

1. INTRODUCCIÓN

Previo a cualquier proposición de política es indispensable conocer qué grado de éxito se ha alcanzado con los instrumentos que se pretenden suplantarse o con los que se pretende profundizar. Esto resulta fundamental en países como los nuestros donde las condiciones económicas impiden la implementación de instrumentos económicos que son más costo-efectivos en la regulación de la contaminación por cuestiones de economía política y cuestiones de capacidad institucional, resultando en el uso de estándares uniformes de emisión y estándares tecnológicos con bajos niveles de cumplimiento. Lamentablemente, tal evaluación no siempre se puede hacer por falta de datos. Éste no es el caso de Uruguay en lo que concierne a la contaminación de los cursos de agua de Montevideo por parte de efluentes industriales. Un exhaustivo trabajo de campo llevado a cabo por el responsable de este proyecto ha permitido construir una base de datos de calidad y cobertura difícilmente comparables en la región y en el mundo.

Efectivamente, casi todos los estudios empíricos, como el que se plantea en este trabajo, sobre el cumplimiento de los estándares de emisiones se refieren a estudios de casos en EE.UU. y Canadá (básicamente, emisiones de DBO₅ y SST de la industria papelera de EE.UU. y Québec y contaminación del aire de la industria del acero de EE.UU.). De hecho, Dasgupta, et al. (2001) es el único ejemplo de este tipo para el caso de un país no-desarrollados (para una descripción detallada de esta literatura ver Caffera (2004).

Este trabajo tiene como objetivo empezar a llenar esta brecha “testando” empíricamente el efecto de (a) las características económicas al nivel de planta, y (b) las acciones de monitoreo y control de ambos el gobierno municipal y el gobierno nacional, sobre las emisiones de DBO₅ de las industrias en Montevideo, Uruguay. Más específicamente intenta responder las siguientes preguntas: (1) ¿Qué tan efectivas han sido las inspecciones y las diferentes acciones de fiscalización y control de ambos el gobierno municipal y el gobierno nacional en términos de reducciones de emisiones de DBO₅?, (2) ¿Qué tan efectivas han sido las inspecciones y las diferentes acciones de fiscalización y control de ambos el gobierno municipal y el gobierno nacional en términos de cumplimiento de los estándares de vertido?, (3) ¿Puede mejorarse esta efectividad mediante una reasignación de acciones de fiscalización entre diferentes tipos de plantas?, y (4) ¿Puede mejorarse esta efectividad mediante una sustitución de acciones de monitoreo (inspecciones) por acciones de control (multas)? Esta última pregunta es relevante porque las inspecciones y las intimaciones fueron casi las únicas acciones realizadas por los reguladores. Las multas fueron extremadamente infrecuentes a pesar de la frecuencia de las violaciones. Si esto es una expresión de una estrategia como la sugerida por Garvie and Keeler (1994) en presencia de “restricciones” institucionales y políticas, entonces un estudio como el propuesto podría estimar el “costo” de tal estrategia en términos de abatimiento de emisiones.

2. MARCO INSTITUCIONAL Y LEGISLACIÓN

2.1. MARCO INSTITUCIONAL

Existen dos dependencias públicas con competencia directa en el control de la contaminación industrial de los cursos de agua en Montevideo: la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), y el Departamento de Desarrollo Ambiental de la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM), a través de su Unidad de Efluentes Industriales de su División Saneamiento.

La asignación de responsabilidades entre estas dos dependencias se puede resumir del siguiente modo. La Unidad de Efluentes Industriales (UEI) de la IMM es responsable de: (1) el monitoreo de los efluentes industriales para asegurar el cumplimiento de los estándares de vertido y el correcto funcionamiento de las plantas de tratamiento, y (2) el monitoreo de los cursos de agua.¹ Esta Unidad es también la dependencia pública a la que las empresas reportan sus Informes Cuatrimestrales. Por su parte, la DINAMA, a través de su División de Control Ambiental (DCA) es la encargada de otorgar la Autorización de Desagüe Industrial (ADI), previa comprobación de que la industria posee una planta de tratamiento y que, dadas las características de la industria, la planta de tratamiento es capaz de lograr que sus efluentes cumplan con los estándares de vertido. En otras palabras, la DCA está a cargo del “*cumplimiento inicial*”, mientras que la UEI está a cargo del “*cumplimiento continuo*”.

