la calidad de las aguas de los cursos.

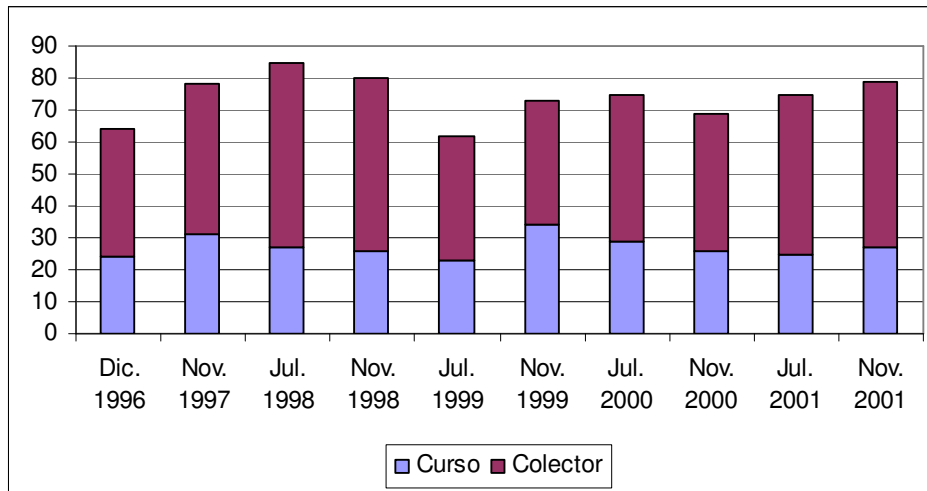
5.2. Evolución de las emisiones industriales

La Figura 5.1 presenta la evolución del número de plantas monitoreadas regularmente por la IMM durante el período Diciembre 1996 a Noviembre 2001, clasificadas por el punto de desagüe (ver también Cuadro A.5.1 en el Apéndice). “Curso” indica que la planta emite en cualquiera de los cursos de agua de la ciudad. Esto incluye no solo los tres mayores arroyos (Miguelete, Pantanoso y Carrasco) sino también afluentes de sus cuencas y el Río de la Plata. La primera observación es que el Plan de Reducción de la Contaminación de Origen Industrial de 1997 significó un importante incremento en los esfuerzos de monitoreo con respecto a niveles inmediatamente anteriores. En efecto, mientras que en Diciembre de 1996 la IMM monitoreaba regularmente 64 plantas, este número se incrementó a 78 en Noviembre de 1997, sólo un par de meses después de la implementación del Plan. Una segunda observación es que en Julio de 1999 la IMM redujo sus esfuerzos de monitoreo considerablemente. El Programa de Monitoreo había comenzado en abril de 1999 y la IMM aprovechó que SEINCO había empezado a monitorear plantas.

³ En el caso de Arroyo Carrasco la primera información recogida corresponde a Agosto de 1996.

1999 fue también el año en que la economía uruguaya ingresó en una recesión que duró 5 años.

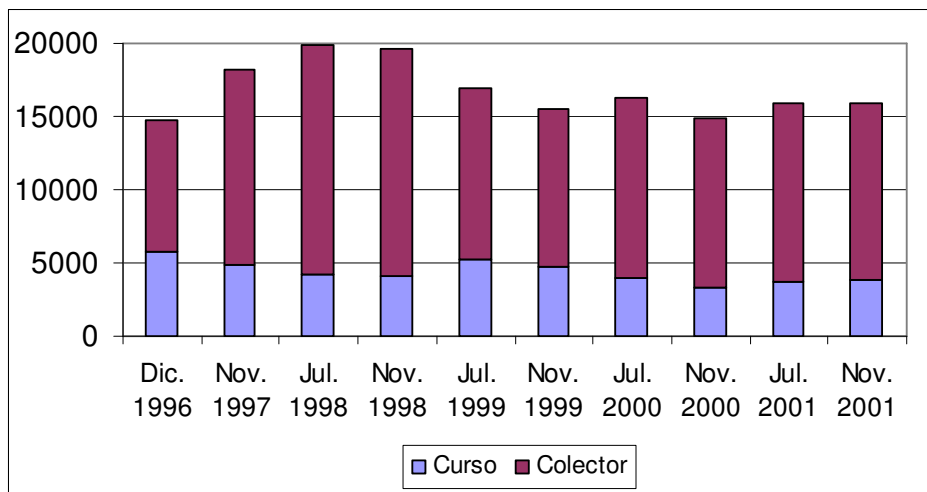
Figura 5.1: Número de plantas industriales monitoreadas



Fuente: Cuadro A.5.1.

La figura no muestra el número de plantas cerradas en el período, un argumento frecuentemente mencionado por los inspectores y los reguladores como un importante determinante de la reducción de las emisiones industriales. Sin embargo, el Gráfico 5.2 muestra que las emisiones totales de plantas industriales disminuyeron más allá de que el número de plantas industriales monitoreadas no era constante.

Figura 5.2: Evolución de los Descargas Industriales (m³/día)

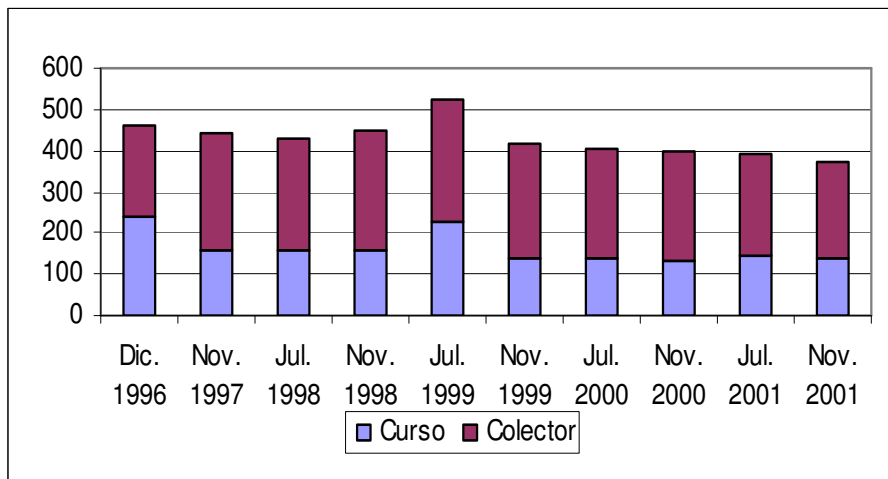


Fuente: Cuadro A.5.1.

La evolución del nivel de emisiones promedio por planta monitoreada en el Gráfico 5.3 ilustra más claramente en este respecto. La figura muestra que el nivel promedio de emisiones por planta tendió a disminuir lentamente. En diciembre de 1996 el nivel promedio de emisiones de las plantas industriales monitoreadas era 464 m³/día mientras que en noviembre de 2001 era 372 m³/día. Esto se traduce en una disminución en las emisiones promedio de 20%.

Noviembre de 1998 y especialmente Julio de 1999 son excepciones a la tendencia decreciente. Es muy interesante notar que Julio de 1999 es precisamente el mismo mes en que la IMM redujo su frecuencia de monitoreo a favor de una empresa consultora privada. En este mes las plantas industriales incrementaron sus emisiones promedio a 527 m³/día, por lejos el nivel promedio más elevado del período. Ser monitoreada por una firma privada sin poder de forzarlas al cumplimiento puede haber cambiado sus incentivos. Aún más, el incremento en la frecuencia de monitoreo en Noviembre de 1999 y Julio 2000 coincide con la caída de las emisiones promedio a niveles pre-1999.

Figura 5.3: Promedio m³/día por Planta



Fuente: Cuadro A.5.1.

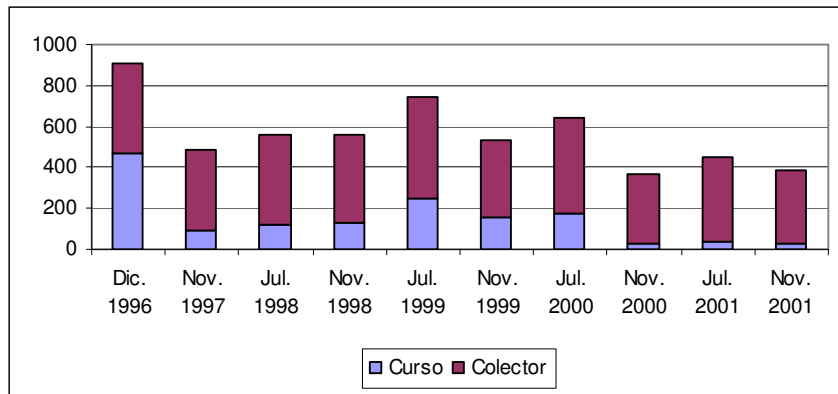
Finalmente, los gráficos 5.4 y 5.5 muestran la evolución de la calidad promedio por planta de las emisiones de los dos contaminantes para los cuales se fijaron objetivos, DBO₅ y cromo. En el primer caso la caída es significativa si comparamos el nivel de diciembre de 1996 (908 kg/día por planta) con el nivel de promedio de 2001 (387 kg/día por planta). En otras palabras, la emisión promedio de DBO₅ disminuyó 57%. Sin embargo, la caída es de 20% cuando se compara con noviembre 1997. Es decir, la mayor parte de la caída fue alcanzada entre diciembre de 1996 y noviembre de 1997. Aún más, la tendencia del DBO₅ es muy irregular. Por ejemplo, las emisiones fueron 53% mayores en julio 1999 de los que eran en noviembre 1997.

Esta evolución es consistente con la evolución del número de plantas monitoreadas por la IMM. Las cargas de DBO₅ disminuyeron en 1997 cuando el número de plantas monitoreadas se incrementó, se incrementó en 1999 cuando

las inspecciones disminuyeron, y disminuyeron nuevamente en el 2000 cuando la IMM incrementó el número de plantas inspeccionadas.

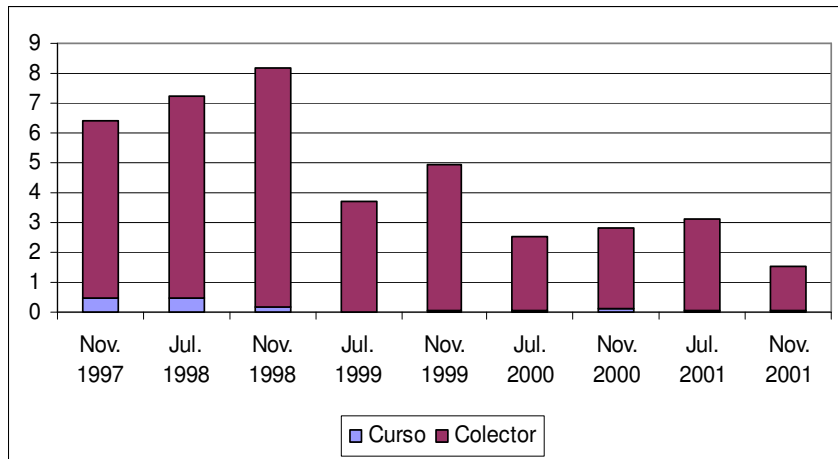
En el caso del cromo el decrecimiento es mayor en términos porcentuales y la tendencia decreciente, aunque no regular, es más clara. El nivel promedio de las emisiones de cromo por planta industrial monitoreada en noviembre de 1997 era de 6,4 kg/día, mientras que era 1,54 en noviembre de 2001. Este decrecimiento de 76% es el resultado de la adopción de tecnología de abatimiento de parte de las curtiembres, responsables del 100% de las emisiones de cromo. (Multiservice-Seinco-Tahal, 2001c). Pero, al decir de los mismos inspectores de la IMM, la contracción del sector que empezó en 1999 también contribuyó a este decrecimiento (Raffaele, et al., 1999).

Figura 5.4: Evolución de DOB₅ (kg/día) emitido por Planta



Fuente: Cuadro A.5.1

Figura 5.5: Evolución del Cromo (kg/día) emitido por Planta



Fuente: Cuadro A.5.1.

Finalmente, es también muy importante notar que las emisiones de DBO₅ y cromo directamente a cursos de agua han desaparecido prácticamente. Esta contaminación ahora va directamente al sistema colector y finalmente al Río de

la Plata. Esto no es un punto menor porque la IMM se comprometió a disminuir las concentraciones de estos dos parámetros en los cursos de agua cuando firmó el préstamo con el Banco Interamericano de Desarrollo que financió la construcción de sistema colector de la ciudad. Puede ser la estrategia de la IMM alcanzar su objetivo simplemente re-direccionando la contaminación al Río de la Plata.

5.3. Evolución de las violaciones

Las descripciones anteriores se refieren a la evolución cuantitativa de las emisiones, tanto del total o para contaminantes seleccionados como DBO₅ o Cromo. ¿Pero qué pasa con la evolución de la calidad de estas emisiones? La pregunta es importante porque los estándares de emisión están definidos en términos de concentraciones, no en términos de cantidades emitidas de contaminantes. Puede suceder, por ejemplo, que haya menos emisiones pero más violaciones. Entonces, más específicamente, ¿cómo han evolucionado las violaciones a los estándares de emisión?

Para observar la evolución del tamaño y la cantidad de las violaciones examino la evolución de los niveles reportados de DBO₅. Estos niveles reportados no son públicos. Fueron obtenidos exclusivamente para esta investigación de los archivos de la IMM acerca de sesenta y nueve plantas industriales que son responsables de más del 90% de las emisiones industriales de la ciudad.⁴ Como ya dije, DBO₅ está entre los contaminantes más importantes y es uno de los dos contaminantes para los cuales la IMM y el BID fijaron objetivos de abatimiento. Es también un contaminante que todas las plantas emiten y tienen que reportar. Por consiguiente, existe más información de la que existe para cromo, por ejemplo.

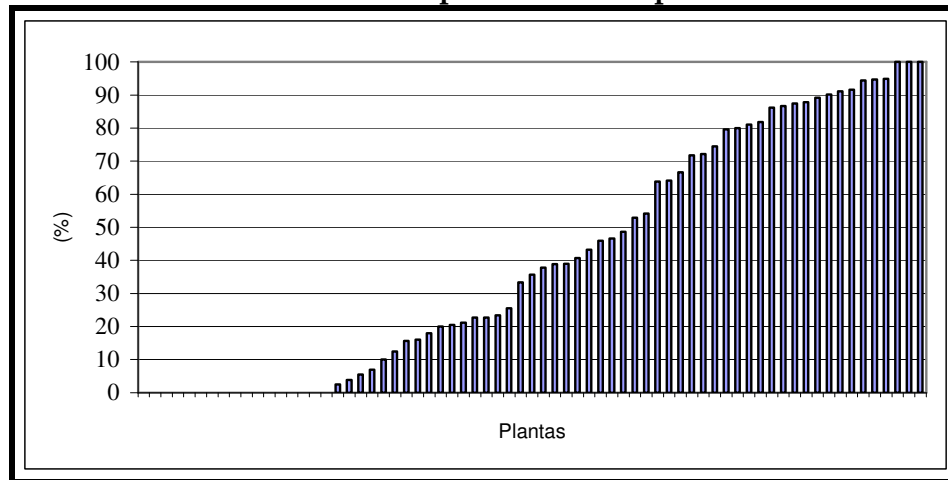
Como primer paso hacia la descripción de la evolución de las violaciones presento los estadísticos descriptivos de la variable “extensión de la violación” en el Cuadro 5.4, igual a las emisiones de DBO₅ (mg/l) menos los estándares de concentración establecidos en la legislación, censurada en cero, y una variable de status de cumplimiento igual a uno si la planta reportó una violación y cero si no lo hizo. La muestra cubre el período julio 1997 – octubre 2001. Los cálculos se hacen usando los estándares más laxos del Plan de Reducción de la Contaminación Industrial durante julio 1997 – diciembre 1999.

⁴ Ver Caffera (2004) para una descripción detallada de los datos y la selección de la muestra.

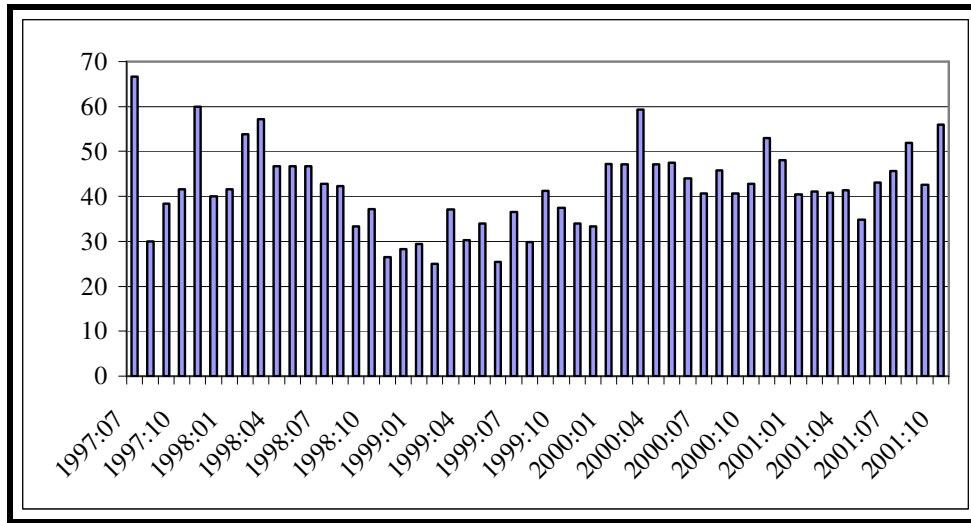
Cuadro 5.4: Estadísticas descriptivas para las violaciones
Junio 1997 - Octubre 2001

	Extensión de la Violación (Censurada en cero)		Status de Cumplimiento (Violación = 1, Cumplimiento = 0)	
	Estándares Dec. 253	Estándares Res. 761	Estándares Dec. 253	Estándares Res. 761
Media	641,5	338,8	0,5421	0,4069
Mediana	20,0	0,0	1,0	0,0
Máximo	38143,0	17125,0	1,0	1,0
Desv. Estd.	1906,7	1124,1	0,4983	0,4914
Obs.	2699	2192	2699	2192

Figura 5.6: Porcentaje de violaciones sobre total de reportes
Julio 1997 - Octubre 2001
Plantas ordenadas por tasa de cumplimiento

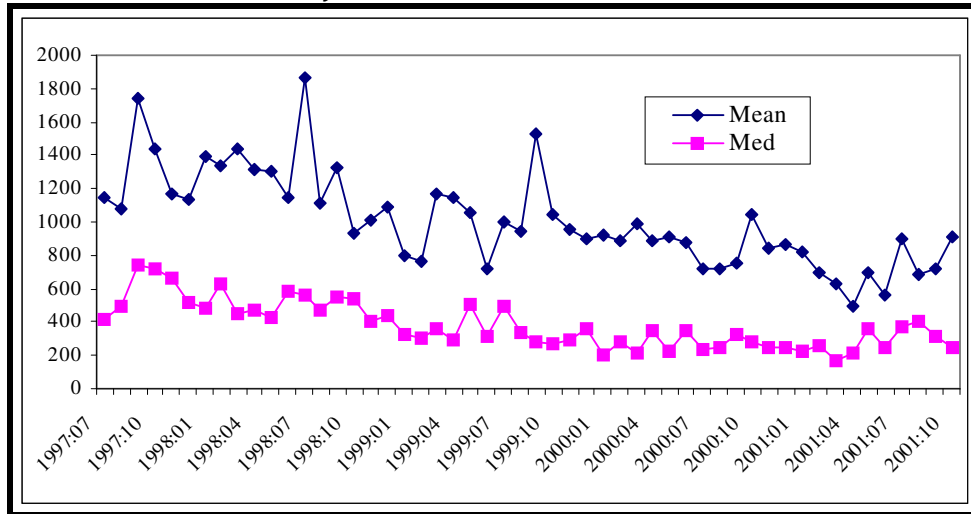


**Figura 5.7: Número de violaciones como porcentaje del número de reportes
Julio 1997 - Octubre 2001**

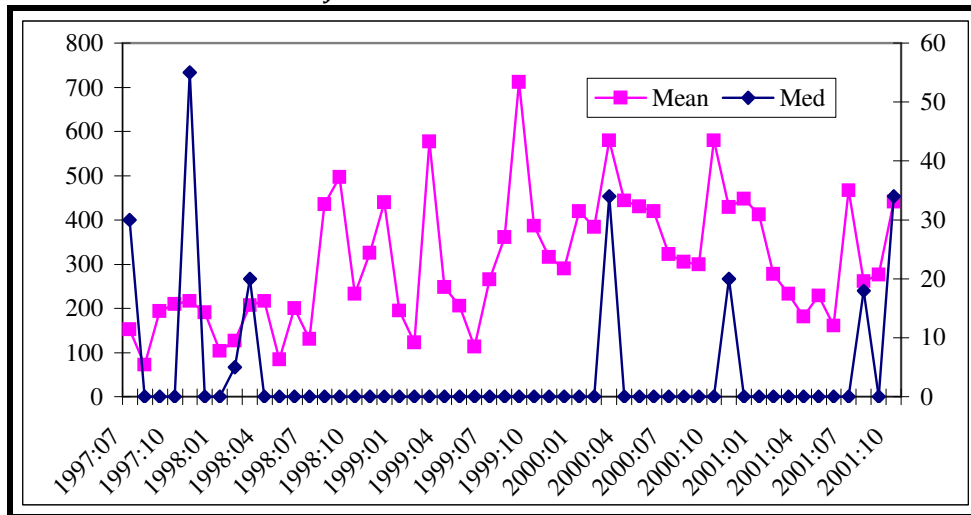


El Cuadro 5.6 y las Figuras 5.6 y 5.7 muestran que las violaciones fueron frecuentes, aún medidas como emisiones en exceso de los estándares más laxos. Cuarenta y uno por ciento (41%) de los niveles de DBO₅ reportados no cumplían con los estándares del Plan, y sólo veintiséis (26) plantas de las sesenta y nueve (69) totales reportaron una violación menos del veinte por ciento (20%) de las veces. El número de violaciones como porcentaje del número de reportes nunca decreció debajo de 25%, o 41% si consideramos los estándares originales del Decreto 253/79.