Esta organización institucional es el resultado de dos factores: la evolución histórica de la legislación sobre el control de la contaminación de las aguas y un acuerdo informal realizado entre la DINAMA y la IMM en 1995. Cuando se crea el MVOTMA en 1990 todas las competencias en materia de calidad de aguas son transferidas a la DINAMA. Sin embargo, desde el inicio del Siglo XX la IMM estaba encargada de proveer el servicio de saneamiento en la ciudad. Es por esta tarea histórica que las primeras regulaciones concerniendo la contaminación industrial de los cursos de aguas aparecen a nivel municipal en la década del sesenta, casi veinticinco años antes que la creación del MVOTMA. Es fácil de entender entonces por qué a pesar de la creación del MVOTMA la IMM continúa jugando un papel tan significativo en el control de los efluentes industriales en el Departamento de Montevideo.

Por su parte, el acuerdo de 1995 estableció que la IMM monitorearía periódicamente los efluentes industriales en la ciudad de Montevideo. La DINAMA, mientras tanto, estaría a cargo del proceso de otorgamiento de las ADI y de la fiscalización periódica de las emisiones industriales en el resto del país. El acuerdo era beneficioso a-priori en la medida que permitía usar más eficiente y eficazmente escasos recursos públicos para el control de la contaminación hídrica. Sin embargo, por diversas razones, algunas de las cuales

¹ El monitoreo de la calidad de los cuerpos de agua fue transferido al Laboratorio de Higiene de la IMM en 2002.

se ven a continuación, el acuerdo cayó en parte en el año 2002. Consecuentemente, en la actualidad tanto la IMM como la DINAMA realizan acciones de control similares, sino idénticas, en Montevideo. Esta superposición no sólo resulta en un uso ineficiente de los escasos recursos de control sino que además atenta contra la efectividad del mismo.

2.2. LEGISLACION

2.2.1. Ordenanza sobre la Disposición de Aguas Residuales de los Establecimientos Industriales del Departamento de Montevideo (Decreto N° 13.982 de la Junta Departamental de Montevideo, 1967) y su Reglamentación (Resolución N° 16.277 del Intendente Municipal de Montevideo, 1968).

Estas normas son un mojón en la regulación nacional sobre el control de la contaminación de aguas por dos razones. Primero, derogaron todas las normas previas que legislaban sobre contaminación de aguas en Montevideo. Segundo, sentaron los criterios básicos de fiscalización, control y sanción de la política de control de efluentes industriales en el país hasta el presente. En particular, el Decreto Municipal implementó el control de los efluentes industriales centrado en la presencia y el correcto funcionamiento de tecnología de tratamiento en lugar de centrarse directamente en el cumplimiento de los estándares de emisiones.

A continuación se describen los criterios básicos de política implementados por estas normas.

Primero, todas las plantas industriales deben poseer obligatoriamente una planta de tratamiento de efluentes industriales (PT) que les permita cumplir con los estándares de emisiones y por este medio obtener la ADI de las autoridades públicas. Segundo, como corolario de lo anterior, cambios significativos en el proceso o la cantidad de producción deben ser acompañados de cambios en la PT para mantener la ADI. Tercero, las industrias deben contar con un “profesional competente” a cargo de la construcción y operación de la PT. Este profesional es responsable del correcto funcionamiento de la PT y la veracidad de la información presentada en los Informes Cuatrimestrales. Cuarto, la IMM podrá clausurar la industria o mandar el cese de vertidos en caso de no cumplimientos con las regulaciones. Finalmente, el Decreto Municipal también establece que la IMM establecería estándares de emisiones. Estos estándares fueron establecidos, conjuntamente con otras reglas que se describen abajo, en la Resolución N° 16.277 que vio la luz el año siguiente (1968). Estos estándares fueron definidos en términos de concentraciones de contaminantes en los efluentes. No fue establecido ningún límite a la cantidad de contaminantes (carga) emitidos.

A excepción del tipo y los valores de los estándares de emisiones, los cuales fueron redefinidos, el resto de las disposiciones previamente descritas fueron idénticamente incorporadas en el Decreto Nacional N° 253/79, el cual regula la contaminación de aguas en todo el país en el presente.

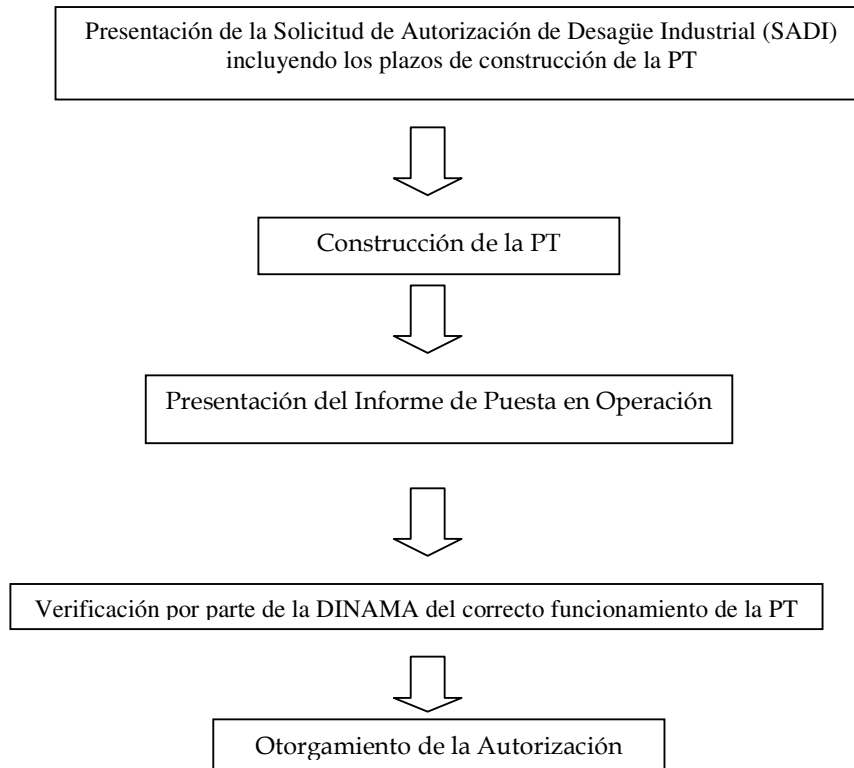
2.2.2. Decreto 253/79, “Normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de contaminación de aguas”, 1979.

Este Decreto del año 1979 (con modificaciones en 1998, 1989 y 1991) reglamentó artículos del por ese entonces recientemente aprobado Código de Aguas. El Decreto es hasta el presente la norma básica y la más importante en la regulación de la contaminación de aguas en Uruguay. Determina estándares ambientales para los cursos de agua, estándares de emisión para las industrias y las sanciones por incumplimiento. Las diferencias más importantes entre este Decreto 253/79 y las normas municipales recién comentadas son que el Decreto incorpora estándares ambientales para los cursos de agua, redefine los niveles de los estándares de emisión y saca de la órbita municipal el proceso de otorgamiento de la Autorización de Desagüe Industrial (ADI), actualmente en manos de la DINAMA. En todo lo restante, incluyendo por supuesto el enfoque básico de política pero también procedimientos y disposiciones específicos, el Decreto Nacional es una aplicación a nivel nacional de las previas normas municipales.

En particular, los estándares de emisión continuaron estando definidos en términos de concentración (mg/L); no en términos de carga. La única disposición al respecto establece que el volumen total de efluentes descargados no puede ser mayor que 2,5 veces el volumen promedio emitido durante el período de actividad para plantas emitiendo a colector, y 1,5 veces para plantas emitiendo a curso de agua. Estas medidas prevendrían sobrecargas temporales que pudieran tener efectos permanentes en los cursos de agua. Sin perjuicio de lo anterior el MVOTMA puede obligar a las firmas a controlar los volúmenes de los efluentes.

El proceso de aplicación de la ADI es idéntico al de la previa autorización municipal. Los pasos de dicho proceso se resumen en la siguiente figura.

Figura 1: Pasos para Obtener la Autorización de Desagüe Industrial (ADI)



Es relevante resaltar la cantidad de información requerida por la DINAMA a las firmas en el proceso de aplicación de la ADI (MVOTMA, 1995): información respecto al proceso productivo (incluyendo cantidad de producción diaria y mensual, consumo promedio de agua, cantidad diaria de insumos utilizada), una descripción de las características de los efluentes y desperdicios sólidos generados, información acerca de las condiciones del cuerpo receptor (curso de agua, colector, suelo) en el punto de descarga, plazos de construcción de la PT y una descripción de las tareas de su operación y mantenimiento. La demanda de esta cantidad de información por parte de los reguladores tiene su explicación en que dados los estándares de emisión definidos en términos de concentración todo lo que los reguladores deben hacer para asegurarse que la empresa cumple con los mismos sin diluir sus efluentes es concentrar los esfuerzos de monitoreo en la existencia y correcto funcionamiento de una PT que sea capaz de tratar los efluentes de la empresa. Pero para determinar que la PT sea capaz de hacer esto primero el regulador tiene que demandarle a la empresa características detalladas de su proceso de producción.

La ADI tiene una duración de 8 años. Durante este período la PT tiene que estar bajo la supervisión de un profesional competente. Este profesional es quien está a cargo de los Informes Cuatrimestrales.