**Figura 3.8: Media y Mediana de los reportes de DBO₅
Julio 1997 - Octubre 2001**



**Figura 5.9: Media y Mediana de la Extensión de las Violaciones reportadas
Censurada en cero
Julio 1997 - Octubre 2001**



La Figura 3.8 muestra que las concentraciones de DBO₅ han decrecido en promedio. En julio de 1997 las plantas monitoreadas emitían 1.150 mg/l de BOD₅ en promedio mientras que en octubre de 2001 este número era de 910 mg/l, representando una caída de 21%.

La Figura 3.9 muestra que la caída en los niveles promedio de DBO₅ no fue suficiente para producir una caída en la extensión promedio de las violaciones. Debe recordarse que las violaciones son calculadas respecto a los estándares más laxos del Plan de Reducción de la Contaminación Industrial durante 1997 - 1999 y que esos estándares se estaban haciendo más estrictos, convergiendo nuevamente a los niveles originales. Esta es la razón por la cual los el DBO₅ decreció en promedio mientras que las violaciones se incrementaron. La violación promedio se incrementó 188%, desde 153 mg/l a 441 mg/l.

Este resultado puede obedecer simplemente a que la meta no escrita de la política de control durante el período era disminuir la extensión de las violaciones y no aumentar el grado de cumplimiento. De hecho, esto fue reconocido por el Director de la Dirección de Control Ambiental de la DINAMA en una entrevista. El objetivo fue alcanzado si uno mira a la distribución de las emisiones alrededor de los estándares originales. Esto se muestra en las figuras 5.10, 5.11 y 5.12. La Figura 3.10 muestra que la extensión de la violación promedio decreció medida respecto a los estándares originales desde 828 mg/l en julio 1997 a 537 mg/l en octubre 2001; esto es, 35%. También muestra que la mediana de la extensión de la violación decreció aún más. De hecho, decreció 85% desde 260 mg/l hasta 38 mg/l. Esta caída es el resultado de una caída en la dispersión de las emisiones alrededor del estándar, como muestran los Gráficos 5.11 y 5.12. En estos gráficos cada punto es una planta. Algunas de ellas están resaltadas con su correspondiente número en la muestra de setenta y cuatro plantas. El gráfico 3.12 muestra la distribución de las emisiones promedio entre julio 2000 y junio 2001. Puede observarse que las emisiones están más agrupadas alrededor del estándar de los que están en el Gráfico 5.11, el cual muestra la misma distribución para julio 1997 - junio 1998.

Figura 5.10: Media y Mediana de la Extensión de las Violaciones reportadas con respecto a los estándares originales

Censurada en cero
Julio 1997 - Octubre 2001

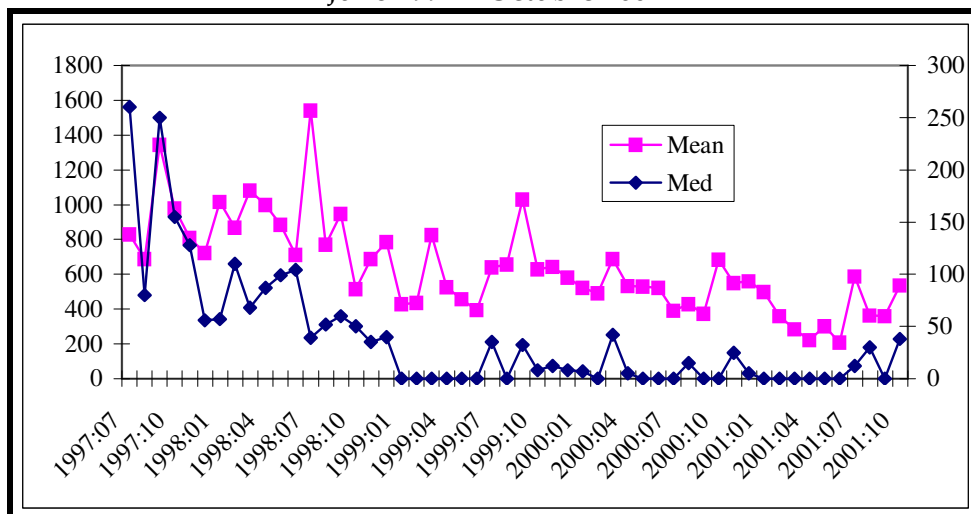


Figura 5.11: Distribución de las Violaciones
Promedio Julio 1997 - Junio 1998

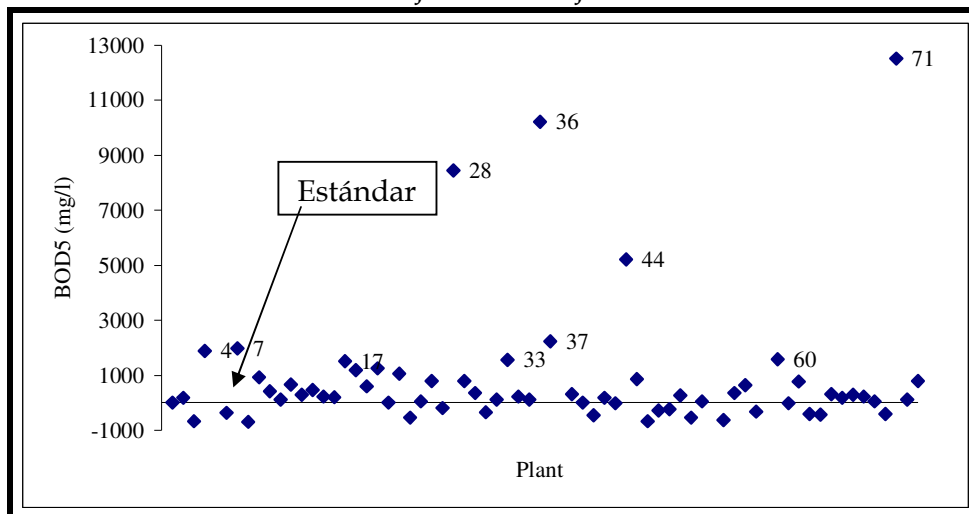
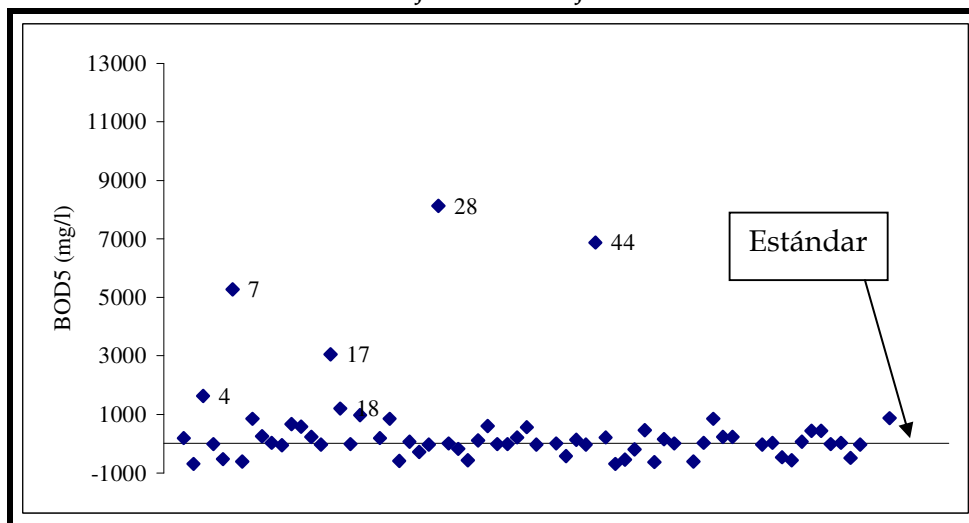


Figura 13: Distribución de las Violaciones
Promedio Julio 2000 - Junio 2001



No es objetivo de este capítulo el explorar los efectos de la política de monitoreo y control en la evolución de las emisiones y las violaciones. Esto se deja para el Capítulo 8. Sin embargo, es importante recordar que las multas fueron muy infrecuentes. Entre julio 1997 y octubre 2001 estas mismas sesenta y nueve plantas industriales recibieron un total de sólo once multas de la IMM y cuatro de la DCA. Dado esto, y basado también en lo que los inspectores de

ambas oficinas declararon en las entrevistas, uno puede concluir que la estrategia de control durante el período parece haber sido la de monitorear a las firmas de cerca, pero tolerar violaciones a los estándares mientras se negociaba un abatimiento gradual con los propietarios/gerentes de las firmas. Es interesante notar aquí que algunas plantas (N° 4, 7, 17, 28, 44 en los Gráficos 5.11 y 5.12) parecen no haber respondido a esta política. Los inspectores y reguladores entrevistados estaban muy al tanto de la distribución de las emisiones de las plantas alrededor de los estándares, particularmente la existencia de estas plantas “difíciles”.

5.4 Conclusiones

Este Capítulo presentó los resultados de la política de control descrita en el Capítulo 2 respecto a cuatro conjuntos de variables: calidad ambiental de las aguas de los tres principales cursos de agua de la ciudad, emisiones totales medidas como m³ emitidos por las plantas industriales monitoreadas por día; kg/día totales emitidos de los dos contaminantes más importantes (DBO₅ y Cromo), y finalmente, violaciones a los estándares de emisión de DBO₅.

Con muy pocas excepciones (como aceites y grasas y cromo en el Arroyo Carrasco), la calidad ambiental de las aguas de los tres principales cursos de Montevideo empeoró durante el período. Aún más, con la excepción de cromo y DBO₅ en el Arroyo Carrasco y plomo en el Miguelete, ninguna de las concentraciones de los contaminantes en sus desembocaduras cumple con los estándares ambientales fijados para cursos de agua que cruzan áreas urbanas.

Este decrecimiento en la calidad del agua de los cursos de la ciudad puede haber tenido lugar con emisiones industriales decrecientes por el crecimiento exponencial de los asentamientos irregulares en Montevideo durante los noventa, el cual creó un nuevo y diferente problema para los reguladores de la contaminación del agua de la ciudad.

El Plan de Reducción de la Contaminación Industrial de 1997 implicó un importante crecimiento en los esfuerzos de monitoreo con respecto a niveles inmediatamente previos. El volumen promedio de emisiones por planta exhibe una tendencia decreciente pero irregular. Las inspecciones pueden haber tenido alguna influencia en esta tendencia.

La evolución de la descarga promedio de DBO₅ muestra una tendencia más irregular. Las descargas decrecieron 57% entre diciembre de 1996 y noviembre de 2001, pero solo 20% con respecto a noviembre 1997. Aún más, en julio 1999 alcanzaron niveles 53% más altos que los de noviembre 1997. La evolución de la descarga promedio de cromo muestra una caída porcentual mayor (76%) y una tendencia decreciente más clara. Las emisiones de DBO₅ y cromo también parecen haber reaccionado a las inspecciones. En particular, decrecen en 1997 cuando el número de plantas monitoreadas por la IMM creció, crecen en 1999 cuando las inspecciones disminuyen y disminuyen nuevamente en el 2000 cuando la IMM incrementó el número de plantas inspeccionadas.

También, con el objetivo de cumplir con los objetivos acordados con el Banco Inter-Americano de Desarrollo, la IMM parece estar re-direccionando las emisiones de DBO₅ y cromo al sistema de colectores, el cual descarga directamente en el Río de la Plata.

Las violaciones son frecuentes, aún cuando medidas con respecto a los estándares de emisión más laxos del Plan de Reducción de la Contaminación Industrial. El porcentaje de violaciones reportadas con respecto a estos estándares nunca decreció debajo de 25%, y no tendieron a decrecer. Con respecto a los estándares originales, las violaciones como porcentaje de los reportes decrecieron 24% pero empezaron desde un nivel muy alto (76%). En la actualidad, más de 50% de las emisiones reportadas de DBO₅ son violaciones a los estándares de emisiones. Sin embargo, las concentraciones promedio de las emisiones de DBO₅ han tendido a decrecer y las emisiones de las plantas han tendido a agruparse en torno al estándar. Esta evolución es consistente con el objetivo rela de los reguladores, que no fue incrementar el cumplimiento sino decrecer la extensión de las violaciones.

APÉNDICE 5.1

Tabla A.5.1: Evolución de las emisiones industriales

Diciembre 1996 - Noviembre 2001

Mes	Punto de descarga	Nº de plantas	Volumen efluentes (m ³ /día)	DBO ₅ (Kg/día)	Cromo. (Kg/día)
Dic. 1996	Curso	24	5803	11268	
	Colector	40	8882	17555	
	Total	64	14685	28823	
Nov. 1997	Curso	31	4922	2941	14
	Colector	47	13240	18387	279
	Total	78	18162	21328	293
Jul. 1998	Curso	27	4228	3243	12
	Colector	58	15685	25240	394
	Total	85	19913	28483	406
Nov. 1998	Curso	26	4148	3339	4
	Colector	54	15490	23135	433
	Total	80	19638	26474	437
Jul. 1999	Curso	23	5287	5616	0,3
	Colector	39	11585	19488	144
	Total	62	16872	25104	144,3
Nov. 1999	Curso	34	4791	5251	2
	Colector	39	10671	14622	191
	Total	73	15462	19873	193
Jul. 2000	Curso	29	3949	5085	2
	Colector	46	12347	21362	112
	Total	75	16296	26447	114
Nov. 2000	Curso	26	3383	631	3
	Colector	43	11524	14859	116
	Total	69	14907	15490	119
Jul. 2001	Curso	25	3667	921	2
	Colector	50	12237	20461	153
	Total	75	15904	21382	155
Nov. 2001	Curso	27	3812	759	1
	Colector	52	12031	18655	77
	Total	79	15843	19414	78

Fuente: IMM (2002)

Tabla A.5.2

Mes	Promedio m ³ /día por Planta		Promedio Kg/día DBO ₅ por Planta	
	Curso	Colector	Curso	Colector
Dic. 1996	242	222	469	439
Nov. 1997	159	282	95	391
Jul. 1998	157	270	120	435
Nov. 1998	160	287	128	428
Jul. 1999	230	297	244	500
Nov. 1999	141	274	154	375
Jul. 2000	136	268	175	464
Nov. 2000	130	268	24	346
Jul. 2001	147	245	37	409
Nov. 2001	141	231	28	359

Fuente: IMM (2002)

Tabla A.5.3

Mes	Promedio Kg/día Cromo por Planta	
	Curso	Colector
Nov. 1997	0.5	5.9
Jul. 1998	0.4	6.8
Nov. 1998	0.2	8.0
Jul. 1999	0.0	3.7
Nov. 1999	0.1	4.9
Jul. 2000	0.1	2.4
Nov. 2000	0.1	2.7
Jul. 2001	0.1	3.1
Nov. 2001	0.0	1.5

Fuente: IMM (2002)

6.- EL MODELO

Los objetivos en esta segunda parte del trabajo son los siguientes. Primero examino los determinantes de la asignación de inspecciones por parte del gobierno municipal (IMM), y el gobierno nacional (DCA) entre las plantas industriales de Montevideo. En presencia de tres instituciones diferentes de monitoreo la consistencia exige la estimación de una ecuación de inspección de SEINCO para explicar la estrategia de inspección desarrollada por esta firma privada trabajando para la IMM. Segundo, testeó empíricamente los efectos de las inspecciones y las diferentes acciones de control de ambos el gobierno municipal y nacional en términos de reducciones de emisiones de DBO_5 . Tercero, también testeó por la efectividad de estas acciones en términos del incremento en las tasas de cumplimiento. Cuarto, como las emisiones son reportadas por las propias plantas, testeó por la presencia de sub-declaraciones.

Para cumplir con el primer objetivo, estimo una ecuación de inspección para la IMM, otra para la DCA, y una tercera para SEINCO. Para cumplir con el segundo objetivo estimo dos ecuaciones, una con la concentración de DBO_5 en los efluentes industriales como variable dependiente y una segunda con la carga de DBO_5 emitida. Llamo a esta segunda ecuación la ecuación de carga. El tercer objetivo es alcanzado con la estimación de una ecuación de violación. Esta ecuación tiene una especificación similar a la ecuación de DBO_5 pero su variable dependiente es una variable dicotómica cero/uno indicando el status de violación o cumplimiento.

La idea detrás de las ecuaciones de inspección para la IMM y la DCA es, aparte de explicar las estrategias de inspección en sí mismas, estimar probabilidades de ser inspeccionado para usar como instrumentos de las inspecciones reales en las ecuaciones de DBO_5 , carga y violación. La inclusión de la probabilidad de ser inspeccionado por SEINCO explora los posibles impactos que su actividad de monitoreo puede haber tenido en los niveles de DBO declarados por las empresas.