El Decreto también establece las sanciones monetarias por incumplimientos. Éstos pueden clasificarse en 4 categorías, de acuerdo al tipo

de norma que intentan hacer cumplir: (1) Multas para las firmas en operación que no hayan presentado SADI, (2) Multas por incumplimientos durante los procesos de solicitud de la ADI (no brindar alguna información) y la construcción de la PT (no cumplir con el plazo de construcción de la planta), (3) Multas para firmas con un PT aprobada y en operación. Las infracciones incluyen: descarga de efluentes sin tratamiento previo, PT en operación sin la supervisión de profesional competente, mantenimiento inadecuado de la PT, reporte de información falsa y no cooperar con las tareas de inspección, (4) Multas por violaciones a las intimaciones a cesar vertidos.

La legislación no especifica los criterios para la determinación de los niveles de las multas dentro de los rangos que establece. Esto es consecuencia del tipo de infracciones que se sanciona. Por ejemplo, una incorrecta operación de la PT puede cubrir una amplia gama de actividades ilegales. Por lo tanto, la "severidad de la violación" es dejada a discreción del regulador, quien ciertamente considera otros aspectos como la previa disposición y cooperación del administrador de la industria.

La apreciación más llamativa referente al sistema de sanciones es que las violaciones a los estándares de emisión no son sancionadas. Las multas sancionan incumplimientos con las disposiciones en la SADI o el correcto funcionamiento de la PT. Esta es una diferencia mayor con el caso clásico de control de estándares de emisiones en los textos de economía ambiental, donde las sanciones son una función creciente de la magnitud de la violación a los estándares de emisión.

Finalmente, como se dijo, el Decreto 253/79 fija también estándares ambientales de acuerdo a cuatro categorías dentro de las que se clasificarían los cursos de agua. Éstas son: Clase 1: agua para consumo humano, Clase 2: aguas para recreación e irrigación, Clase 3: aguas para la preservación de la flora y fauna y la irrigación de productos no consumidos directamente por humanos, Clase 4: aguas que atraviesan áreas urbanas o suburbanas y para la irrigación de productos no consumidos por humanos. La clasificación de los cuerpos de agua por el MVOTMA en estas cuatro clases nunca fue llevada a cabo, por lo que los estándares de emisiones son actualmente las únicas normas que regulan los efluentes industriales, tal cual se establece en el mismo Decreto (Mientras la clasificación de los cursos no se lleve a cabo los efluentes serán "admitidos" si cumplen con los estándares de vertido).

2.2.3. Resolución Municipal 761/96, Plan de Reducción de la Contaminación de origen Industrial, 26 de febrero de 1996.

En 1996, dentro del Plan de Saneamiento Urbano para Montevideo, el Departamento de Desarrollo Ambiental de la IMM promulgó esta resolución cuyo objetivo era mejorar el nivel de cumplimiento de los estándares de emisión por parte de las industrias de Montevideo.

La Resolución, denominada "Plan de Reducción de la Contaminación de Origen Industrial", comenzando el 1º de Marzo de 1997, hizo más laxos los estándares de emisión establecidos por el Decreto Nacional 253/79 y estableció

un cronograma por el cual éstos convergerían nuevamente a los niveles originales. Este Plan estaba basado en el reconocimiento de “la realidad actual de la industria” por parte de la IMM.

El Plan no cubrió todos los contaminantes (parámetros) sujetos a estándares de vertido en el Decreto 253/79. Los contaminantes cubiertos dependían de la rama industrial y del punto de descarga: cursos de agua o colector (ver Cuadro A.1 en el Apéndice. El cronograma y los correspondientes niveles de estándares de emisión son presentados en los Cuadros A.2 y A.3)

Una primera observación respecto al Plan es que dio a las empresas un tiempo considerable para implementar cambios en la tecnología de tratamiento de efluentes. Las industrias tuvieron casi tres años antes que los estándares convergieran nuevamente a los niveles del Decreto 253/79. Una segunda observación es que los reguladores reconocieron en los lavaderos de lana y las curtiembres a las industrias con las mayores dificultades para el cumplimiento. Estas plantas enfrentaron estándares aún más laxos en cada período y muy sorprendentemente, sus estándares para DBO₅ convergieron a un valor más alto que el fijado por el Decreto Nacional 253/79 para los casos de aquellas que emitían a colector (3.000 mg/l y 1.000 mg/l para lavaderos de lana y curtiembres respectivamente, comparado con 700 mg/l establecidos por el Decreto). De acuerdo con conversaciones con inspectores de la División de Control Ambiental de la DINAMA, estas inconsistencias han generado problemas en las tareas de contralor porque las firmas argumentan que están cumpliendo con la Resolución Municipal 761/96 cuando la DINAMA les exige ajustes para alcanzar los estándares de emisión establecidos en el Decreto Nacional. Es obvio que hubo (y aún hay) una falta de coordinación entre la DINAMA y la IMM en este aspecto.

3. BASE DE DATOS

Las fuentes de información para la conformación de la base de datos para este trabajo son dos: la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM) y la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA).

Mi fuente de información principal es la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM). La información de esta fuente proviene, por un lado, de los Informes Cuatrimestrales que las plantas industriales del Departamento de Montevideo reportan cada cuatro meses a la Unidad de Efluentes Industriales (UEI) de la IMM. Esta información está conformada por las cantidades mensuales de las siguientes variables: (1) cantidad de cada bien producido, (2) consumo total de agua (AGUA), incluido agua corriente (OSE) y aguas subterráneas (PERF), (3) Consumo de Energía Eléctrica (EL), (4) Consumo de Combustibles (COMB) y leña, (5) Consumo de Gas, (6) número de empleados (EMPLEO) y días trabajados (DT). Con respecto a la contaminación, se requiere que las plantas informen: caudal promedio diario del efluente (CDAL) (y descargas totales mensuales, VOLUMES) y su concentración de contaminantes, entre los cuales está la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅). Las plantas con un flujo de efluentes mayor de 50m³/día deben tomar muestras cada dos semanas en lugar de una vez por mes. Los períodos de reporte son Marzo - Junio, Julio - Octubre y Noviembre - Febrero. No existe en los hechos una fecha límite para la presentación de estos Informes, por más que la reglamentación diga que debe ser en los primeros quince días posteriores al período que se informa.

Aparte de esta información contenida en los Informes Cuatrimestrales, se ha recabado información acerca de las acciones de monitoreo y control realizadas por la UEI de la IMM. Esta información incluye: (1) Cantidad y fecha de inspecciones con y sin muestreo realizadas a cada planta, (2) Resultados de las muestras (mg/l de DBO₅) en aquellas inspecciones en las que se tomaron muestras, (3) Cantidad, fecha y monto de multas impuestas a cada planta.²

Mi segunda fuente de información es la División de Control Ambiental (DCA) de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA). Esta información incluye: (1) Cantidad y fecha de inspecciones con y sin muestreo realizadas a cada planta por parte de DCA, (2) Resultados de las muestras (mg/l de DBO₅) en aquellas inspecciones en las que se tomaron muestras por parte de la DCA, (3) Cantidad y fecha de intimaciones realizadas a cada planta por parte de la DCA, (4) Cantidad y fecha de amenazas de multas ("Vistas") realizada por parte de la DCA a cada planta, y (5) Cantidad, fecha y monto de las multas aplicadas por la DCA a cada planta por mes.

La información descrita abarca a setenta y cuatro (74) plantas industriales ubicadas en el Departamento de Montevideo. La selección de estas 74 plantas no fue aleatoria. Primero, son todas empresas privadas. Segundo, la mayoría de estas plantas son las que fueron inspeccionadas con mayor frecuencia histórica

² La información correspondiente a inspecciones se tiene desde Julio 1996.

por la UEL. Tercero, son las plantas que cubren más del 90% de la contaminación industrial del Departamento.

El Cuadro 1 presenta las estadísticas descriptivas para las variables que se incluyen en los Informes Cuatrimestrales. Las estadísticas descriptivas de las variables de fiscalización por parte de la IMM y la DINAMA se presentan más adelante cuando se expone la política de control implementada en los hechos. No se presentan estadísticas descriptivas para las variables de producción por razones de espacio.¹⁰

Cuadro 1: Estadísticas descriptivas de las variables de Insumos y Contaminación
(Muestra Julio 1997 - Octubre 2001)
Observaciones Totales Potenciales: 3.848

Variable	Descripción	Unidad de medida	Media	Mediana	Desv. Estánd.	Valores faltantes
DBO ₅	Concentración de DBO en los efluentes	mg/l	1.031	370	2.334	952
CDAL	Caudal diario promedio	m ³ /día	203	52	453	1.034
OSE	Consumo de agua corriente	m ³ /mes	3.848	784	8.271	638
PERF	Consumo de agua subterránea	m ³ /mes	2.793	750	4.873	1.279
EL	Consumo de energía eléctrica	Kwh/mes	179.409	68.000	278.828	449
COMB	Consumo de combustibles	m ³ /mes	34	12	50	862
DT	Número de días trabajados en el mes		22	23	4.6	594
EMPLEO	Número de empleados		122	60	276	342

Fuente: IMM

3.1.- VALORES FALTANTES

Como se evidencia en el Cuadro 1, tengo valores faltantes (VF) en mi panel. Las observaciones faltan ya sea porque una planta no informó en un período dado, en cuyo caso tengo un valor faltante para todo el conjunto de