6.1. Las Ecuaciones de Inspecciones

Durante el período de estudio tanto el gobierno municipal (IMM) como el gobierno nacional (DCA) monitorearon plantas industriales en Montevideo. De hecho, todas las setenta y cuatro plantas industriales de la muestra fueron inspeccionadas al menos dos veces por la IMM. La DCA inspeccionó cincuenta y cinco de estas plantas al menos una vez. Las restantes dieciséis plantas nunca fueron inspeccionadas por la DCA. Estos esfuerzos de monitoreo paralelo no fueron coordinados por los reguladores. Como se explicó en capítulos previos, las dos oficinas no compartieron información acerca de actividades de monitoreo o control de forma regular. Por el contrario, la información compartida se limitó a casos específicos y complicados. De hecho, el coeficiente de correlación entre el número de inspecciones de las dos oficinas a lo largo del

tiempo y las plantas es de 0,16. Estos argumentos validan el curso de acción elegido de estimar ecuaciones de inspección separadas para las dos oficinas. Éstas son presentadas en las secciones siguiente.

6.1.1 La Ecuación de Inspección de la IMM

La Ecuación 6.1 fue estimada para ajustar la probabilidad de ser inspeccionado por la IMM:⁵

$$\begin{aligned}
 INSPIMM_{i,t} = & \gamma_0 + \gamma_1 INSPIMMCUM_{i,t-1} + \gamma_2 INSPIMMOTHERCUM_{i,t-1} \\
 & + \gamma_3 INSPSEINCOCUM_{i,t-1} + \gamma_4 FINEDIMMCUM_{i,t-1} + \gamma_5 VOL_t \\
 & + \gamma_6 RF_{i,t} + \gamma_7 PTY_i + \gamma_8 TANNERY_i + \gamma_9 WOOL_i + \gamma_{10} 1997 - 1998_t \\
 & + \gamma_{11} DURINGPLAN_t + \gamma_{12} STREAM_{i,t} + \eta_{i,t} \\
 & i = 1, \dots, 74; t = July1997, \dots, October2001
 \end{aligned} \quad (6.1)$$

$INSPIMM_{i,t}$ es una variable dicotómica igual a uno si la planta i fue inspeccionada por la IMM en el mes t . Para especificar esta ecuación de inspección consideré que la estrategia de los inspectores de la IMM obedeció cinco reglas. La primera fue una regla de “muestreo sin reposición”. La IMM clasificó a las plantas en plantas de “Prioridad 1” y “Prioridad 2”. Las plantas Prioridad 1 (25 de las 74 plantas en mi muestra) son los contaminadores más pesados en términos de contaminación orgánica y metales. Cuentan por el 80% de esta contaminación. Inspectores entrevistados declararon que tratan de visitar las plantas de Prioridad 1 al menos una vez por semestre. Pero los datos no corroboran esta afirmación. Por lo tanto, para capturar la regla de muestreo sin reposición en las inspecciones incluí el número de inspecciones realizadas en esa planta durante los últimos doce meses ($INSPIMMCUM_{i,t-1}$) y la Prioridad de la planta (PTY_i , igual a 1 si la planta es una planta Prioridad 1) como variables explicativas.⁶

La segunda regla mencionada por los inspectores de la IMM fue que las plantas con peor historia de cumplimiento y aquellas mostrando menor cooperación con los reguladores eran inspeccionadas más frecuentemente. Estas plantas son aquellas que no toman las medidas prometidas para abatir emisiones o que las atrasan. Incluí $FINEDIMMCUM_{i,t-1}$ para capturar este nivel de cooperación. Esta variable mide el número de multas impuestas por la IMM a la planta i en los últimos doce meses.⁷ Cuanto mayor el número de multas

⁵ La Tabla A.6.1 en el Apéndice provee una lista de todas las variables usadas en este capítulo y sus definiciones.

⁶ También intenté el número acumulado de inspecciones en los últimos seis meses en lugar de doce meses, pero el modelo con doce meses demostró ser mejor en términos de ajuste y los criterios de información de Akaike y Schwarz.

⁷ La inclusión del número de violaciones detectadas en los últimos doce meses no mejoró el ajuste del modelo. El resultado es consistente con el enfoque de política del período. Efectivamente, durante este período los esfuerzos de control no fueron dirigidos tanto a hacer cumplir los estándares sino a disminuir las emisiones. En pos de este objetivo la IMM implementó el Plan de Reducción de la Contaminación de Origen Industrial haciendo más laxos los estándares de emisión. (Ver Capítulo 2).

acumuladas menor la cooperación de la planta en el pasado reciente.⁸ Este nivel de cumplimiento percibido por los reguladores no es solo una función de la historia formal reciente de la planta. También depende de hechos no cuantificables sobre los cuales los inspectores también basan sus decisiones.⁹

Tercero, las denuncias de ciudadanos también dispararon inspecciones pero no fueron incluidas como variables explicativas por no estar disponible la información acerca de las mismas. Sin embargo, inspectores entrevistados declararon que la mayoría de estas denuncias no se originan por niveles “inusuales” de descargas, sino por olores o puntos ilegales de descarga (como calles o cañadas) o cuando el sistema de saneamiento público debajo de las calles colapsa.

Cuarto, el no envío de los informes cuatrimestrales durante períodos consecutivos también disparó inspecciones de acuerdo con los inspectores de la IMM. Como resultado, el número de no envíos de los informes cuatrimestrales en los dos períodos de reporte previos ($RF_{i,t}$) también fue incluido como una variable explicativa.¹⁰

Finalmente, niveles inusualmente altos de contaminación reportada algunas veces disparan una inspección, aunque esto sucede muy rara vez de acuerdo a los inspectores de la UEI. Una razón es que obviamente no puede resultar óptimo para las plantas reportar sus picos de emisiones. Tampoco es fácil construir una variable que capte el efecto de niveles inusuales de emisiones reportadas. Existen tres períodos de reporte: marzo – junio, julio – octubre y noviembre – febrero, de tal forma que las plantas reportan cuatro meses de actividad en cada informe. Pero no tienen una fecha límite clara para enviar los estos informes cuatrimestrales. Muchas plantas durante el periodo analizado enviaron sus informes en el último mes del período de informe posterior. En otras palabras, los reguladores estaban viendo a una fotografía de la planta al menos cuatro meses vieja. Otras plantas reportaron inmediatamente después del fin del período reportado. En suma los reguladores no recibieron la información de las emisiones en el mismo momento en cada período. Esto

Además, el monto acumulado de las multas fue incluido en lugar del número acumulado. Esto tampoco cambió los resultados.

⁸ No tengo información respecto a acciones intermedias de control (por ejemplo, intimaciones al cumplimiento, etc.) realizadas por la IMM, solo aquellas realizadas por la DCA.

⁹ Un ejemplo es el siguiente: a veces las plantas hacen esperar a los inspectores en la entrada por el período de tiempo necesario para hacer algunas limpiezas rápidas y otras medidas (como dilución) para cumplir con los estándares de emisiones. Estos es más típico en las plantas pequeñas, con menores tiempos de retención de efluentes. Otro ejemplo es la rapidez de respuesta de las firmas a los cambios sugeridos por los reguladores. Vale la pena notar que esto hace la efectividad en el control de la contaminación hídrica muy dependiente de aquellos inspectores con larga experiencia en el trabajo. En otras palabras, una buena parte de la historia de cumplimiento de las plantas se pierde cuando un inspector se retira o es trasladado a otra oficina.

¹⁰ En los primeros seis meses de 1997 la UEI implementó una nueva estrategia de control. Envío un fax a cada planta en su base de datos explicando el nuevo formato de los Informes Cuatrimestrales y les comunicó que el gobierno municipal estaba llevando a cabo un nuevo plan de control de la contaminación. Por esta razón, en el primer período de reporte de mi muestra fijo la historia de fallas de reportes de Informes cuatrimestrales igual a cero como un indicador que un nuevo período de control había empezado.

complicó la posibilidad de construir una variable que indicara niveles inusuales de emisiones por la imposibilidad de saber en qué momento del tiempo el regulador estaba observando la información como para decidir acerca de la inspección. Por esta razón opté por no incluir un indicador rezagado de la contaminación declarada.¹¹

Además de las variables incluidas para captar estas reglas, otras variables fueron incluidas para capturar otros determinantes de las inspecciones de la IMM, por ejemplo, $INSPIMMOTHERCUM_{i,t-1}$. Esta variable mide el número acumulado de inspecciones hechas por la IMM en el resto de las plantas. Los inspectores saben que el resto de las plantas están al tanto de las inspecciones realizadas a una planta específica, particularmente aquellas en el mismo barrio, y que esto puede haber moldeado sus expectativas respecto a una posible inspección. Desde otro punto de vista, si las actividades de monitoreo de la IMM fueron afectadas por importantes restricciones presupuestarias, como lo fueron de hecho, el signo del coeficiente de esta variable sería negativo, indicando que cuanto mayor el número de inspecciones realizadas en otras plantas en el pasado reciente menor es la probabilidad de que esta planta sea inspeccionada dado el costo de las campañas de monitoreo. Por consiguiente, el signo del coeficiente de esta variable es un tema empírico.

Otro determinante de las inspecciones de la IMM durante parte del período estudiado fue la implementación del anteriormente mencionado “Programa de Monitoreo” financiado por el Banco Inter-Americano de Desarrollo y a cargo de un consorcio privado (SEINCO). Los objetivos de este programa, descritos en detalle en el Capítulo 2, incluyeron el establecimiento de una frecuencia de monitoreo de industrias y cuerpos de agua para la IMM. En pos de este objetivo, SEINCO condujo inspecciones regulares a plantas industriales durante 1999-2001. La IMM aprovechó esta situación ahorrando recursos de monitoreo. $INSPSEINCOCUM_{i,t-1}$, el número acumulado de inspecciones hechas por SEINCO en una planta en los últimos doce meses mide este efecto.

Asimismo, el sector industrial uruguayo atravesó una importante contracción durante parte del período estudiado. En particular, el índice de volumen físico industrial cayó 8,6% en promedio en 1999 y 7,2% en 2001. (Durante 2000 se incrementó 2%). La contracción fue mayor medida por el PBI industrial real: 23% entre 1996 y 2001, con una caída promedio de 4% durante el período 1997 - 2001 y 8% durante el período 1999 - 2001.¹² Aunque no reconocido por las autoridades, como consecuencia de esta contracción, los inspectores pueden haber hechos más laxos sus esfuerzos de control sobre las empresas, por cuanto fueron precisamente “los tiempos difíciles” que

¹¹ A pesar de de esto corrí un modelo con el DBO_5 promedio de la planta en los últimos seis meses como variable explicativa. El coeficiente resultante fue extremadamente bajo (0.00008) y no significativo. El ajuste general del modelo incrementó tan solo 0.000276 medido por el R cuadrado de McFadden.

¹² Las diferencias en las variaciones del índice de volumen físico industrial (construido por el Instituto Nacional de Estadísticas) y el PBI industrial (construido por el Banco Central) se deben a diferencias en la ponderación de las diferentes ramas en la construcción de uno y otro. Elegí el primero por su disponibilidad mensual.

inspiraron el Plan de Reducción de la Contaminación Industrial. Para capturar este posible efecto incluí el nivel mensual del índice de volumen físico industrial (*VOL*).

Aparte de clasificar las plantas industriales de acuerdo a su prioridad, la IMM también centró esfuerzos en las curtiembres y los lavaderos de lana. La razón de esto es que la IMM, de acuerdo con el BID, fijó objetivos de control para dos contaminantes, cromo y DBO_5 . Estas dos ramas son las dos fuentes más importantes de estos contaminantes, respectivamente. Por esta razón, dos variables dicotómicas fueron agregadas a las lista de variables del lado derecho; *TANNERY* para curtiembres, y *WOOL* para lavaderos de lana.¹³

1997-1998 es otra variable dicotómica igual a uno en los meses de estos dos años durante los cuales la IMM condujo campañas de monitoreo especiales debido al rezago en la implementación del Programa de Monitoreo por SEINCO. Es interesante puntualizar que los inspectores de la IMM recibieron compensaciones extras, financiadas por el BID, por estas campañas.

DURINGPLAN refiere al Plan de Reducción de la Contaminación Industrial implementado entre marzo de 1997 y diciembre 1999. Esta variable, una "dummy" igual a uno durante estos meses, fue incluida porque la IMM puede haber cambiado su estrategia de monitoreo debido a que su objetivo durante esos meses era darles a la plantas tiempo para incorporar tecnologías de abatimiento.

El estándar de emisión de DBO_5 para plantas emitiendo directamente a un curso de agua es 60 miligramos por litro (mg/l), mientras que es 700 mg/l para aquellas emitiendo a colector. Una variable "dummy" indicando si la planta emite a curso de agua o colector también fue incluida para capturar cualquier efecto posible en la probabilidad de ser inspeccionado. Esta variable es *STREAM*, igual a uno si la planta emite directamente a curso de agua.

Finalmente, $\eta_{i,t}$ es el término de error, que se asume idéntica e independientemente distribuido con media cero y distribución logit. La razón para elegir esta distribución, en oposición a una distribución normal es la siguiente. Aunque hay una intercepción común en la ecuación de inspección de la IMM, voy a testear por efectos fijos. Pero los modelos probit no permiten una especificación de efectos fijos; estos sólo es posible en los modelos logit. La estructura de datos de panel común es una número alto de unidades observadas durante un período de tiempo relativamente corto ($N > T$). En esta estructura tiene sentido tener las propiedades asintóticas deseables cuando N crece y T está fijo. Pero aumentar N significa aumentar el número de parámetros a estimar (vía aumento de los efectos fijos). Este problema se conoce como el "problema de los parámetros incidentales". Maximizar la verosimilitud sobre todos los parámetros, incluidos los efectos fijos, producirá estimaciones inconsistentes para N grande y T fijo (Hsiao, 1986). Una solución parcial a este problema fue desarrollada para el modelo logit pero no para el modelo probit, el cual no permite una especificación con efectos fijos porque no permite deshacerse de los efectos específicos de planta. La solución parcial es el enfoque

¹³ Incluí "dummies" del sector o rama en lugar de estas dos "dummies" pero no fueron significativas ni mejoraron el ajuste del modelo en la regresión incondicional.

de máxima verosimilitud condicional sugerido por Chamberlain (1980). Condicionando en el número de inspecciones realmente observadas para cada planta, uno se deshace de los efectos fijos y obtiene estimaciones consistentes para el resto de los parámetros (ver Apéndice 7.1, Caffera(2004)).

6.1.2 La Ecuación de Inspección de la DCA

Como se explicó en el Capítulo 2, un arreglo previo entre la IMM y la DCA dejó el monitoreo regular en manos de la UEI durante el período analizado.¹⁴ De hecho, como puede verse en la Tabla 2.1 del Capítulo 2, de un total de 760 inspecciones, 549 fueron hechas por la UEI. El arreglo también significó que la DCA estaría básicamente a cargo del “cumplimiento inicial” asegurando que todas las plantas tuvieran y operaran correctamente sus plantas de tratamiento de efluentes. Sin embargo, no existe una clara diferencia entre el número de inspecciones realizadas por esta oficina en plantas que incorporaron tecnología de abatimiento durante este período y aquellas que no lo hicieron. Esto significa que la DCA dejó en manos de la IMM la mayor parte del control del “cumplimiento continuo”, pero condujo sus propias inspecciones, aunque muchas menos.

Con todo esto en mente, la ecuación de inspección estimada para la DCA fue:

$$\begin{aligned}
 INSPDCA_{i,t} = & \alpha_0 + \alpha_1 INSPDCACUM_{i,t-1} + \alpha_2 INSPDCAOTHERCUM_{i,t-1} \\
 & + \alpha_3 EADCACUM_{i,t-1} + \alpha_4 VOL_t + \alpha_5 TANNERY_i \\
 & + \alpha_6 WOOL_i + \alpha_7 CARRASCO1999_i + \alpha_8 STREAM_{i,t} + v_{i,t}
 \end{aligned} \tag{6.2}$$

$i = 1, \dots, 74; t = \text{July}1997, \dots, \text{October}2001$

Las dos primeras variables (*INSPDCACUM* y *INSPDCAOTHERCUM*) se definen exactamente igual que *INSPIMMCUM* y *INSPIMMOTHERCUM*, y son incluidas por las mismas razones. *EADCACUM_{i,t-1}* es el número acumulado de intimaciones de cumplimiento, amenazas de multas (“vistas”) y multas emitidas por la DCA a la planta hasta *t-1*.¹⁵ *VOL*, *TANNERY*, *WOOL* y *STREAM* son las mismas variables incluidas en la ecuación de inspecciones de la IMM. Finalmente, durante 1999 la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) realizó una campaña de monitoreo especial en aquellas plantas ubicadas en la

¹⁴ A pesar de ello, estimé una ecuación común. Ésta fue:

$$\begin{aligned}
 Insp_{i,t} = & \gamma_1 INSPCUM_{i,t} + \gamma_2 DVCUM_{i,t} + \gamma_3 ORDERCUM_{i,t} \\
 & + \gamma_4 POSTCUM_{i,t} + \gamma_5 Vol_t + \gamma_6 RF_{i,t} + \gamma_7 Pty_i + \eta_{i,t}
 \end{aligned}$$

La especificación de esta ecuación incorporó ambas estrategias de la IMM y de la DCA. El ajuste de esta ecuación fue más pobre que el ajuste de las ecuaciones separadas para la IMM y la DCA.

¹⁵ Separar *EADCACUM* en el número acumulado de intimaciones al cumplimiento, el número acumulado de amenazas de multa y el número acumulado de multas no mejoró los resultados.

cuenca del Arroyo Carrasco. Esta campaña fue el resultado de un acuerdo entre la DINAMA y la Asociación Pro-Recuperación del Arroyo Carrasco (APRAC). Por esta razón incluí la “dummy” *CARRASCO1999*. Finalmente, asumí una distribución logit de los errores en esta ecuación por la misma razón dada en la ecuación de la IMM.

6.1.3 La Ecuación de Inspección de SEINCO

Consistentemente, fue estimada una tercera ecuación correspondiente a SEINCO.

La especificación de la ecuación de inspección de SEINCO es:

$$\begin{aligned} INSPSEINCO_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 INSPSEINCOCUM_{i,t-1} + \beta_2 INSPIMMCUM_{i,t-1} \\ & + \beta_3 INSPDCACUM_{i,t-1} + \beta_4 PTY_i + \beta_5 TANNERY \\ & + \beta_6 WOOL_i + \beta_7 STREAM_{i,t} + \delta_{i,t} \end{aligned} \quad (6.3)$$

$i = 1, \dots, 74; t = July1999, \dots, September2001$

INSPSEINCOCUM es el número acumulado de inspecciones de SEINCO. *INSPIMMCUM* y *INSPDCACUM* fue incluida para testear cómo SEINCO usó la información correspondiente a la actividad de monitoreo de las dos instituciones oficiales para desarrollar la propia. Finalmente, de acuerdo con las entrevistas, SEINCO también inspeccionó a las plantas “Prioridad 1” más frecuentemente y centró esfuerzos en curtiembres y lavaderos de lana por su importancia en términos de contaminación orgánica y de metales.