¹⁰ No se pudo utilizar la información relativa al consumo de gas en el análisis porque la IMM no preguntaba por él antes de 2001, y en 2001 solo una planta informó sobre consumo de gas en dos períodos de reporte. Tampoco se pudo utilizar la información relativa al consumo de leña. El problema con la leña es que no todas las plantas industriales en la muestra usaron leña como un insumo y no todas de aquellas que no la usaron informaron consumo cero. En lugar de ello, estaba faltando un valor en la celda respectiva. Este defecto de información es posiblemente la consecuencia de la rotación del profesional a cargo de preparar y presentar el informe. Trece plantas no informaron consumo de leña en el período de muestra, y 32 plantas alternaron el no informar consumo de leña con consumo cero, sugiriendo que no estaban usando leña como un insumo. Considerando esto, descarté estas dos variables del análisis.

variables de ese período (“no- reporte de unidad”), o porque la planta si informó pero el Informe Cuatrimestral tiene valores faltantes para una o más variables (“no reporte de elemento”).

Hubo cuatro razones principales para que las plantas no envíen sus Informes Cuatrimestrales (“no-reporte de unidad”). Primero, la planta cesó su actividad comercial. Segundo, la planta informó que no tuvo actividad en ese período.¹¹ Tercero, la planta no había comenzado aún a funcionar en ese período. Y cuarto, la planta simplemente omitió el envío del Informe Cuatrimestral.

En resumen, (Cuadro 2), hubo un total de sesenta y dos (62) no-reportes sobre un potencial de 962 posibles (74 plantas por 13 períodos de informe). De éstas, seis corresponden a cuatro plantas que cesaron su producción (por diferentes razones). Doce (12) corresponden a períodos sin actividad de tres plantas diferentes. Dieciséis (16) corresponden a tres plantas que comenzaron a funcionar en los períodos de reporte número cuatro, cinco y nueve respectivamente. Los restantes veintiocho corresponden a falta de informes por razones “aleatorias”.

Cuadro 2: Distribución de la Falta de Informes por razones

Razón	Número De no-reportes	Numero de Plantas
“Cesaron Producción”	6	4
“Sin Actividad”	12	3
“No funcionando todavía”	16	3
“Aleatorias”	28	13
Total	62	23

Los siguientes dos cuadros detallan aún más la distribución de estos no reportes.

Cuadro 3: Distribución de Falta de Informes por cantidad de plantas industriales

	Total								
Numero de No-Reportes	8	6	5	4	3	2	1	0	62
Numero de Plantas	1	2	2	2	4	2	8	53	74

¹¹ Traté estas como valores faltantes porque en algunos casos las empresas indicaron (normalmente en una carta al Director de la UEI) que estaban produciendo “muy bajas” cantidades, y que por lo tanto no ameritaba un reporte de emisiones. Mas aún, frecuentemente luego de esta carta se sucedían períodos sin informes sin ninguna comunicación sobre el momento en el cual la producción había recommenzado. Estos casos involucraron a una planta y tres períodos de reporte en mi muestra.

Cuadro 4: Distribución de Falta de Informes por Cuatrimestre

Cuatrimstre	Número de No - Reportes	Cuatrimstre	Número de No - Reportes
1	10	8	3
2	6	9	2
3	6	10	4
4	5	11	6
5	2	12	6
6	2	13	8
7	2	Total	62

Los no-reportes de una o más variables (“elementos”) tienen también varias razones. Algunas empresas nunca informaron alguna variable específica. Otras informaron determinada variable en forma no sistemática. Por ejemplo, en el caso de consumo de aguas subterráneas algunas empresas informaron consumo cero en algunos períodos y no informaron en otros. Finalmente, otros valores parecen faltar de forma aleatoria.

Tomando en consideración los no - reportes de elementos y de unidad, hubo un total de 5.557 observaciones faltantes sobre un total de 40.924 observaciones posibles. En otras palabras, 13,6% de los datos estaban faltando.¹²

3.1.1. Tratamiento de las observaciones faltantes

El problema con los valores faltantes (VF), es que una estimación basada solo en las observaciones completas (aquellas que no tienen VF), pueden sesgar las estimaciones de los parámetros. Varios métodos son utilizados en la literatura aplicada y otros son propuestos en la literatura teórica para manejar los VF. El problema es que algunos de estos métodos (por ejemplo el de poner promedios) pueden reducir la eficiencia de los estimadores finales. Una revisión de estos métodos, junto con una discusión de sus propiedades, se puede encontrar en Little and Rubin (1987) y Little (1992). Para el caso de datos de panel se puede encontrar una revisión de la literatura sobre paneles incompletos y sesgo de selección en Verbeek and Nijman (1992b). Sin embargo, no es el propósito de esta Sección el revisar estos métodos, sino informar al lector acerca del tratamiento dado a las observaciones faltantes.