6.2 Las Ecuaciones de Contaminación

6.2.1 La Ecuación de DBO₅

La ecuación (7.4) es una ecuación lineal de contaminación en el espíritu de Magat and Viscusi (1990), Laplante and Rilstone (1996) and Dasgupta, et al. (2001). Asume una tecnología Cobb-Douglas.

$$\begin{aligned} \ln(BOD5_{i,t}) = & \lambda_1 \ln(P_{q,t}) + \lambda_2 \ln(Labor_{i,t}) + \lambda_3 \ln(Water_{i,t}) \\ & + \lambda_4 \ln(Energy_{i,t}) + \lambda_5 \ln(Flow_{i,t}) + \lambda_6 TECH_{i,t} \\ & + \lambda_7 PINSPIMM_{i,t} + \lambda_8 PINSPDCA_{i,t} + \lambda_9 PINSPSEINCO_{i,t} \end{aligned} \quad (6.4)$$

$$\begin{aligned} & + \lambda_{10} INSPIMMCUM_{i,t-1} + \lambda_{11} INSPDCACUM_{i,t-1} + \lambda_{12} FINEDIMMCUM_{i,t-1} \\ & + \lambda_{13} EADCACUM_{i,t-1} + \lambda_{14} DURINGPLAN_t + \mu_i + v_{i,t} \end{aligned}$$

$$i = 1, \dots, 74; t = julio 1997, \dots, octubre 2001.$$

La ecuación 6.4 se desarrolla desde la idea de que el nivel de concentración de contaminación orgánica en un mes determinado, medido como Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) en mg/l, es una función de dos conjuntos de variables, uno reflejando los ingresos marginales de la contaminación (i.e., el valor de la productividad marginal de la contaminación) y otro reflejando el costo marginal esperado de la contaminación.

Los ingresos marginales de la contaminación son representados por el precio del bien final ($P_{q,t}$), y los insumos trabajo ($Labor_{i,t}$ = número total de días-empleado trabajados, agua ($Water_{i,t}$ = agua consumida, en m³), energía ($Energy_{i,t}$) y el caudal ($Flow_{i,t}$). Los costos marginales esperados de la contaminación son representados por las variables de monitoreo y control. Estas están compuestas por las probabilidades de ser inspeccionado por el gobierno municipal y nacional ($PINSPIMM_{i,t}$ y $PINSPDCA_{i,t}$) y por la probabilidad de ser inspeccionado por SEINCO ($PINSPSEINCO_{i,t}$). Estas tres variables, obtenidas al ajustar las ecuaciones de inspección de la IMM, DCA y SEINCO, son incluidas para capturar el efecto de posibles futuras acciones de control debido a decisiones sobre contaminación tomadas en el presente.

Pero la contaminación presente también es el resultado de acciones de monitoreo y control del pasado. Esta es la razón de incluir el número acumulado de inspecciones realizadas por el gobierno municipal ($INSPIMMCUM$) y el gobierno nacional ($INSPDCACUM$) en los últimos doce meses el número acumulado de multas impuestas por el gobierno municipal ($FINEDIMMCUM$) y el número acumulado de acciones de control intermedias y multas impuestas por el gobierno nacional ($EADCACUM$).¹⁶

¹⁶ Las multas monetarias no son las únicas penas impuestas por incumplimiento. Las plantas también pueden ser cerradas temporalmente. Pero ni el gobierno municipal ni el gobierno nacional tienen información histórica confiable sobre estas medidas. (Este tipo de medidas fue tan poco común como las multas durante el período). Otra forma de pena implementada fue la de hacer a los profesionales a cargo de las plantas de tratamiento legalmente responsables por la veracidad de la información contenida en los informes cuatrimestrales. Durante la primer fase el plan de Reducción de la Contaminación Industrial, los formularios de los informes cuatrimestrales incluían al final una copia de los correspondientes artículos de la norma donde se establecía esta responsabilidad. De acuerdo con el Director de la Unidad de Efluentes Industriales de la IMM, esto fue hecho como un mecanismo explícito para lograr mayor cumplimiento. El objetivo fue el de persuadir a los profesionales acerca de los peligros de falsificar información y el de actuar sobre las plantas más difíciles a través de ellos. De acuerdo al Director, este tipo de multas esperadas puede haber tenido un impacto importante en el nivel de emisiones porque las plantas menos proclives a abatir emisiones pueden haber tenido crecientes dificultades para hallar profesionales en el mercado que estuvieran dispuestos a mentir a expensas de su propio costo personal. Aparte de esta aparente efectividad, esta estrategia de multas, la cual en cierto sentido puede verse como una desviación del modelo teórico tradicional de control, parece también óptima en términos de compatibilidad institucional. Las multas altas son raramente factibles de aplicar en países menos desarrollados donde las firmas sufren importantes restricciones de efectivo. Estas penas alternativas son más fáciles de aplicar porque no implican un pago en efectivo. Al mismo tiempo, sí significan altos costos para las firmas ya sea directamente (cerrar) o indirectamente (a través de los incentivos de los profesionales). Desafortunadamente, fue imposible medir estos efectos. Finalmente, $INSPSEINCOCUM$ (el número acumulado de inspecciones pasadas por SEINCO) fue incluido originalmente en este modelo pero fue sacada por su correlación de 0,91 con $PINSPSEINCO$.

Algunos casos en la bibliografía previamente citada incluyen el número contemporáneo de inspecciones o una “dummy” como variable explicativa para indicar si la planta fue inspeccionada en ese mes. Aquellos que no consideraron la sub-declaración de emisiones como un tema la incluyeron como otro determinante de la contaminación. Estos casos estimaron la contaminación y las inspecciones como en un sistema de ecuaciones. Aquellos que sí consideraron el tema de la sub-declaración de emisiones, como Shimshack y Ward (2002), lo hicieron como un test “imperfecto” y “débil” sobre la presencia o no de sub-declaraciones. Mi enfoque fue el de usar valores ajustados obtenidos de las ecuaciones de inspecciones que sirvieran al mismo tiempo como instrumentos econométricos para las inspecciones reales y como indicador de la probabilidad de ser inspeccionado. Éstas capturarían las reacciones de las plantas a la posibilidad de futuras acciones de monitoreo y control debido a decisiones sobre el nivel de contaminación a declarar tomadas en el presente. Al mismo tiempo, usé la información sobre muestras de DBO₅ tomadas por la IMM, DCA y SEINCO para realizar pruebas de diferencias de medias entre éstas y los niveles de DBO₅ declarados por las empresas para testear la presencia de sub-declaraciones y posibles cambios en la estrategia de declaración de las firmas en el tiempo.

La razón de incluir acciones de control intermedias además de multas es que con sólo quince multas en todo el período (a pesar de violaciones frecuentes) es razonable concluir que los reguladores intentaron reducir emisiones vía estas acciones intermedias. Éstas pueden haber tenido sus propios efectos disuasivos. Estos efectos disuasivos podrían ser explicados porque las multas no son instantáneamente aplicadas luego de que una violación es reportada o descubierta por una inspección. En su lugar, las firmas enfrentan una probabilidad mayor de ser multadas. Esta probabilidad y el monto de la multa son inciertos para la firma, por supuesto. Sin embargo, las firmas aprenden observando respuestas pasadas de los reguladores a violaciones. Este argumento es similar al de Shimshack and Ward (2002).¹⁷

Ocho plantas modificaron su tecnología de tratamiento durante el período, sea construyendo plantas de tratamiento inexistentes o modificando en forma significativa las existentes.¹⁸ Incluí la variable *TECH*, igual a 1 a partir del mes en que la planta realizó mejoras sustantivas en su planta de tratamiento para controlar por el efecto de los cambios en la tecnología de tratamiento sobre los niveles de DBO₅.

La última variable explicativa es *DURINGPLAN*. Esta variable es la misma variable dicotómica que fue incluida en la ecuación de inspección de la IMM. Su valor es uno durante los meses del Plan de Reducción de la Contaminación Industrial y cero en los restantes. La idea de incluir esta variable en la ecuación de contaminación es la de testear por la presencia de diferentes

¹⁷ Corrí una versión de esta ecuación separando el número acumulado de intimaciones al cumplimiento, el número acumulado de amenazas de multas, y el número acumulado de multas impuestas por la DCA. Los resultados no cambiaron.

¹⁸ Una planta más incorporó tecnología de abatimiento un mes antes del período de mi estudio y dos más durante 1996.

comportamientos de declaración y emisión de las plantas durante el plan. Esta situación es posible porque durante estos meses los estándares de emisiones fueron más laxos. Con ellos la IMM intentó darle a las plantas tiempo para adoptar medidas de abatimiento mientras al mismo tiempo pudieran cumplir con las regulaciones de contaminación. La inclusión de esta variable mide el éxito de este plan.¹⁹

El parámetro μ_i es un efecto específico de cada planta. Elegí un Modelo de Efecto Fijo (FE), por oposición a un modelo de efecto aleatorio, dado que estoy basando mi inferencia en esas 74 plantas específicas, las que no fueron seleccionadas en forma aleatoria de una población grande sino que son responsables de alrededor del 90% de las emisiones industriales de la ciudad (Multiservice-Seinco-Tahal, 2001). No realizo pruebas de hipótesis formales para testear por los efectos fijos. Para realizar estas pruebas bajo el supuesto de errores no esféricos debería invertir la matriz de varianzas y covarianzas y como explico en detalle en Caffera (2004), esto no es posible cuando N (el número de plantas) es mayor que T (el número de meses que uno observa cada planta), como es mi caso. A pesar de esto, realicé un test de Chow asumiendo que los errores eran esféricos. El test sugirió fuertemente rechazar la hipótesis nula de términos constantes comunes.²⁰

Finalmente, $v_{i,t}$ es el error estocástico. Siguiendo a Park los errores puede tener:

(1) *Heteroscedasticidad de Panel*: $E(v_{it}^2) \neq E(v_{jt}^2)$ para $i \neq j$, siendo i y j plantas diferentes, pero $E(v_{it}^2) = E(v_{is}^2)$ para $t \neq s$, de tal forma que $E(v_{it}^2) = \sigma_i^2$. Se asume que la varianza de los errores difiere entre plantas pero no a lo largo del tiempo para una misma planta.

(2) *Correlación Contemporánea*: $E(v_{it}v_{jt}) = E(v_{is}v_{js}) \neq 0$, pero $E(v_{it}v_{js}) = 0$, entonces $E(v_{it}v_{jt}) = \sigma_{ij}$, con todas las demás covarianzas igual a cero.

A su vez, los errores pueden tener:

(3) *Correlación Serial Común*: $v_{it} = \rho v_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$, donde los ε_{it} son "shocks" con media cero, temporalmente independientes e idénticamente distribuidos, o

(4) *Correlación Serial Específica por Planta*: $v_{it} = \rho_i v_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$.

Con respecto a esta última, Beck and Katz (1995) argumentan: "El supuesto de correlación serial específica por unidad ... parece raro a nivel teórico. Los analistas de datos de panel asumen que los parámetros

¹⁹ Una debilidad de esta conclusión es puntualizada en el capítulo siguiente. El período luego del plan coincide con una de las más importantes recesiones de la economía uruguaya en su historia. Como resultado, la interpretación de un signo positivo del coeficiente de la variable "dummy" DURINGPLAN como un éxito del plan puede ser errónea.

²⁰ Bajo la hipótesis nula de términos constante comunes, el estadístico $\frac{(R_u^2 - R_p^2)/(N-1)}{(1 - R_u^2)/(NT - N - K)}$

distribuye $F[(N-1), (NT-N-K)]$, donde el subíndice u corresponde al modelo irrestricto y el subíndice p corresponde al modelo agrupado. El modelo irrestricto en este caso es el modelo EF y el modelo agrupado es el modelo MCO con constante común. K es el número de variables explicativas. El valor de este estadístico para este test fue $71,69 > F(73,2705)$.

“interesantes” del modelo, β , no varían entre unidades; este supuesto de agregación está en el centro del análisis de datos de panel. ¿Por qué debemos esperar que el “molesto” ρ no muestre una agregación similar? ρ puede ser interpretado como el tiempo que lleva que “shocks” anteriores sean removidos del sistema. ¿Por qué esta “memoria” debe ser el único parámetro del modelo que varía de unidad a unidad?” (Beck and Katz, 1995, pg. 638). A pesar de lo acertado del comentario, se testeará por esta posibilidad.

6.2.2 La Ecuación de Carga

La razón de estimar la ecuación de DBO₅ es que los estándares de emisión están definidos en términos de concentración de materia orgánica (medido como DBO₅). Pero al mismo tiempo es interesante testear si la estrategia de monitoreo y control de los reguladores durante el período tuvo un efecto en la carga orgánica total emitida por las plantas y compararlo con los resultados obtenidos con la ecuación de DBO₅. Un tema interesante que puede surgir con esta comparación es si la efectividad de los reguladores está enmascarada por la dilución de efluentes en agua limpia, por ejemplo. La ecuación de carga a estimar se especifica exactamente como la ecuación de DBO₅ excepto por el hecho obvio de que no puedo incluir FLOW como variable explicativa porque la variable dependiente CARGA se define como FLOW * DBO₅. CARGA se mide en kg/día.

6.2.3 La Ecuación de Violación

Para testear la efectividad de los reguladores con respecto al status de cumplimiento de las plantas estimo una ecuación logit condicional de efectos fijos con una variable *dummy* igual a uno si la planta reportó una violación y cero en caso contrario como variable dependiente. Las violaciones fueron definidas con respecto a los estándares más laxos del Plan de Reducción de la Contaminación Industrial cuando correspondió.

La ecuación de violación tiene las mismas variables explicativas que la ecuación de DBO₅ pero tiene menos observaciones. Cinco plantas fueron sacadas de la muestra porque infiltraban y no hay estándares fijados para DBO₅ en este caso. Además, catorce plantas adicionales que cumplieron o no cumplieron en cada uno de los meses del período y por lo tanto no aportan verosimilitud al modelo condicional también fueron descartadas de la muestra. (Ver Greene (1997), pág. 899).

Apéndice 6.2: Definición de Variables

Table A.6.1

Nombre	Definición
<i>1997-1998</i>	Dummy igual a uno en los meses de 1997 y 1998 durante los cuales la IMM condujo campañas de monitoreo especiales, financiadas por el BID
<i>BOD5_{i,t}</i> =	Concentración de Demanda Biológica de Oxígeno en las emisiones, en mg/l
<i>CARRASCO1999_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno en los meses de 1999 durante los cuales la DCA condujo una campaña de monitoreo especial en el arroyo Carrasco
<i>DURINGPLAN_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno durante los meses de Plan de reducción de la Contaminación Industrial (Res. Mun. 761/96)
<i>ENERGY_{i,t}</i> =	Energía total consumida en mega joules (MJ)
<i>EADCACUM_{i,t}</i> =	Número de acciones de control (multas e intimaciones) impuestas por la DCA a la planta en los últimos doce meses
<i>FLOW_{i,t}</i> =	Caudal diario promedio (m3/día)
<i>INSPDCA_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno si la planta <i>i</i> fue inspeccionada por la DCA en el mes <i>t</i>
<i>INSPDCACUM_{i,t-1}</i> =	Número de inspecciones realizadas por la DCA en la planta en los últimos doce meses
<i>INSPDCAOTHERCUM_{i,t-1}</i> =	Número de inspecciones realizadas por la DCA en el resto de las plantas en los últimos doce meses
<i>INSPIMM_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno si la planta <i>i</i> fue inspeccionada por la IMM en el mes <i>t</i>
<i>INSPIMMCUM_{i,t-1}</i> =	Número de inspecciones realizadas por la IMM en la planta en los últimos doce meses
<i>INSPIMMOTHERCUM_{i,t-1}</i> =	Número de inspecciones realizadas por la IMM en el resto de las plantas en los últimos doce meses
<i>INSPSEINCO_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno si la planta <i>i</i> fue inspeccionada por SEINCO en el mes <i>t</i>
<i>INSPSEINCOCUM_{i,t-1}</i> =	Número de inspecciones realizadas por SEINCO en la planta en los últimos doce meses
<i>FINEDIMMCUM_{i,t-1}</i> =	Número de multas impuestas por la IMM a la planta en los últimos doce meses
<i>LABOR_{i,t}</i> =	Días-empleo totales trabajados
<i>LOAD_{i,t}</i> =	$(BOD5 * FLOW)$ = descarga orgánica total (mg/day)
<i>PINSPIMM_{i,t}</i> =	Probabilidad de ser inspeccionada por la IMM
<i>PINSPDCA_{i,t}</i> =	Probabilidad de ser inspeccionada por la DCA
<i>PINSPSEINCO_{i,t}</i> =	Probabilidad de ser inspeccionada por SEINCO
<i>P_{q,t}</i> =	Precio del bien producido
<i>PTY_i</i> =	Dummy igual a uno si la planta es Prioridad 1
<i>RF_{i,t}</i> =	Número de no-reportes en los dos períodos de reporte previos
<i>STREAM_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno si la planta emite directamente a un curso de agua
<i>TANNERY_i</i> =	Dummy igual a uno si la planta es una curtiembre
<i>TECH_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno luego de que la planta modifica su planta de tratamiento
<i>VIOL_{i,t}</i> =	Dummy igual a uno si la planta reporta una violación
<i>VOL_t</i> =	Nivel mensual del Índice de Volumen Físico
<i>WATER_{i,t}</i> =	Agua total consumida, en m3/mes
<i>WOOL_i</i> =	Dummy igual a uno si la planta es un lavadero de lana

7.- ESTIMACIÓN

7.1. Ecuaciones de inspecciones

Aunque las ecuaciones de inspecciones (7.1) - (7.3) presentan una constante común, testeó por la presencia de efectos-fijos en cada una de ellas usando un test de Hausman que compara las estimaciones por un logit condicional (efectos fijos) y incondicional.

Bajo la hipótesis nula (H_0) $\alpha_i = \alpha$, ambos el estimador logit condicional (ELC) y el estimador *logit* incondicional (EL) son consistentes, pero el ELC es ineficiente porque no usa la información en H_0 . (i.e.: cualquier característica específica de cada planta, invariable con el tiempo capturada por el efecto fijo). Bajo la alternativa de heterogeneidad en las plantas, el EL es inconsistente mientras que el ELC de Chamberlain es consistente y eficiente. El estadístico chi-cuadrado de Hausman es el siguiente:

$$\chi^2 = (\hat{\beta}_{ELC} - \hat{\beta}_{EL})' (\text{var}[ELC] - \text{var}[EL])^{-1} (\hat{\beta}_{ELC} - \hat{\beta}_{EL})$$

Para el estimador *logit* incondicional la fila y la columna correspondiente al término constantes son descartadas de la matriz de covarianzas estimada $\text{var}[LE]$. Los resultados de los tests para las tres ecuaciones de inspecciones se presentan en la Tabla 7.1.

Table 7.1: Test de Hausman para Efectos Fijos en las Ecuaciones de Inspecciones

	Grados de Libertad	Chi Cuadrado	Prob>Chi Cuadrado
IMM	9	98,7	0,000
DCA	6	91,48	0,000
SEINCO	4	238,6	0,000

En los tres casos es muy claro que debo rechazar la hipótesis nula de ausencia de efectos fijos a favor de la alternativa de presencia de efectos fijos.

Porque los efectos fijos nunca son estimados realmente en el *logit* condicional (de nuevo, ver Greene (1997, pág. 899), los resultados de estos tests sugieren la siguiente disyuntiva. Por un lado, sin estimaciones para los efectos fijos, no puedo obtener predicciones para las probabilidades de inspección. Por otro, si especifico un logit incondicional para ser capaz de predecir probabilidades no reconozco los efectos específicos de cada planta y obtengo estimaciones inconsistentes de mis parámetros.

La solución elegida fue estimar un logit incondicional para predecir las probabilidades y un logit condicional para interpretar los coeficientes estimados. Los dos modelos no pueden ser especificados idénticamente porque la regresión *logit* condicional (efectos fijos) elimina cualquier variable sin variación entre-planta. Esto implica que *TANNERY*, *WOOL*, y *PTY* se omiten de

la ecuación de inspecciones de la IMM y SEINCO y que TANNERY y WOOL se omiten de la ecuación de inspecciones de la DCA.

Las ecuaciones resultantes son:

$$\begin{aligned}
 INSPIMM_{i,t} = & \gamma_i + \gamma_1 INSPIMMCUM_{i,t-1} + \gamma_2 INSPIMMOTHERCUM_{i,t-1} \\
 & + \gamma_3 INSPSEINCOCUM_{i,t-1} + \gamma_4 FINEDIMMCUM_{i,t-1} + \gamma_5 VOL_t \\
 & + \gamma_6 RF_{i,t} + \gamma_7 1997 - 1998_t \\
 & + \gamma_8 DURINGPLAN_t + \gamma_9 STREAM_{i,t} + \eta_{i,t} \\
 & i = 1, \dots, 74; t = \text{Julio } 1997, \dots, \text{Octubre } 2001
 \end{aligned} \tag{7.5}$$

$$\begin{aligned}
 INSPDCA_{i,t} = & \alpha_i + \alpha_1 INSPDCACUM_{i,t-1} + \alpha_2 INSPDCAOTHERCUM_{i,t-1} \\
 & + \alpha_3 EADCACUM_{i,t-1} + \alpha_4 VOL_t + \alpha_5 CARRASCO1999_t \\
 & + \alpha_6 STREAM_{i,t} + v_{i,t} \\
 & i = 1, \dots, 74; t = \text{Julio } 1997, \dots, \text{Octubre } 2001
 \end{aligned} \tag{7.6}$$

$$\begin{aligned}
 INSSEINCO_{i,t} = & \beta_i + \beta_1 INSPSEINCOCUM_{i,t-1} + \beta_2 INSPIMMCUM_{i,t-1} \\
 & + \beta_3 INSPDCACUM_{i,t-1} + \beta_4 STREAM_{i,t} + \delta_{i,t} \\
 & i = 1, \dots, 74; t = \text{Julio } 1997, \dots, \text{Octubre } 2001
 \end{aligned} \tag{7.7}$$

donde todas las variables están definidas como en las ecuaciones (7.1), (7.2) y (7.3), y γ_i , α_i y β_i representan los efectos fijos específicos de cada planta en las tres ecuaciones, respectivamente.

Las ecuación de inspecciones de arriba asumen implícitamente que cada planta tiene información sobre el número de inspecciones, ordenes, amenazas de multa y multas que la DINAMA, la IMM y SEINCO realizan en cada planta en cada momento, y utilizan esta información para determinar sus probabilidades de ser inspeccionados. En la realidad esto es imposible sin una política gubernamental de disseminación de información. Este no es el caso en Montevideo. Por lo tanto, las probabilidades estimadas de inspección seguramente diferirán de las elaboradas por los gerentes de las plantas. Una posibilidad para acercarnos a la realidad habría sido estimar una ecuación de inspección para cada planta. Esto no fue posible porque primero, algunas plantas no tienen un número suficiente de observaciones para asegurar las propiedades asintóticas de los estimadores de máxima verosimilitud y segundo,

otras plantas tienen cero observaciones para *FINEDCUM* o *EADCACUM* o *RF* durante el período entero.

7.2. La Ecuación de Contaminación

Dado que no hay una variable endógena corriente ($BOD_{5\ i,t}$) en el lado derecho de la ecuación de inspección, mi sistema de ecuaciones es recursivo. Las estimaciones obtenidas son consistentes. No son necesarios procedimientos de estimación de ecuaciones simultáneas. ²¹

Si no hay correlación contemporánea entre el término de error en la ecuación de contaminación ($v_{i,t}$) y los términos de errores en la ecuaciones de inspecciones ($\eta_{i,t}, v_{i,t}, \delta_{i,t}$), los valores ajustados obtenidos de la ecuaciones de inspecciones (los cuáles sirven como proxies de las probabilidades de inspecciones) no estarán correlacionados con $v_{i,t}$ y un estimador de mínimos cuadrados producirá estimaciones consistentes de los parámetros de la ecuación de contaminación.

La aproximación de estimación natural hubiera sido usar Mínimos Cuadrados Generales factibles; ya sea A) Mínimos Cuadrados ponderados aparentemente no-relacionados corrigiendo por (1) heterocedasticidad de panel y (2) correlación contemporánea de errores a través de la planta, o B) un estimador de Parks corrigiendo por (1) heterocedasticidad de panel, (2) correlación contemporánea de errores a través de la planta y (3) correlación serial. El problema con esta aproximación es que tengo un número de plantas ($N=74$) que es mayor que el número de períodos ($T=52$). Por lo tanto, no puedo estimar mi modelo utilizando un Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles porque la matriz de covarianzas de los errores no es invertible. ²²

²¹ Dado que la forma reducida de la ecuación de inspección es idéntica a la ecuación de inspección (estructural), mi procedimiento de estimación es el mismo que en un Mínimos Cuadrados en dos etapas pero en un sistema que no es simultáneo.

²² Asumamos para simplificar la notación que $T_i = T$ para toda i (i.e.: todas las plantas tienen el mismo número de observaciones; el panel está balanceado) y que no existe correlación serial de los errores. Entonces, la forma de Ω , la matriz de covarianzas de $(52*74)*(52*74)$ es como sigue:

$$\Omega = E[vv'] = \begin{pmatrix} \sigma_{11}\mathbf{I}_{52} & \sigma_{12}\mathbf{I}_{52} & \cdots & \sigma_{174}\mathbf{I}_{52} \\ \sigma_{21}\mathbf{I}_{52} & \sigma_{22}\mathbf{I}_{52} & \cdots & \sigma_{274}\mathbf{I}_{52} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{741}\mathbf{I}_{52} & \sigma_{742}\mathbf{I}_{52} & \cdots & \sigma_{7474}\mathbf{I}_{52} \end{pmatrix} = \Sigma \otimes \mathbf{I}_T$$

donde

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{174} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{274} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{741} & \sigma_{742} & \cdots & \sigma_{7474} \end{pmatrix}$$

y $\sigma_{ij} = E(v_{it}v_{jt})$ como se definió arriba. Llamemos $\hat{\Sigma}$ al Σ estimado utilizando $\hat{\sigma}_{ii} = \sum_t (\tilde{y}_{it} - \tilde{x}_{it}b_{FE})^2 / T$ y $\hat{\sigma}_{ij} = \sum_t (\tilde{y}_{it} - \tilde{x}_{it}b_{FE})(\tilde{y}_{jt} - \tilde{x}_{jt}b_{FE}) / T$, donde \tilde{y} y \tilde{x} son la

El camino más fácil para evadir este problema habría sido descartar el número apropiado de plantas. Este procedimiento me hubiera dejado con un panel de 52 plantas y 52 períodos de tiempo ($N = T$, la condición necesaria para que Σ fuera invertible). Sin embargo, el panel hubiera sido des-balanceado dado que el número de plantas con cero no-reportes es 43. Ahora, no hay procedimiento de selección de estas 52 plantas que no hubiera introducido un sesgo en la selección.²³ La solución escogida para evitar la singularidad de $\hat{\Sigma}$ y al mismo tiempo utilizar la información de las 22 (74 - 52) plantas que tengo “en exceso” de T fue para obtener estimaciones puntuales consistentes de mis parámetros y luego calcular errores estándar corregidos de estos estimadores.²⁴ Este método no solamente evita el problema de la imposibilidad de aplicar Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles para producir estimaciones consistentes de los parámetros, sino que también permite extraer inferencias correctas acerca de los coeficientes estimados.²⁵

transformación con respecto a la media de las variables dependientes e independientes y b_{FE} son las correspondiente estimaciones de los parámetros por efectos fijos. Entonces, $\hat{\Sigma}$ es una matriz (74*74), pero su rango es, a los sumo, 52 (el menor de $T=52$ y $N=74$). $\hat{\Sigma}$ no es de rango completo y por lo tanto no es invertible. Si $\hat{\Sigma}$ no es invertible, tampoco lo es $\hat{\Omega}$.

²³ Este sesgo en la selección podía haber sido explorado de varias formas. Primero, corriendo dos regresiones diferentes, una con el panel balanceado conformado por las 43 plantas con cero valor faltante y una con el panel no balanceado compuesto por las 31 plantas con al menos un mes de no informe, y comparándolas. Segundo, corriendo regresiones C_{52}^{74} con paneles no balanceados y calcular el promedio, la desviación estándar y el número de veces que las estimaciones eran estadísticamente significativas. El inconveniente obvio de esta alternativa es la cantidad de trabajo que implica. Seguro, también existe la posibilidad de correr 74 regresiones diferentes (una para cada planta), informando 74 estimaciones diferentes para cada parámetro y sus estadísticas descriptivas agregadas, pero esto iría contra la idea original de la agregación de los datos.

²⁴ Agradezco a Manuel Arellano por sugerirme esto en comunicación vía correo electrónico.

²⁵ Un curso de acción considerado pero descartado fue Errores Estándares Corregidos por Panel (Beck and Katz, 1995 y Beck et. Al, 1993). Estos autores sugieren obtener las estimaciones puntuales por MCO ineficientes pero consistentes y luego obtener estimaciones correctas de sus errores estándares aplicando la fórmula general usual $Cov(b_{OLS}) = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}'\hat{\Omega}\mathbf{X})(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$.

“Cualquier correlación serial de los errores debe ser eliminada antes de que los errores estándar corregidos por panel sean calculados” (pag.638). En tal caso, $\hat{\Omega}$ sería exactamente como en la nota al pie 24 con $\hat{\sigma}_{ii} = \sum_t (y_{it} - x_{it}b_{OLS})^2 / T_i$ y $\hat{\sigma}_{ij} = \sum_t (y_{it} - x_{it}b_{OLS})(y_{jt} - x_{jt}b_{OLS}) / T$. No

utilicé Errores Estándares Corregidos por Panel principalmente por dos razones. Primero, la motivación de Beck and Katz (1995) para sugerirlos fue la confianza excesiva producida por los errores estándares de Park (MCGF), algo ya puntualizado por Freedman and Peters (1984). Mi motivación aquí es algo diferente dado que no puedo utilizar MCGF en primer lugar debido al hecho de que $N > T$. El método de los Errores Estándares Corregidos por Panel fue desarrollado para paneles con $T > N$. La segunda razón es empírica. Tengo dos plantas (#52 y #72) que no tienen observaciones contemporáneas (comunes). Más aún, la naturaleza no balanceada del panel disminuye importantemente el número de observaciones para calcular las covarianzas $\hat{\sigma}_{ij}$. En otras palabras, no puedo calcular todas $\hat{\sigma}_{ij}$ para formar $\hat{\Omega}$.

Por consiguiente, primero corro un modelo de mínimos cuadrados con variables *dummy* (MCVD) para obtener residuos para transformar los datos como en Cochrane-Orcutt. Con los datos transformados corro un segundo MCVD para estimar los parámetros de la ecuación de DBO₅ y la ecuación de carga. Porque mi *T* es “alto” esto me permite obtener estimaciones consistentes de los parámetros. Con los residuos de este segundo MCVD computo los errores estándares robustos de Arellano (1987):

$$(\tilde{\mathbf{X}}'\tilde{\mathbf{X}})^{-1}\left(\sum_{i=1}^N\left(\tilde{\mathbf{X}}_i'\hat{u}_i\hat{u}_i'\tilde{\mathbf{X}}_i\right)\right)(\tilde{\mathbf{X}}'\tilde{\mathbf{X}})^{-1}$$

donde $\tilde{\mathbf{X}}$ expresa la matriz de variables explicativas después de la transformación con respecto a la media de cada planta, $\tilde{\mathbf{X}}_i$ expresa la misma matriz pero para la planta *i* y \hat{u}_i son los residuos estimados obtenidos de con el segundo MCVD.

Los errores estándares robustos de Arellano suponen que no hay correlación contemporánea de los errores y son robustos a la heterocedasticidad de panel y correlación serial. La razón para no calcular los errores estándares de Arellano con los datos originales en lugar de transformarlos primero para eliminar la auto-correlación de los errores es que esta técnica asume que *N* es grande y que *T* es chica y los resultados asintóticos son derivados para $N \rightarrow \infty$. En mi panel, aunque es verdad que $N > T$ también es verdad que $T = 52$ no puede ser considerada chica. Por lo tanto, al transformar los datos para eliminar la correlación serial de los errores tomo en consideración la nota de cautela de Arellanos (2003) de que cuando *T* no es pequeña la robustez de esta técnica respecto a la correlación serial puede disminuir.²⁶

7.3 Testeando la estructura de error

7.3.1 Testeando la Correlación Contemporánea de los Errores

Como se explicó en la nota al pie número 15, tengo dos plantas (Nº 52 y Nº 72) que no tienen observaciones contemporáneas comunes. En otras palabras, no puedo calcular $\hat{\sigma}_{ij}$ para realizar el test para la correlación temporal de los errores, y por lo tanto no puedo testear la validez del supuesto de no correlación de los errores que implica la aplicación de los errores estándares de Arellano. Sin embargo, este supuesto está justificado por el hecho de que la naturaleza desbalanceada del panel disminuye enormemente el número de observaciones para calcular las covarianzas $\hat{\sigma}_{ij}$. Dado que no tengo observaciones que son comunes a todas las plantas, la matriz residual de covarianzas estimada estaría formada por fuentes temporalmente no-conectadas. Por más que este procedimiento es consistente (a medida que el

²⁶ Agradezco a Graciela Sanromán por hacerme notar este punto.

número de observaciones entre plantas tiende a infinito), es improbable de que sea un buen estimador en este marco.

7.3.2. Testeando por correlación serial común vs. específica de cada planta de los errores

El estadístico Durbin-Watson de la regresión MCVD fue 1.2812. Este valor sugiere rechazar la hipótesis nula de la no auto-correlación de los errores a favor de la alternativa de la auto-correlación de primer orden.

Habiendo rechazado la hipótesis nula de no-autocorrelación, es conveniente testear si esta auto-correlación es común a todas las plantas o si es específica de cada planta. Este test lo realizo como un clásico test de Chow extendido para el caso de N regresiones lineales, una para cada planta. El modelo restringido es el modelo agregado $v_{it} = \rho v_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$. El modelo no restringido es: $v_{it} = \rho_i v_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$, de tal forma que la hipótesis nula puede ser escrita como $H_0) \rho_i = \rho$ para todo i . para realizar este tests calculo ρ como

$$\rho = \frac{\sum_i \sum_t v_{it} v_{i,t-1}}{\sum_i \sum_t v_{i,t-1} v_{i,t-1}} \quad \text{y } \rho_i \text{ como } \rho_i = \frac{\sum_{t_i} v_{it} v_{i,t-1}}{\sum_{t_i} v_{i,t-1} v_{i,t-1}}, \quad i=1, \dots, 74, \text{ eso es, como las}$$

estimaciones MCO de los modelos agregado y no agregado, siendo v_{it} los residuos de la estimación del modelo MCVD.

El estadístico del test es:

$$F = \frac{(\hat{v}'\hat{v} - \hat{v}_1'\hat{v}_1 - \hat{v}_2'\hat{v}_2 - \dots - \hat{v}_N'\hat{v}_N)/(N-1)*(K+1)}{(\hat{v}_1'\hat{v}_1 + \hat{v}_2'\hat{v}_2 + \dots + \hat{v}_N'\hat{v}_N)/N*(T-(K+1))}$$

donde, como de costumbre, N es el número de plantas, T es el número de meses y K es el número de parámetros (igual a uno en este caso). Bajo H_0 , F es distribuida $F((N-1)*(K+1), N*(T-(K+1)))$. El valor de F obtenido es 1.4509. el valor crítico para $F((74-1)*(2), (74*(41-2))) = F(146, 3034)$ tiende a uno. Por lo tanto, el test sugiere rechazar la hipótesis nula de autocorrelación común en favor de la hipótesis alternativa de autocorrelación específica para cada planta.

7.3.3 Testeando por la heteroscedasticidad de panel

Finalmente, testeo por la presencia de heteroscedasticidad de panel con tres tests diferentes: Bartlett, Levene y Brown-Forsythe. Los resultados de estos tests son presentados en la Tabla 7.2. Todos los tests sugieren rechazar la hipótesis nula de homoscedasticidad de panel a favor de la alternativa de que no todas las varianzas específicas de cada planta son iguales.

Tabla 7.2. Test de Igualdad de Varianzas entre Residuos

Muestra: 1997:07 2001:10
Observaciones incluidas: 52

Método	Grados de libertad	Valor
Bartlett	73	1194,6
Levene	(73, 2812)	8,3630
Brown-Forsythe	(73, 2812)	6,9412

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de esta sección es presentar los resultados obtenidos en la estimación de las ecuaciones presentadas en la sección anterior. La primer parte de esta sección está dedicada a la exposición y discusión de los resultados de los tests conducidos para explorar la existencia de sub-declaración. Un rasgo único de este trabajo con respecto a estudios empíricos pasados es la disponibilidad de cuatro fuentes de información sobre niveles de contaminación. Una es el nivel reportado por las plantas industriales, otra es el nivel muestreado por la IMM, una tercera es el nivel muestreado por la DCA y una cuarta es el nivel muestreado por SEINCO. Este rasgo único me permite realizar tests de diferencias de medias como una forma simple de explorar la presencia o ausencia de sub-declaraciones.

Luego discuto los resultados de las ecuaciones de inspecciones estimadas para la IMM, DCA y SEINCO, tal cual lo discutido en la sección anterior. Estas ecuaciones me permiten identificar los determinantes de la estrategias de inspección de cada una de las tres instituciones que inspeccionaron.

Finalmente, presento los resultados econométricos principales de este trabajo. Estos están dados por las estimaciones de la ecuación de DBO_5 , la ecuación de carga y la ecuación de violaciones. Estas tres ecuaciones comparten el objetivo principal de identificar los determinantes más importantes de la contaminación hídrica orgánica del sector industrial de Montevideo, prestando especial atención a los efectos de las actividades de monitoreo y control de cada una de las tres instituciones que condujeron inspecciones durante el período julio 1997 - octubre 2001.

8.1 Tests de Sub-Declaraciones

Como se dijo, la disponibilidad de cuatro fuente de información con respecto a los niveles de DBO_5 emitidos por las plantas permite realizar simples tests de diferencias de medias para explorar la existencia de sub-declaración. Estas cuatro fuentes son los niveles de DBO_5 reportados a la IMM y los resultados de las muestras tomadas durante las inspecciones de la IMM, DCA, y SEINCO.