3.1.2. “Faltantes aleatorias” e “Ignorabilidad”

Los procedimientos prácticos de estimación utilizan el concepto de “ignorabilidad” en lugar del concepto de aleatoriedad (Missing Completely at

¹² Está disponible un Anexo que describe la distribución de los valores faltantes por variable por planta industrial

Random, MCAR) (ver Little and Rubin, 1987). Verbeek and Nijman (1992a) propusieron “tests” formales para ignorabilidad en modelos de regresión lineal de datos de panel. La ventaja de estos “tests” viene dada por las complejidades existentes en estimar un panel incorporando la regla de selección, su simplicidad y el hecho de que toman en consideración tanto los no reportes de unidad como de elemento (aunque los autores se refieren a estos últimos como la falta información sobre la variable endógena). La idea general de los “tests” es comparar las estimaciones obtenidas utilizando solo las observaciones disponibles con las estimaciones obtenidas utilizando solo las observaciones completas. Utilizar las observaciones disponibles para cada unidad (planta) conduce a un panel no balanceado. Utilizar solo observaciones completas, esto es, solo aquellas unidades observadas durante todos los períodos para todas las variables, conduce a un sub-panel balanceado. Las diferencias entre quienes estiman a partir de paneles balanceados y no balanceados pueden ser utilizadas para construir una “simple prueba (quasi-) Hausman para sesgo de selección” (p.683). La comprobación puede ser realizada tanto para modelos de efectos fijos (EF) como para efectos variables. (EV) Este test está basado en la idea que cuando la regla de selección es despreciable, no habría razón por la que las estimaciones obtenidas utilizando el sub-panel balanceado difieran de aquellas obtenidas utilizando el panel no balanceado, desde que no hay razón para que las inconsistencias de los estimadores del panel balanceado coincidan con la inconsistencia del estimador del panel no balanceado.

Sin embargo, dado que tengo cero observaciones válidas para mi sub-panel balanceado (no tengo mes en el cual todas las 74 plantas hayan informado) no realicé estos “tests” y procedí con mi panel no balanceado. Esta opción está justificada por tres razones. Primero, y la mas obvia, no tengo elección, mas que no realizar estimación alguna. Segundo, pienso que es bastante simple concluir que existe sesgo en mis datos debido a la falta de informes. Tengo doce (12) observaciones faltando como consecuencia de que las plantas informaron “no actividad” o “muy baja” actividad. La falta entonces está claramente relacionado con el nivel de producción en esos casos. En otras palabras, la regla de selección no es independiente, entre otras posibles cosas, de la situación económica o el ciclo de las empresas. Estos doce casos hacen que mi regla de selección no sea “ignorable”. Tercero, no pienso que esto sea importante en términos de sesgo porque en la mayoría de los casos las plantas realmente no estaban trabajando ni emitiendo, como se comprobó por inspecciones realizadas durante esos períodos. Si esto es verdad, entonces las observaciones faltantes no ocultan ninguna información desconocida.

3.1.3. Asignación de valores a “elementos” no informados

A pesar del hecho de que procedí con un panel no balanceado, asigné valores a aquellos casos denominados “no reporte de elementos” antes de estimar mis parámetros de interés. La razón fue que estos elementos no informados significaban el 55.4% del total de 5.009 observaciones faltantes para las variables de insumos y contaminación.

De acuerdo a la literatura sobre valores faltantes, básicamente hay dos formas de proceder cuando se asignan valores a los elementos no informados: asignación de valores mediante medias condicionadas y asignación múltiple (Little, 1992). Los métodos de asignación de valores mediante medias condicionadas están basados en Buck (1960), Dagenais (1873) y Beale and Little (1975). La idea básica es usar la información sobre las X 's observadas o sobre las X 's e Y 's observadas para llenar los valores faltantes, corrigiendo por las varianzas o covarianzas. Mínimos cuadrados ordinarios (MCO) en los datos completados produce estimaciones consistentes considerando MCAR, lo que yo asumí para mis no- reportes de elementos. El método de asignación múltiple (Rubin, 1987) se propone como una forma de manejar el problema de que cualquiera sea el procedimiento de asignación de valores mediante medias condicionadas, "los errores estándar estimados de los coeficientes de regresión de MCO Mínimos Cuadrados Ponderados sobre los datos completados tienden a ser demasiado pequeños, porque el error de asignación no se toma en consideración" (Little, 1992, p. 1232). Mediante la asignación múltiple (Rubin, 1987) básicamente uno asigna m valores ($m \geq 2$) para cada observación faltante para obtener m conjuntos de datos diferentes. Con cada conjunto de datos uno obtiene la estimación deseada, y los "promedia" para obtener una estimación final de los parámetros y de la varianza que "corrige" la subestimación de varianzas producida al completar las observaciones faltantes.