La primera pregunta que surge naturalmente es si existe alguna diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de los niveles de DBO_5 muestreados por la IMM, DCA y SEINCO. Para responder a esta pregunta conduje tests de diferencias de medias. El primero usa todas las observaciones disponibles para cada una de las tres series y el segundo usa la muestra común (compuesta únicamente por 5 observaciones). Cuarenta y un plantas fueron inspeccionadas por las tres instituciones. Los resultados de los tests son presentados en la Tabla 8.1. De acuerdo al valor de estadístico F ANOVA, ambos tests sugieren no rechazar la hipótesis nula de promedios iguales.²⁷

²⁷ El mismo resultado se obtiene cuando se toma cualquier par de las tres series.

Basado en los resultados de estos tests construyo una serie agregada de muestras de DBO₅ con las series de la IMM, DCA y SEINCO. La serie agregada (DBO₅MUESTREADA) consiste en el valor de cualquiera de las tres series, cuando solo una es observada, o el promedio, cuando más de una es observada. Luego de generar DBO₅MUESTREADA conduzco un test para comparar su media con la media de la DBO₅ reportada. El resultado de este test se presenta en la Tabla 8.2. El valor de estadístico t (0,16) sugiere fuertemente no rechazar la hipótesis nula de promedios iguales entre las muestras y los reportes.

Tabla 8.1.

Tests de Igualdad de Medias entre DBO₅IMM, DBO₅DCA y DBO₅SEINCO

Muestra: 1997:07 2001:10

Muestras Individuales		
Variable	Obs.	Mean
DBO ₅ IMM	212	1395,8
DBO ₅ DCA	114	1165,0
DBO ₅ SEINCO	408	1267,9
All	734	1288,8
Estadístico F Anova		
Grados de libertad (2, 731)	Valor	Probabilidad
	0,27	0,7622
Muestra Común		
Variable	Obs.	Media
DBO ₅ IMM	5	1466,0
DBO ₅ DCA	5	1784,2
DBO ₅ SEINCO	5	1166,0
Todas	15	1472,1
F estadístico Anova		
Grados de libertad (2, 12)	Valor	Probabilidad
	0,32	0,7323

Tabla 8.2.

Tests de Igualdad de Medias entre DBO₅MUESTREADA y la DBO₅ reportada (DBO₅REP)

Muestra: 1997:07 2001:10

Muestras Individuales		
Variable	Obs.	Media
DBO ₅ MUESTREADA	653	1343,2
DBO ₅ REP	1624	1363,1
Todas	2277	1357,4
Test t		
Grados de libertad	Valor	Probabilidad
(2275)	0,16	0,8701

Los tests previos sugieren la ausencia de sub-declaración de emisiones. Sin embargo, esta es una conclusión errónea de acuerdo a los tests que siguen, los cuales comparan las medias de los niveles reportados por las plantas en los meses en los cuales no fueron inspeccionados y los meses en los cuales sí fueron inspeccionados. Estos tests se presentan en la tabla 8.3. Las últimas filas muestran los resultados cuando agrego las tres instituciones que inspeccionaron, mientras que las restantes filas muestran los resultados separadamente. Los resultados muestran que, primero, las plantas no reportan niveles diferentes de DBO₅ en promedio a la IMM cuando son inspeccionadas por ésta en comparación a cuando no lo son. Similarmente, las inspecciones de la DCA no afectan los niveles reportados en promedio (a la IMM). Finalmente, las plantas sí reportaron mayores niveles promedio de DBO₅ a la IMM cuando fueron muestreadas por SEINCO en comparación a cuando no lo fueron.

Tabla 8.3

Tests de igualdad de Medias entre los niveles reportados de DBO₅ (BOD₅REP) cuando inspeccionadas y cuando no inspeccionadas

Muestra: 1997:07 2001:10

	Obs.	BOD5REP Media	F-estadístico Anova		
			Grados de lib.	Valor	Prob.
IMM					
No Inspecc.	2643	1011,6	(1,2894)	0,02913	0,957
Inspeccionada	253	1004,4			
DCA					
No Inspecc.	1552	1343,2	(1,1640)	0,1576	0,6914
Inspeccionada	90	1448,6			
SEINCO					
No Inspecc.	1095	765,4	(1,1635)	15,68	0,001
Inspeccionada	542	1122,3			
All					
No Inspecc.	1104	1292,7	(1,1622)	2,82	0,0931
Inspeccionada	520	1512,6			

Por supuesto, no todas las plantas se comportaron de la misma forma. Analizando datos planta por planta puede ilustrar mejor acerca de la existencia de sub-declaraciones. Esto se hace en la Tabla A.8.1 del Apéndice. Esta tabla presenta el Estadístico F Anova y sus probabilidades para la igualdad de medias entre DBO_5 REP, DBO_5 IMM, DBO_5 DCA y DBO_5 SEINCO para cada una de las setenta y cuatro plantas de la muestra. Los tests se realizan utilizando todas las observaciones disponibles para cada una de las series. A un nivel de significación de cinco por ciento, el test sugiere rechazar la hipótesis nula de medias iguales para veinticinco (25) del total de las setenta y cuatro (74) plantas. A un nivel de significación de diez por ciento, el test sugiere rechazar la hipótesis nula de medias iguales para treinta y un (31) plantas.

En suma, los resultados de estos tests sugieren que la sub-declaración puede estar presente. Pero es imposible alcanzar conclusiones específicas acerca de la estrategia de sub-declaración de las plantas basado únicamente en estos simples tests. Los resultados econométricos presentados en las secciones siguientes exploran este tema más en profundidad.

8.2 Las Ecuaciones de Inspecciones

En esta sección presento los resultados de las estimaciones de las ecuaciones de inspecciones para cada una de las tres instituciones de monitoreo. Presento tanto las regresiones del modelo logit incondicional y condicional (efectos fijos). La primer técnica me permite ajustar una probabilidad de inspección para usarla más tarde en la ecuación de contaminación, como se explicó en el Capítulo 7. La segunda técnica, aunque no me permite ajustar una probabilidad porque no estima los efectos fijos, reconoce que mis estimaciones del modelo incondicional pueden ser inconsistentes a priori porque no uso efectos específicos para cada planta para controlar por la heterogeneidad entre plantas. Consecuentemente, es solamente con los resultados de la regresión condicional que baso las interpretaciones de mis estimaciones de los coeficientes.

8.2.1 La Ecuación de Inspecciones de la IMM

Los resultados de la ecuación de inspecciones de la IMM son presentados en las Tablas 8.4(a) y (b). La Tabla 8.4(a) presenta los resultados de la regresión del logit incondicional y la Tabla 8.4(b) presenta los resultados de la regresión del logit condicional (efectos fijos).

Tabla 8.4(a)
Ecuación de Inspecciones de la IMM
Regresión Logit Incondicional

Variable Dependiente: INSPIMM				
Variable	Coeficiente	Error Estand.	Estadístico Z	Prob.
C	-1,5124	0,9613	-1,5733	0,1156
INSPIMMCUM	0,1619	0,0492	3,2919	0,0010
INSPIMMOTHERCUM	-0,0107	0,0032	-3,2946	0,0010
INSPSEINCOCUM	-0,0515	0,0339	-1,5205	0,1284
FINEDIMMCUM	0,6761	0,2616	2,5846	0,0097
VOL	-0,0019	0,0089	-0,2119	0,8322
RF	0,1820	0,1440	1,2637	0,2063
PTY	0,3026	0,1394	2,1706	0,0300
TANNERY	0,4802	0,1505	3,1902	0,0014
WOOL	0,4633	0,2781	1,6658	0,0958
1997-1998	1,9444	0,1978	9,8292	0,0000
DURINGPLAN	-0,3760	0,1861	-2,0203	0,0433
STREAM	0,0221	0,1386	0,1594	0,8733
Media Var. Depend.	0,1088	Desv Est. var. Depend.	0,3114	
Error Est. de la regresión	0,3008	Criterio Info Akaike	0,6366	
Suma Cuadrado resid	280,07	Criterio Schwarz	0,6618	
Log Versimilitud	-975,80	Criterio Hannan-Quinn	0,6456	
Log Verosimilitud restring.	-1068,8	Log Verosimilit. Prom.	-0,3141	
Estadístico LR (12 df)	186,06	McFadden R-2	0,0866	
Probabilidad (LR stat)	0,0000			
Obs con Dep=0	2770	Número observaciones	3108	
Obs con Dep=1	338			

Tabla 8.4(b)

Ecuación de Inspecciones de la IMM
 Regresión Logit Condicional (Efectos-fijos)

Variable Dependiente: INSPIMM				
Variable	Coefficiente	Error Estand.	Estadístico z	Prob.
INSPIMMCUM	-0,2103	0,0652	-3,22	0.001
INSPIMMOTHERCUM	-0,0091	0,0034	-2,64	0.008
INSPSEINCOCUM	-0,1349	0,0404	-3,34	0.001
FINEDIMMCUM	0,9895	0,3626	2,73	0.006
VOL	-0,0016	0,0089	-0,18	0.860
RF	0,4235	0,1978	2,14	0.032
DURINGPLAN	-0,4457	0,1894	-2,35	0.019
1997-1998	1,9198	0,2020	9,51	0.000
STREAM	1,1500	0,7873	1,46	0.144
Número Observaciones	3066	Log Verosimilitud		-803,3
Estadístico LR (9 df)	170,6	Pseudo R2		0,096
Prob > chi2	0,000			

Notas:

Una planta (42 obs) fue descartada por tener todos los resultados positivos o negativos.

WOOL omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

TANNERY omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

PTY omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

Los resultados de la regresión condicional son los esperados. Primero, cuanto mayor el número de inspecciones que una planta recibió en los últimos doce meses menor es la probabilidad de ser inspeccionada nuevamente en un determinado mes, de acuerdo con el signo negativos de INSPIMMCUM. Este signo refleja la estrategia de inspección de muestra-sin-reposición.

Segundo, cuanto mayor el número de inspecciones recibidas por el resto de las plantas en los últimos doce meses (INSPIMMOTHERCUM), menor la probabilidad de una inspección para una planta determinada. Dada la existencia de una estrategia de muestreo sin reposición, la interpretación de este signo está dada por restricciones presupuestarias. Las campañas de inspección son costosas, no sólo por el costo de oportunidad de los inspectores, sino también por los costos de coordinación. Para salir de inspecciones los inspectores de la IMM deben pedir un vehículo, el cual no es usado exclusivamente por la Unidad de Efluentes Industriales. Esto significa que el vehículo no está físicamente en el mismo edificio que los inspectores, y que también tiene sus propios costos de oportunidad porque es usado para otras tareas también. Como resultado, los inspectores frecuentemente esperan una cantidad de tiempo considerable a que llegue el vehículo. Por estas razones, si una planta no es inspeccionada cuando los inspectores van a una determinada parte de la ciudad, es costoso para ellos ir de nuevo en los días siguientes. Sin embargo, el valor de coeficiente de INSPIMMOTHERCUM es bajo.

En tercer lugar, el signo negativo de INSPSEINCOCUM se explica ya que la IMM usó las inspecciones de SEINCO como un sustituto de sus propias

inspecciones. Este es un resultado natural, ya que uno de los objetivos del Programa de Monitoreo desarrollado por SEINCO con los fondos del Banco Interamericano de Desarrollo fue el desarrollo de una estrategia de monitoreo para la IMM.

En cuarto lugar, tanto el tamaño del coeficiente de VOL como su falta de significación, sugieren que los inspectores de la IMM no reaccionaron ante la situación económica del sector industrial como hubiera sido de esperarse. Por el contrario, y de acuerdo al coeficiente DURINGPLAN, aumentaron la frecuencia de monitoreo luego de finalizado el Plan, en enero del 2000, en el medio de una recesión que había comenzado a fines de 1999 y duró hasta 2002. Razonablemente, luego de haberle dado suficiente tiempo para cumplir, la IMM comenzó a monitorear las plantas industriales más de cerca. De hecho, la IMM aplicó solo once multas durante el periodo, a pesar de las frecuentes violaciones. Pero seis de estas multas fueron aplicadas después de finalizado el Plan. El resto fue al comienzo, posiblemente el resultado de violaciones que ocurrieron antes de ponerse en marcha el Plan. Claramente, la política abordada por la IMM durante el Plan de Reducción de la Contaminación fue la de no aplicar multas a las plantas industriales.

En quinto lugar, no mandar el Informe Cuatrimestral (RF) fue una de los determinantes más importantes de las inspecciones, tal como lo indica su coeficiente.

Estos resultados son consistentes con las afirmaciones hechas respecto a la preferencia de la IMM a monitorear antes que hacer cumplir los estándares (multar). Aparte de el Plan en si mismo, otra interpretación para esta estrategia, es la necesidad de cumplir con el objetivo de aumentar los niveles de cumplimiento con los estándares de emisiones para no perder los fondos obtenidos del Banco Interamericano de Desarrollo de los que dependen las obras de saneamiento.

En sexto lugar, la variable *dummy* 1997-1998 tiene el signo esperado y el mayor coeficiente. Es también altamente significativo. Las campañas de monitoreo desarrolladas por la IMM y financiadas por el Banco Interamericano de Desarrollo durante esos meses de 1997 y 1998 significaron un importante salto en la frecuencia de las inspecciones. Esto es claramente observable en la Figura 2.2 del Capítulo 2.

Por ultimo, la IMM no inspecciona aquellas plantas que emiten directamente a un cuerpo de agua de una manera diferente de aquellas que emiten al sistema de saneamiento, de acuerdo a la falta de significación del coeficiente de STREAM. Éste es grande, sin embargo, por lo que si uno pondera únicamente la importancia económica y no la significación estadística concluiría lo contrario.

8.2.2 La Ecuación de Inspecciones de la DCA

Los resultados para la ecuación de inspecciones de la DCA son presentados en las tablas 8.5 (a) y (b). La Tabla 8.5(a) presenta los resultados

para la regresión logit incondicional y la Tabla 8.5(b) presenta los resultados para la regresión condicional (efectos fijos).

Los resultados de la regresión de efectos fijos son consistentes con lo que se esperaba a-priori. Primero, luego de corregir por las campañas de monitoreo especiales que tuvieron lugar en 1999 en el Arroyo Carrasco (CARRASCO1999), se encuentra que cuanto mayor el número de inspecciones llevadas a cabo por la DCA en los últimos doce meses (INSPDCACUM), menor es la probabilidad de ser inspeccionado en un mes dado. Segundo, cuanto mayor el número de inspecciones llevadas a cabo por la DCA en el resto de las plantas (INSPDCAOTHERCUM) en los últimos doce meses, menor es la probabilidad de ser inspeccionado en un mes dado. Las explicaciones a estos signos negativos son similares a aquellas dadas en el caso de la IMM. En cierto sentido es sorprendente, sin embargo, que la magnitud de los coeficientes sea menor que los de la IMM, dado que la DCA está a cargo del monitoreo y el control de virtualmente todas las regulaciones ambientales del país. El resultado se explica por dos hechos. Primero, la DCA inspecciono solo cuarenta y dos (42) plantas en vez de setenta y cuatro (74). Por tal motivo, el efecto de la estrategia de muestreo-sin-reposición en la probabilidad de ser inspeccionado es menor porque hay menos firmas para inspeccionar. Segundo, alguna clase de concentración del monitoreo en algunas plantas es posible en este caso, porque las inspecciones de la DCA tienen como principal objetivo chequear si las condiciones de producción bajo las cuales la autorización de desagüe industrial fue expedido a la planta continúan incambiadas. Como consecuencia, la DCA pide frecuentemente informes técnicos y cambios menores a las plantas de tratamiento, todo lo cual requiere inspecciones de seguimiento.

Los inspectores del gobierno nacional reaccionaron más que los municipales a la situación económica de las firmas, de acuerdo al significativo y positivo efecto de la variable VOL. Este resultado es consistente con el hecho que es el gobierno nacional el responsable de la política económica y no el gobierno municipal. En este sentido, los oficiales de la DCA podrían haber recibido mayor presión en contra de inspeccionar y multar firmas. Es también cierto que el gobierno nacional no tiene ningún compromiso con el Banco Interamericano de Desarrollo en relación a la contaminación industrial, como si lo tiene el gobierno municipal. Por lo tanto, puede simplemente inspeccionar menos durante recesiones, como parece haberlo hecho.

Finalmente, si nos remitimos únicamente a la significación estadística, los inspectores de la DCA no tuvieron como objetivo especial a las plantas que emitieran directamente a los cursos de agua en comparación a aquellas plantas que emitieron al sistema de saneamiento, el mismo resultado obtenido para la IMM. De todas formas, el coeficiente es positivo y relativamente grande, aunque la mitad del de la IMM.

Tabla 8.5(a)
Ecuación de Inspección de la DCA

Regresión Logit incondicional

Variable Dependiente: INSPDCA

Variable	Coefficiente	Error estd.	Estadístico z	Prob.
C	-7,3831	1,0589	-6,9725	0,0000
INSPDCACUM	0,1476	0,0616	2,3953	0,0166
INSPDCAOTHERCUM	-0,0256	0,0068	-3,7653	0,0002
EADCACUM	0,1108	0,0754	1,4707	0,1414
TANNERY	0,0447	0,0097	4,6259	0,0000
WOOL	0,7389	0,1939	3,8107	0,0001
VOL	1,2101	0,2902	4,1698	0,0000
CARRASCO1999	2,8095	0,3212	8,7467	0,0000
STREAM	0,5256	0,1897	2,7708	0,0056
Media Var. Depend.	0,0483	Desv Est. var. Depend.		0,2145
Error Est. de la regresión	0,2061	Criterio Info Akaike		0,3438
Suma Cuadrado resid	163,1	Criterio Schwarz		0,3584
Log Versimilitud	-652,4	Criterio Hannan-Quinn		0,3490
Log Verosimilitud restring.	-744,9	Log Verosimilit. Prom.		-0,1695
Estadístico LR (12 df)	185,1	McFadden R-2		0,1242
Probabilidad (LR stat)	0,00			
Obs con Dep=0	3662	Número observaciones		3848
Obs con Dep=1	186			

Tabla 8.5(b)

Ecuación de Inspección de DCA

Regresión Logit condicionada (efectos fijos)

Variable Dependiente: INSPDCA

Variable	Coefficiente	Error Estand.	Estadístico z	Prob.
INSPDCACUM	-0,1546	0,0749	-2,07	0,039
INSPDCAOTHERCUM	-0,0166	0,0067	-2,45	0,014
EADCACUM	-0,0497	0,0831	-0,60	0,550
VOL	0,0460	0,0099	4,66	0,000
CARRASCO1999	3,3478	0,4206	7,96	0,000
STREAM	0,6426	0,7883	0,82	0,415
Número Observaciones	3016	Log Verosimilitud		-508,8
Estadísticos LR (6 df)	90,24	Pseudo R2		0,0815
Prob > chi2	0,000			

Notes:

16 plantas (832 obs.) descartadas por tener todos los resultados positivos o negativos.

WOOL omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

TANNERY omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

8.2.3 Ecuación de Inspección de SEINCO

Los resultados de las ecuaciones de inspección de SEINCO son presentados en las Tablas 8.6(a) y (b) de la misma manera en que fueron presentados los resultados de la IMM y de la DCA. La regresión de efectos fijos en este caso arroja algunos resultados inesperados. Primero, parece ser que SEINCO no consideró las inspecciones realizadas anteriormente por la IMM, en su decisión de a quiénes y cuándo inspeccionar, de acuerdo al valor y el nivel de significación de la variable INSPIMMCUM. Esto no debería ser tan sorprendente si recordamos que el trabajo de SEINCO consistía en diseñar una estrategia de monitoreo para la IMM. Sin embargo, sí es sorprendente que el número acumulado de inspecciones realizadas por la DCA aparezca con un coeficiente de signo positivo y estadísticamente significativo.²⁸ El resultado es muy peculiar ya que el Director del Programa de Monitoreo de SEINCO declaró en una entrevista realizada durante la investigación de campo para este trabajo que no tuvo comunicación alguna con los oficiales de la DCA y que no consideró las inspecciones pasadas de la DCA cuando decidió a quien y cuando inspeccionar. De acuerdo con el Director del Programa de Monitoreo de SEINCO, este resultado solo puede ser explicado por el hecho que las dos instituciones concentraron inspecciones en las mismas plantas.

De hecho lo que SEINCO hizo fue inspeccionar grandes contaminantes cada mes durante 1999 y cada tres meses durante 2000 y 2001. El resto de las plantas fueron inspeccionadas cuatrimestralmente durante 1999 y cada seis meses durante 2000 y 2001. Esta regla de muestreo-sin-reposición también explica el signo negativo en el coeficiente de INSPSEINCOCUM.

Finalmente, SEINCO no consideró emisiones directas a cuerpos de agua como una variable importante en la asignación de las inspecciones entre las plantas.

²⁸ Al mismo tiempo, INSPSEINCOCUM no fue significativa cuando fue incluida en la regresión de la DCA.

Tabla 8.6(a)
Ecuación de Inspección de SEINCO
Regresión Logit incondicional

Variable Dependiente: INSPDCA				
Variable	Coeficiente	Error Estand.	Estadístico z	Prob.
C	-1,8654	0,1049	-17,7769	0,0000
INSPSEINCOCUM	0,2106	0,0193	10,9150	0,0000
INSPIMMTOTCUM	0,0322	0,0428	0,7532	0,4513
INSPDCATOTCUM	0,1415	0,0384	3,6887	0,0002
PTY	0,4662	0,1101	4,2336	0,0000
TANNERY	-0,2061	0,1422	-1,4494	0,1472
WOOL	-0,1069	0,2519	-0,4241	0,6715
STREAM	0,0121	0,1101	0,1096	0,9127
Media Var. Depend.	0,2986	Desv Est. var. Depend.		0,4578
Error Est. de la regresión	0,4379	Criterio Info Akaike		1,1309
Suma Cuadrado resid	424,19	Criterio Schwarz		1,1514
Log Versimilitud	-1247,3	Criterio Hannan-Quinn		1,1384
Log Verosimilitud restring.	-1353,6	Log Verosimilit. Prom.		-0,5618
Estadístico LR (12 df)	212,6	McFadden R-2		0,0785
Probabilidad (LR stat)	0,0000			
Obs con Dep=0	1557	Número de Observaciones		2220
Obs con Dep=1	663			

Tabla 8.6(b)
Ecuación de Inspección de SEINCO
Regresión Logit condicionada (efectos fijos)

Variable Dependiente: INSPDCA				
Variable	Coeficiente	Error Estánd.	Estadístico z	Prob.
INSPSEINCOCUM	-0,1320	0,0222	-5,92	0,000
INSPIMMCUM	-0,0533	0,0566	-0,94	0,346
INSPDCACUM	0,2825	0,0595	4,75	0,000
STREAM	-0,1906	1,2740	-0,15	0,881
Número de Observaciones	2130	Log Verosimilitud		-1059,6
Estadístico LR (4 df)	60,04	Pseudo R2		0,0275
Prob > chi2	0,000			

Notes:

Tres plantas (90 obs.) descartadas por tener todos resultados positivos o negativos.

WOOL omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

TANNERY omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

PTY omitida por no tener varianza entre grupo (planta).

8.3 Las Ecuaciones de Contaminación

Usando los tres modelos incondicionales de inspecciones obtengo las probabilidades de ser inspeccionado por cada una de las tres instituciones de inspección. Llamo a estas probabilidades PINSPIMM, PINSPDCA y

PINSPSEINCO, respectivamente. Como se explicó en el Capítulo 7, estas probabilidades de ser inspeccionado se usan como variables explicativas en las ecuaciones de contaminación para controlar por el comportamiento de las plantas en lo que respecta a posibles acciones futuras de monitoreo y control.

8.3.1 La Ecuación de DBO₅

En esta sub-sección presento los resultados obtenidos para la ecuación de DBO₅ discutidos en el Capítulo 7. Esta ecuación busca determinar qué factores influyen el nivel de emisiones de las plantas. Los resultados se presentan en la Tabla 8.7. De hecho, estimo dos ecuaciones diferentes. En la primera (Especificación 1) sólo permito que el término constante de la ecuación varíe durante y después del Plan de Reducción de la Contaminación. En la segunda (Especificación 2) también permito que varíen los coeficientes de las probabilidades de ser inspeccionado por la IMM, DCA y SEINCO.

Tabla 8.7

Ecuación de DBO₅

Método: Mínimos Cuadrados (Efectos Fijos)*

Muestra: 1998:06 2001:10

Total de observaciones del panel (desbalanceado): 2792

Variable Dependiente: LOG(BOD5)

Variable	Especificación 1		Especificación 2	
	Coefficiente	Estadístico-t**	Coefficiente	Estadístico-t**
C	-1,2941		-1,5054	
LOG(PQ)	-0,1389	(-0,5064)	-0,1245	(-0.4559)
LOG(LABOR)	0,7766	(5,7526)	0,7820	(5.8271)
LOG(WATER)	0,0642	(0,8770)	0,0731	(1.0224)
LOG(ENERGY)	0,3169	(3,5408)	0,3103	(3.5181)
LOG(FLOW)	-0,1871	(-2,1555)	-0,1866	(-2.1723)
TECH	-1,3997	(-4,7755)	-1,4352	(-4.9851)
PINSPIMM	-0,0281	(-0,1210)	3,0465	(4.3577)
PINSPDCA	-0,6418	(-2,6015)	-0,9010	(-1.1958)
PINSPSEINCO	-0,1165	(-0,9202)	-0,3247	(-2.1518)
INSPIMMCUM	0,0011	(0,0733)	-0,0251	(-1.6959)
INSPDCACUM	0,0468	(2,7857)	0,0395	(2.4233)
FINEDIMMCUM	0,0301	(0,2925)	-0,1830	(-1.6281)
EADCACUM	-0,0191	(-0,9795)	-0,0103	(-0.5337)
DURINGPLAN	0,1470	(2,8324)	0,3610	(4.1210)
PINSPIMM*DURINGPLAN			-3,1012	(-4,7253)
PINSPDCA*DURINGPLAN			0,4800	(0,7700)
PINSPSEINCO*DURINGPLAN			0,2953	(1.5979)
R ²	0,8837		0,8851	
R ² Ajustado	0,8800		0,8812	
Error Est. de la Reg.	0,7204		0,7192	
Estadístico F	236,22		231,09	
Media Var. Dependiente	4,1875		4,1876	
D. E. Var. Dependiente	2,0794		2,0868	
Suma Cuadrado resid	1403,2		1397,0	
Durbin-Watson	2,0032		2,0047	

* No se presentan las estimaciones de los efectos fijos.

** El estadístico t es calculado usando los errores robustos de Arellano (Arellano, 1987). Éstos son calculados con los datos transformados luego de sustraerle la media de cada planta. Esta es la razón por la cual no se presenta el error robusto de la constante.

Dado que el propósito de este estudio es determinar la efectividad de las acciones de monitoreo y control de los reguladores, empezaré la discusión de los resultados analizando estos coeficientes.

La primera cosa a notar es que PINSPIMM no tiene un efecto estadísticamente significativo en los niveles informados de DBO₅ en la Especificación 1. Cuando permito variar durante y después del Plan no sólo a la constante sino también a la pendiente (Especificación 2), no encuentro prácticamente ningún efecto marginal de PINSPIMM en el nivel de DBO₅ durante el Plan, pero encuentro un efecto fuertemente positivo de PINSPIMM después del Plan. Este efecto positivo significa que cuanto mayor es la amenaza de ser inspeccionado por la IMM en un mes dado luego del Plan, mayor el nivel

de DBO5 informado por la planta en dicho mes. En otras palabras, tan sólo la amenaza de una inspección tiene un efecto en los incentivos de las plantas de tal forma que estas incrementan sus niveles reportados de DBO5. Este resultado es más evidencia a favor de la existencia de sub-reporte de emisiones.

¿Cómo funciona este incentivo? Primero, se debe recordar que las plantas siempre envían sus informes después de que las inspecciones tuvieron lugar. Por lo tanto, no tiene sentido para ellas sub-reportar en aquellos meses en los cuales son inspeccionadas porque la IMM tiene información sobre cuanto estaban emitiendo en el mes que reportan. Más aún, cuando participé de inspecciones fui testigo de que algunas plantas tomaban sus muestras al mismo tiempo que la IMM para usar para su control. Dado que el muestreo es costoso (p.ej. es costoso enviar la muestra a un laboratorio para tener los resultados) es muy posible que los resultados de esa muestra de control sean los mismos resultados que la planta informa luego a la IMM en sus Informes Cuatrimestrales. En este marco, si el gerente de la firma quiere sub-reportar emisiones será más fácil para él convencer al ingeniero a cargo de la planta de tratamiento de tomar muestras en los momentos en que los niveles de contaminación son más bajos, o aún de diluirlos, que mentir en los resultados de una muestra más significativa que enviaran a un laboratorio externo. En este caso el ingeniero a cargo de la planta de tratamiento estará tomando un riesgo considerable porque él es responsable legalmente por la certeza de los niveles reportados de DBO5 y será muy fácil para la IMM verificar la veracidad de los niveles informados solicitándole los resultados originales enviados por el laboratorio. Considerando esto, si el gerente de una planta percibe que la probabilidad de ser inspeccionado es alta en un mes dado, probablemente aguarde durante los primeros días del mes para ver si la inspección tiene lugar. Si se produce, puede realizar el muestreo al mismo tiempo que la IMM para controlar e informar estos resultados, los cuales van a ser más altos que los usuales suponiendo que generalmente informara por debajo y que la IMM toma sus muestras correctamente y que la inspección no tiene lugar en un momento de baja contaminación. Si la inspección no se realiza en los primeros días del mes, y aún percibiendo una alta probabilidad de ser inspeccionado, el gerente de la planta puede tomar una muestra representativa de sus efluentes y enviarlas a un laboratorio. Si la inspección finalmente tiene lugar, los resultados van a ser consistentes con lo que la IMM obtenga. Si no tiene lugar, dado que el muestreo es costoso, informará los resultados de la muestra representativa enviada al laboratorio.

Segundo, ni el número acumulado de inspecciones anteriores (INSPIMMCUM), ni el número acumulado de multas anteriores (FINEDIMMCUM) en los últimos doce meses tiene un efecto significativo ni económica ni estadísticamente en los actuales niveles informados de DBO5 en ninguna de las dos especificaciones. Sin embargo, los coeficientes estuvieron muy cerca de ser significativamente diferentes de cero en la segunda especificación, aunque son pequeños.

Tercero, la probabilidad de ser inspeccionados por la DCA (PINSPDCA) tiene efecto negativo en los niveles informados de DBO5, aunque este efecto no

es estadísticamente diferente de cero cuando la permito diferir durante y después del Plan de Reducción de la Contaminación. El signo negativo en la primera especificación se explica por que las inspecciones de la DCA son más predecibles. La DCA siempre inspecciona luego de pedir informes técnicos, o cambios en la planta de tratamiento, o luego de un incidente significativo ocurrido con las emisiones. Aunque su coeficiente es pequeño, esta estrategia de inspección explica también el signo positivo del número acumulado de inspecciones de la DCA (INSPDCACUM) ya que la implementación de cambios en el tratamiento es un proceso que lleva su tiempo y requiere varias inspecciones de la DCA. Con respecto a las acciones de control de la DCA para obligar al cumplimiento (intimaciones y multas) en los últimos doce meses (EADCACUM), tampoco tienen un efecto significativo, económica ni estadísticamente, en los niveles de DBO5 en ninguna de las dos especificaciones.

Finalmente, la probabilidad de ser inspeccionado por SEINCO (PINSPEINCO) no tiene un efecto estadísticamente diferente de cero en la primera ecuación. Sin embargo, aunque el coeficiente durante el Plan es cercano a cero, PINSPEINCO tiene un efecto negativo en los niveles informados de DBO5 después del Plan en la segunda especificación de esta ecuación. Es interesante notar que esto es exactamente el efecto opuesto que tiene la probabilidad de ser inspeccionado por la IMM. Dado que la probabilidad de ser inspeccionado por la IMM está negativamente relacionada con el número acumulado de inspecciones de SEINCO, o en otras palabras, que la IMM utilizó las inspecciones de SEINCO como sustitutos de las suyas propias, una explicación razonable para esto es que una mayor probabilidad de ser inspeccionado por SEINCO también significó una menor probabilidad de ser inspeccionado por la IMM, y por lo tanto un incentivo mayor a informar por debajo. Esta explicación requiere asumir que las plantas no creyeron que los inspectores de la IMM usarían la información de SEINCO para verificar la veracidad de los reportes. Es difícil profundizar en las razones por las que las plantas pueden haber presumido correctamente, pero en realidad no surge de mi investigación de campo que los inspectores de la IMM lo hayan hecho. En parte puede haber sido por la forma en la cual SEINCO presentó la información a la IMM, la que no era fácil de leer. Hay que recordar también que los inspectores de la Unidad de Efluentes Industriales de la IMM no son más de seis en total y que a su vez todos complementan sus ingresos con otros trabajos de medio horario. Por lo cuál tampoco tienen el tiempo disponible para realizar la comparación. Pero existe otra explicación. Los inspectores de la IMM pueden haber sentido cierto celo profesional dado el costo del Programa de Monitoreo. De hecho, durante mi trabajo de campo vi inspectores de la IMM verificando la consistencia de la información de SEINCO a lo largo del tiempo, para descubrir posibles repeticiones que podrían sugerir que SEINCO realmente no fue a inspeccionar las plantas, pero no vi inspectores comparando las muestras de SEINCO con los informes de las plantas.

Quizás el resultado más interesante aparte de los recién mencionados es el coeficiente negativo de la variable caudal (FLOW) en ambas especificaciones.

No hay ninguna razón a priori para que, *ceteris paribus*, las plantas con mayores emisiones deban tener menores niveles de concentración de DBO5, excepto por que las plantas industriales más grandes puedan ser también aquellas con las mejores plantas de tratamiento. Pero si este no es exactamente el caso, un signo negativo del coeficiente de FLOW indica que las plantas están diluyendo sus efluentes en agua. Aunque explícitamente prohibida por la ley, la dilución es una estrategia de cumplimiento fácil y barata, y al mismo tiempo muy difícil de detectar. El coeficiente del insumo agua (WATER), muy bajo e insignificamente diferente de cero en ambas especificaciones, es consistente con esta interpretación porque podría ser el resultado de dos efectos que se compensan. Por un lado, el agua es un complemento de la contaminación en la producción, pero por otro es un sustituto de la DBO5 si se realiza dilución.

No sorprende que TECH (adopción de tecnología de tratamiento) aparezca con un signo negativo importante en ambas especificaciones. De hecho, tiene el segundo mayor coeficiente después de PINSPIMM (después del Plan). Esto plantea el tema de que aún no siendo efectivas en el margen, las actividades de monitoreo y control de la IMM y la DCA podrían haber jugado un papel significativo en la adopción de tecnología. De hecho, este es el argumento que los funcionarios de la IMM utilizan para explicar la declinación en el promedio de los niveles de contaminación informados a través del tiempo. Este argumento está respaldado por los resultados de algunas simples regresiones de TECH contra el número acumulado de acciones de monitoreo y control llevadas a cabo por la IMM y la DCA durante el período. No obstante, el argumento también tiene algunos problemas. Primero, solo ocho plantas adoptaron tecnología durante el período. Segundo, hay también otros determinantes para la adopción de tecnología de tratamiento que no fueron incluidos en las regresiones auxiliares conducidas, como las exigencias del exterior en el caso de las empresas internacionales o exportadoras. Tercero, no incluir la adopción de tecnología en la ecuación no cambia mayormente los pequeños y estadísticamente no significativos coeficientes de las variables de monitoreos y control.

El resto de las variables de insumos (trabajo (LABOR) y energía (ENERGY)) tienen el signo y el nivel de significación esperado en ambas especificaciones. Por otro lado, el signo del coeficiente de la variable "precio del producto" (PQ) es negativo. Esto puede ser el resultado del poder de mercado de la mayoría de las firmas de la muestra porque si las firmas no operan en mercados competitivos, un incremento en la producción, acompañada de un incremento en la contaminación, disminuye el precio.

Finalmente, de acuerdo con el signo de DURINGPLAN, el Plan de Reducción de la Contaminación parece haber sido exitoso en la reducción del DBO5. La respuesta dada por los inspectores de la IMM frente a este resultado es que el Plan les dio la oportunidad de convencer a los industriales de contratar profesionales a cargo de las plantas de tratamiento y actuar sobre los incentivos de estos últimos en su trabajo. Esta explicación es difícil de aceptar si nos guiamos por la literatura económica clásica de fiscalización porque las multas esperadas son muy pequeñas. Pero trabajos empíricos anteriores

usualmente notan que los niveles de cumplimiento son mayores de lo que la teoría hubiera predicho, dadas las multas esperadas. Por consiguiente, ya fue reconocido que los niveles de cumplimiento y emisiones no pueden ser explicados únicamente por el nivel de las multas esperadas.

8.3.2 La Ecuación de Carga

Existe un debate en el país sobre si la legislación debería volcarse hacia la regulación de las cargas en lugar de las concentraciones. Dado este debate, es interesante verificar si existe alguna diferencia en la efectividad de las acciones de control de las autoridades uruguayas en el caso de las cargas con respecto a las concentraciones. Dado que los coeficientes no se pueden comparar, corriendo esta regresión lo que busco básicamente es diferencias en los signos de los coeficientes. El Tabla 7.8 presenta los resultados de una regresión similar realizada con CARGA ($LOAD = FLOW * DBO_5$) en lugar de DBO_5 como variable dependiente.

Tabla 7.8

Ecuación de Carga

Método: Mínimos Cuadrados (Efectos Fijos)*

Muestra: 1998:06 2001:10

Observaciones totales del panel (desbalanceado) : 2794

Variable Dependiente: LOG(LOAD)

Variable	Especificación 1		Especificación 2	
	Coefficiente	(Estadístico-t)**	Coefficiente	(Estadísticos-t)**
C	0.4511		0.0592	
LOG(PQ)	-0.3125	(-1.1249)	-0.2679	(-0.9524)
LOG(LABOR)	0.6789	(4.3408)	0.6860	(4.4003)
LOG(WATER)	0.3669	(2.8332)	0.3670	(2.8694)
LOG(ENERGY)	0.3850	(5.1197)	0.3803	(5.1253)
TECH	-1.3380	(-3.4609)	-1.3861	(-3.4862)
PINSPIMM	0.2389	(0.7315)	3.8043	(3.5541)
PINSPDCA	-1.6609	(-2.4222)	-1.5348	(-1.3761)
PINSPSEINCO	-0.0954	(-0.6616)	-0.2054	(-1.0188)
INSPIMMCUM	0.0093	(0.4819)	-0.0196	(-0.9849)
INSPDCACUM	0.0581	(2.2261)	0.0482	(1.9514)
FINEDIMMCUM	0.0735	(0.3695)	-0.1302	(-0.6073)
EADCACUM	-0.0341	(-1.4149)	-0.0270	(-1.1297)
DURINGPLAN	0.1802	(2.3525)	0.5087	(3.4795)
PINSPIMM*DURINGPLAN			-3.6190	(-3.7710)
PINSPDCA*DURINGPLAN			0.1747	(0.1861)
PINSPSEINCO*DURINGPLAN			0.0984	(0.3815)
R ²	0.9318		0.9318	
R ² Ajustado	0.9296		0.9296	
Error Est. de la Reg.	0.8742		0.8735	
Estadístico F	429.78		415.38	
Media Var. Dependiente	6.5688		6.5610	
D. E. Var. Dependiente	3.2944		3.2920	
Suma Cuadrado resid	2068.6		2063.0	
Durbin-Watson	1.9989		1.9966	

Excepto por que los coeficientes necesariamente cambian magnitudes debido al cambio en la variación de la variable dependiente, hay solamente dos cambios significativos en relación a la ecuación de DBO₅. Uno es el coeficiente el insumo agua (WATER), el cual se volvió estadísticamente significativo y positivo en ambas especificaciones. Esto es un resultado natural que no necesariamente sugiere ninguna conducta estratégica de parte de las empresas. Un segundo cambio es que PINSPSEINCO se volvió no-significativo después del Plan. La conducta estratégica descrita en la última sección referida a los reportes de concentraciones de DBO₅ no parece operar con respecto a cargas. Esto puede ser explicado por el hecho de que los estándares no limitan las cargas por lo que las plantas no necesitan preocuparse por ellos.

Finalmente, el Plan de Reducción de la Contaminación parece haber sido también exitoso en la reducción de las cargas. El problema con esta interpretación es que el período después del Plan coincidió con una profunda recesión de la economía uruguayana. Esta recesión comenzó en 1999 y terminó en

2003, mientras que el Plan terminó en diciembre de 1999. Por lo tanto, si consideramos que una recesión se define comúnmente después de tres caídas consecutivas en el GDP trimestral, entonces el período post-Plan coincide casi exactamente con el período de la recesión. En otras palabras, la recesión podría ser la explicación para la caída de los niveles de emisiones, no el Plan. Esto podría ser verdad, aún luego de considerar que LABOR y ENERGY indirectamente corrigen por parte del efecto de la recesión.

8.3.3 La Ecuación de Violaciones

El uso de DBO5 como variable dependiente puede conducir a conclusiones erróneas acerca la eficacia de las acciones para de control porque las plantas que ya están cumpliendo no necesitan reaccionar ante estas acciones. Mi objetivo en esta sección es responder a la pregunta “¿afectan las acciones de control a la probabilidad de que una planta viole los estándares de emisión?” Con el objetivo de responder esta pregunta, estimé un modelo logit condicional de efectos fijos con una variable dummy igual a uno si la planta informó una violación como variable dependiente. Las violaciones fueron definidas con respecto a los estándares más laxos durante el Plan de Reducción de la Contaminación. Los resultados son presentados en el Tabla 7.9. Este modelo utiliza menos observaciones porque descarta cuatrocientas ochenta y tres (483) observaciones pertenecientes a catorce (14) plantas que no cambiaron su status de cumplimiento o incumplimientos durante todo el período.²⁹

El resultado más llamativo es que ninguna de las variables de monitoreo y control resulta estadísticamente significativa para explicar el status de cumplimiento de las plantas en la primera especificación del modelo. Las únicas variables que parecen tener un efecto en esta primera especificación es la probabilidad de ser inspeccionada por la DCA, la cual aunque no significativa aún al 10%, tiene un coeficiente muy grande.

²⁹ Esto se debe a que no agregan verosimilitud al modelo condicional. (ver Greene, 1997)

Tabla 7.9

Ecuación de Violaciones

Método: Logit Condicional (Efectos Fijos)
Muestra: 1998:06 2001:10
Observaciones totales del panel (des-balanceado): 2008
Variable Dependiente: VIOL

Variable	Especificación 1		Especificación 2	
	Coficiente	(Estadístico-z)	Coficiente	(Estadístico-z)
LOG(PQ)	-1.1203	(-1.27)	-1.2597	-1.42
LOG(LABOR)	0.1382	(0.67)	0.1699	0.81
LOG(WATER)	0.3127	(2.48)	0.3244	2.56
LOG(ENERGY)	0.8942	(4.46)	0.8214	4.03
LOG(FLOW)	-0.7346	(-6.03)	-0.7067	-5.80
TECH	-3.2750	(-5.38)	-3.6495	-5.96
PINSPIMM	-0.3943	(-0.37)	9.2874	2.48
PINSPDCA	-2.4451	(-1.32)	7.1042	1.68
PINSPSEINCO	0.3375	(0.66)	0.3408	0.52
INSPIMMCUM	-0.0065	(-0.09)	-0.1412	-1.61
INSPDCACUM	-0.0223	(-0.27)	-0.0934	-1.08
FINEDIMMCUM	-0.1158	(-0.22)	-0.9292	-1.57
EADCACUM	-0.0616	(-0.76)	-0.0186	-0.22
DURINGPLAN	-1.1734	(-6.64)	0.3356	0.77
PINSPIMM*DURINGPLAN			-10.248	-2.71
PINSPDCA*DURINGPLAN			-10.448	-2.29
PINSPSEINCO*DURINGPLAN			-0.5128	-0.56
Pseudo R ²	0.1072		0.1193	
LR chi2(14)	168.11		187.08	
Prob > chi2	0.000		0.000	
Log likelihood	-700.2		-690.7	

El resto de los coeficientes en la primera especificación tienen los signos y los niveles de significación esperados, excepto por el coeficiente del insumo trabajo (LABOR), el cual no es estadísticamente significativo. Aparte de PINSPDCA, las variables con mayores efectos en la probabilidad de cumplimiento de las plantas son TECH, DURINGPLAN, PQ, ENERGY y FLOW. De acuerdo con el nivel de significación y la magnitud de su coeficiente, la adopción de tecnología de abatimiento (TECH) es claramente un factor determinante del estado de cumplimiento de las plantas. La explicación más simple para el signo negativo de DURINGPLAN es que durante el Plan los estándares de emisiones fueron más laxos que después del Plan. Este hecho más que compensa el hecho de que las emisiones también eran mayores durante el Plan (recordar el signo positivo de DURINGPLAN en la ecuación de DBO5). El tamaño del coeficiente de PQ es también interesante porque indica que, ceteris paribus, a mayores ingresos de las plantas, menor es la probabilidad de estar en violación. Finalmente, el coeficiente de FLOW presenta nuevamente el tema de la posibilidad de la existencia de dilución como estrategia de cumplimiento

versus la posibilidad de que las industrias con mayores caudales sean también las que tienen mejores plantas de tratamiento.

Se podría decir que la inclusión de los efectos de interacción en la Especificación 2 no tiene ningún efecto importante en las magnitudes y niveles de significación de los coeficientes de las variables de insumo y de PINSPSEINCO, pero si tiene un efecto muy importante sobre las estimaciones de los coeficientes de las variables de monitoreo y control de la IMM y la DCA. Primero, PINSPIMM se hace significativa, afectando negativamente la probabilidad de violación durante el Plan, pero con un coeficiente positivo y muy grande después de la finalización del Plan. Este efecto positivo es consistente con el efecto positivo encontrado en las ecuaciones de DBO5 y CARGA. Segundo, el nivel de significación del número acumulado de inspecciones (INSPIMMCUM) y multas (FINEDIMMCUM) llevadas a cabo por la IMM es mayor. No obstante, se debe tener en cuenta que las plantas incluidas en esta regresión son aquellas que cambiaron su estado de cumplimiento durante el período por lo menos una vez. Dejar de lado las plantas que no cambiaron su estado durante todo el período, siendo la violación el estado más frecuente, obviamente sesga hacia arriba la efectividad de las variables de monitoreo y control.

Las conclusiones son similares para el caso de la DCA. La probabilidad de ser inspeccionado por la DCA (PINSPDCA) tiene un coeficiente positivo muy grande después del Plan, aunque no es significativo al 5%. Durante el Plan, por otro lado, PINSPDCA afecta negativamente la probabilidad de estar en cumplimiento, de acuerdo a la suma de los coeficientes de PINSPDCA y PINSPDCA*DURINGPLAN (La suma de estos coeficientes es estadísticamente diferente de cero). Por último, el número acumulado de inspecciones (INSPDCACUM) y acciones de control (EADCACUM) permanecieron no significativas en la Especificación 2.

Finalmente, con la inclusión de los efectos de interacción la dummy DURINGPLAN se volvió no significativa. Este resultado indica que el Plan (o la recesión) no tuvieron ningún efecto en el estado de cumplimiento de las empresas. El resultado es extremadamente importante porque el aumento en los niveles de cumplimiento de las empresas industriales con los estándares de efluentes era el objetivo principal del programa llevado a cabo por la IMM con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo. De acuerdo con este resultado, el programa fracasó en tal sentido.

APPÉNDICE 8.1

Tabla A.8.1

Tests de sub-reporte específicos para cada planta

Planta	Gra.Lib.	Anova F-statistic		l=rech.=sub-reporte	
		Valor	Probabilidad	5%	10%
1	(2,26)	0,07	0,94	0	0
2	(2,58)	240,60	0,00	1	1
3	(2,60)	0,20	0,82	0	0
4	(2,46)	1,71	0,19	0	0
5	(3,28)	0,22	0,88	0	0
6	(2,58)	4,46	0,02	1	1
7	(2,29)	6,61	0,00	1	1
8	(2,59)	12,74	0,00	1	1
9	(3,75)	1,30	0,28	0	0
10	(2,51)	15,08	0,00	1	1
11	(3,64)	3,54	0,02	1	1
12	(3,56)	0,70	0,56	0	0
13	(3,33)	6,08	0,00	1	1
14	(2,43)	6,76	0,00	1	1
15	(3,61)	0,67	0,57	0	0
16	(3,77)	3,35	0,02	1	1
17	(3,59)	6,46	0,00	1	1
18	(3,57)	7,59	0,00	1	1
19	(3,63)	4,86	0,00	1	1
20	(2,31)	2,37	0,11	0	0
21	(3,63)	1,23	0,31	0	0
22	(3,58)	0,79	0,51	0	0
23	(3,71)	0,19	0,90	0	0
24	(3,58)	1,36	0,26	0	0
25	(2,39)	0,40	0,68	0	0
26	(2,39)	3,04	0,06	0	1
27	(3,52)	0,68	0,57	0	0
28	(3,65)	0,58	0,63	0	0
29	(3,22)	1,56	0,23	0	0
30	(2,57)	3,70	0,03	1	1
31	(2,58)	2,33	0,11	0	0
32	(3,67)	0,83	0,48	0	0
33	(3,60)	0,71	0,55	0	0
34	(3,72)	0,80	0,50	0	0
35	(3,60)	0,63	0,60	0	0
36	(2,20)	0,64	0,54	0	0
37	(3,38)	1,20	0,32	0	0
38	(2,33)	0,26	0,77	0	0
39	(3,27)	0,69	0,57	0	0
40	(3,32)	0,25	0,86	0	0
41	(3,28)	14,41	0,00	1	1
42	(3,56)	5,84	0,00	1	1

Tabla A.8.1 (Continuación)

43	(3,52)	0,33	0,80	0	0
44	(3,77)	2,39	0,07	0	1
45	(2,61)	0,41	0,67	0	0
46	(2,46)	0,95	0,39	0	0
47	(2,69)	7,08	0,00	1	1
48	(3,37)	0,91	0,44	0	0
49	(2,56)	3,47	0,04	1	1
50	(2,44)	3,78	0,03	1	1
51	(1,38)	59,53	0,00	1	1
52	(2,21)	0,24	0,79	0	0
53	(1,30)	5,10	0,03	1	1
54	(2,48)	0,23	0,80	0	0
55	(3,56)	0,78	0,51	0	0
56	(3,72)	4,09	0,01	1	1
57	(2,53)	1,12	0,33	0	0
58	(2,38)	3,00	0,06	0	1
59	(2,63)	0,84	0,44	0	0
60	(3,26)	2,61	0,07	0	1
61	(3,64)	0,66	0,58	0	0
62	(3,62)	3,13	0,03	1	1
63	(3,57)	3,56	0,02	1	1
64	(2,55)	3,12	0,05	0	1
65	(2,57)	0,86	0,43	0	0
66	(3,35)	1,02	0,40	0	0
67	(3,59)	2,25	0,09	0	1
68	(2,61)	62,61	0,00	1	1
69	(2,56)	0,36	0,70	0	0
70	(2,50)	0,48	0,62	0	0
71	(3,62)	1,55	0,21	0	0
72	(3,34)	2,06	0,12	0	0
73	(3,52)	1,13	0,35	0	0
74	(3,47)	7,38	0,00	1	1
Total				25	31
Porcentaje				33,78	41,89

9. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue presentar los resultados de algunos tests sencillos de sub-declaración y de la estimación de las ecuaciones de inspecciones, contaminación y violación. Las ecuaciones de inspecciones identificaron los determinantes de la estrategia de inspección de cada una de las tres instituciones que condujeron inspecciones durante Julio 1997 - Octubre 2001. Las ecuaciones de contaminación y violación compartieron el mismo objetivo de identificar los determinantes más importantes de la contaminación y el cumplimiento en el sector industrial en Montevideo, prestando especial atención a los efectos de las inspecciones y el resto de las acciones de control de cada una de las instituciones mencionadas previamente.

Las conclusiones generales que se pueden extraer de estas estimaciones son las siguientes. Las inspecciones y multas de la IMM en los últimos doce meses no tienen ningún efecto sobre los niveles actuales de DBO₅. Sin embargo, se encuentra que la amenaza de una inspección de la IMM tiene un efecto positivo y muy grande sobre los niveles informados de DBO₅ en los meses posteriores al Plan de Reducción de la Contaminación Industrial. El resultado es importante porque significa que las inspecciones de la IMM son un mecanismo efectivo para descubrir emisiones no informadas. Por supuesto, el descubrir violaciones no es suficiente para aumentar el cumplimiento. Las violaciones detectadas deben ser sancionadas. Pero el número de multas aplicadas por la IMM durante el período estudiado sugiere claramente que los reguladores no tenían mucha voluntad de imponer estas penas a las empresas. Como consecuencia, a pesar de la efectividad que la amenaza de inspección tiene en un mes determinado, el número acumulado de inspecciones en los últimos doce meses no tiene efecto alguno.

La actividad de monitoreo y control de la DCA no es claramente efectiva tampoco en la disminución de los niveles reportados de DBO₅. A su vez, el resultado más claro respecto a la actividad de SEINCO es que las plantas usaron sus inspecciones para sub-reportar a la IMM después que aprendieron que la IMM utilizó las inspecciones de SEINCO como sustituto para las suyas propias. Esta explicación requiere asumir que las plantas creyeron que los inspectores de la IMM no usarían la información de SEINCO para verificar la veracidad de los informes. En el trabajo de campo no se encontró evidencia en sentido contrario.

Finalmente, los inspectores de la IMM no reaccionaron a la situación económica del sector industrial disminuyendo sus inspecciones. Por el contrario, incrementaron las inspecciones después del Plan, exactamente cuando la economía estaba en recesión. Esta estrategia de monitoreo, aparentemente inmune a consideraciones políticas, tiene otra explicación posible: que los reguladores de la IMM permanecieron inspeccionando las firmas para no arriesgar los fondos del Banco Interamericano de Desarrollo de los que las obras de saneamiento dependen. El gobierno nacional no tiene tal obligación con una institución multilateral de financiamiento y es políticamente

responsable por el funcionamiento de la economía. Por lo tanto, sí reaccionó a la situación económica de las firmas.

Otro resultado importante es que las plantas están diluyendo sus efluentes como mecanismo de cumplimiento. La conclusión está basada en que no hay razones a priori para que, *ceteris paribus*, las plantas con mayores caudales deban necesariamente ser aquellas con las mejores plantas de tratamiento. Aunque explícitamente prohibido por la ley, la dilución es una estrategia de cumplimiento fácil y barata y al mismo tiempo muy difícil de detectar.

La adopción de tecnología de tratamiento es una variable explicativa muy importante. Esto no es sorprendente, y plantea la posibilidad de que aunque no fueron efectivas en el margen, las actividades de monitoreo y control de la IMM y la DCA podrían haber jugado un papel significativo en la adopción de tecnología. De hecho, este es el argumento que los funcionarios de la IMM utilizan para explicar la declinación en el promedio de los niveles de contaminación informados a través del tiempo. No obstante, el argumento presenta algunos problemas. Primero, sólo ocho plantas adoptaron tecnología durante el período. Segundo, hay también otros determinantes de la adopción de tecnología, como requerimiento de tratamiento de efluentes desde el extranjero en el caso de firmas internacionales o exportadoras.

Otro resultado importante es que el Plan de Reducción de la Contaminación parece haber sido exitoso en la reducción de las concentraciones de DBO₅ y las cargas. Una interpretación alternativa es que el período después del Plan coincidió con una profunda recesión de la economía uruguaya y la recesión podría ser la explicación para la caída de la contaminación, no el Plan.

Cuando se estima la ecuación con la carga de DBO₅ como variable dependiente en lugar de concentraciones de DBO₅ no encuentro diferencias significativas en los signos o los niveles de significación de los coeficientes estimados.

Finalmente, la actuación de los reguladores uruguayos no tuvo efecto alguno en el estado de cumplimiento de las plantas industriales con los estándares de vertido. La única excepción es que la probabilidad de ser inspeccionado por la IMM afecta negativamente la probabilidad de reportar una violación durante el Plan, pero positivamente luego del final del Plan. Este resultado es consistente con el resultado previo de que las amenazas de inspecciones redujeron el DBO₅ reportado.

Las variables con efectos mayores en el estado de cumplimiento de las plantas son la adopción de tecnología, el Plan de Reducción de la Contaminación, el precio del producto y el caudal de efluentes. La explicación más simple sobre el efecto negativo del Plan de Reducción de la Contaminación en el estado de cumplimiento de las plantas es que durante el Plan los estándares de emisión eran más laxos, superando al hecho de que las emisiones eran también mayores. El efecto del precio del producto final es también interesante porque está indicando que, *ceteris paribus*, cuanto mayor es el ingreso de las plantas, menor es la probabilidad de que estén en violación. Finalmente, el coeficiente de la variable caudal pone sobre la mesa nuevamente

el tema de la posibilidad de dilución como una estrategia de cumplimiento versus la posibilidad de que las plantas mayores son las que tienen mejores plantas de tratamiento.

Sin embargo, las conclusiones deben tener en cuenta que, por la técnica econométrica utilizada, sólo se incluyeron aquellas plantas que cambiaron de estado de cumplimiento durante el período. Con violaciones frecuentes esto sesga hacia arriba la efectividad de las variables de monitoreo y control.

Finalmente, y muy interesantemente, con la inclusión de los términos de interacción el Plan de Reducción de la Contaminación no tiene ningún efecto en el estado de cumplimiento de las firmas. El resultado es importante porque el incremento en los niveles de cumplimiento de las firmas era el objetivo principal del programa llevado a cabo por la IMM con fondos del banco Interamericano de Desarrollo. De acuerdo a este resultado, el programa falló en cumplir con dicho objetivo.