Ambos tipo de métodos fueron desarrollados y aplicados para casos de datos de corte transversal o series de tiempo y por lo tanto comparten un problema cuando se aplican a datos de panel: no tiene mucho sentido asignar valores a una planta condicionados en información que se observa para otras plantas, con diferentes tecnologías, gerenciamiento y producto. La solución elegida fue realizar asignaciones para cada planta por separado. De esta forma no solamente conservé la variabilidad entre-plantas, minimizando problemas de sesgo y varianzas para las estimaciones finales, sino que también utilicé información específica de la planta acerca de los valores faltantes.³ Para la asignación dentro de cada planta utilicé un procedimiento Buck iterativo para asignar valores a los "no reportes de elementos", en el espíritu de la sugerencia hecha por Beale and Little. A continuación presento esta iteración brevemente.

Consideremos que hay un conjunto de datos consistente de N observaciones y k variables, pero una o mas de las k variables son no observadas en alguna de las N observaciones. Defina las siguientes variables:

$\tilde{x}_j = \sum_{i \in C} x_{ij} / C$; donde $C < N$ es el subconjunto de observaciones completas.

\tilde{x}_j es entonces el promedio de la variable x_j sobre las observaciones completas.

\hat{x}_{ij} es el dato completado donde $\hat{x}_{ij} = x_{ij}$ (el valor observado) si la variable j es observada en la observación i o $\hat{x}_{ij} = \tilde{x}_j + \sum_{l \in p} b_{jl} (x_{il} - \tilde{x}_l)$, Ej.: el valor ajustado de

una regresión lineal sobre las p variables observadas para esa observación.

³ Tales como volúmenes mensuales de efluentes vertidos divididos por los días trabajados para asignar valores a los caudales promedio diarios.

$\bar{x}_j = \sum_{i=1}^N \hat{x}_{ij} / N$; el promedio de variable j sobre los datos completados.

$a_{jk} = \sum_i (\hat{x}_{ij} - \bar{x}_j)(\hat{x}_{ik} - \bar{x}_k) + c_{ijk}$; el elemento jk de la matriz corregida de la sumatoria de cuadrados y productos, donde c_{ijk} es el término de corrección. c_{ijk} es igual a la varianza residual computada de la regresión de x_j sobre las variables observadas en aquella observación i sobre los casos completos, si solo x_j está faltando en la observación i , o la covarianza residual computada de la regresión de x_j y x_k en el resto de las variables observadas en aquella observación si ambas x_j y x_k están faltando en esa observación, siempre corriendo la regresión con los casos completos. En notación matemática, llamemos v_{jk} la covarianza entre $(x_j - \sum_p b_{jp} x_p)$ y $(x_k - \sum_p b_{kp} x_p)$ donde p es el sub-conjunto de variables observadas en la observación en cuestión. Los pasos de la versión del procedimiento iterado de Buck propuesto por Beale and Little son:

1. Ajuste todos los elementos faltantes como lo sugiere Buck y compute a_{jk}
2. Calcule \bar{x}_j y sustitúyala por \tilde{x}_j en $\hat{x}_{ij} = \tilde{x}_j + \sum_{l \in p} b_{jl} (x_{il} - \tilde{x}_l)$
3. Repita hasta que \bar{x}_j and a_{jk} no tienen más cambios significativos.

Para ejecutar este procedimiento generé las siguientes variables para cada planta: (1) AGUA = OSE + PERF, consumo total de agua en m3/mes; (2) ENERGÍA = ELECTRICIDAD*3.6 + COMBUSTIBLES*43,752.06: consumo total de energía en mega joules (MJ); (3) TRABAJO = DÍAS TRABAJADOS*EMPLEO: total de días - empleado trabajados; (4) CONTAMINACIÓN = CAUDAL*DBO₅: total de contaminación orgánica vertida en (Kg/día); (5) PRODUCCIÓN : Cantidad de bienes producidos por mes. Las variables originales fueron ajustadas después de ajustar estas variables generadas. Estimé las regresiones auxiliares lineales con las variables en forma de logaritmos naturales. Estos no necesariamente proveyeron siempre mejores ajustes que las regresiones auxiliares lineales con variables en forma original, pero están mas cerca del "espíritu" de una función de producción Cobb-Douglas.⁴

Finalmente, no utilicé las variables monitoreo y control en esta asignación por dos razones: primero, conservo grados de libertad en las regresiones auxiliares dentro de las empresas, y segundo, sería como hacer trampa usar estas variables para asignar valores a los VF y luego usar los datos resultantes para comprobar su efecto en la contaminación.

⁴ El procedimiento seguido para asignar valores a los elementos no informados en cada planta y el correspondiente proceso de iteración se discute en detalle en un documento aparte que se encuentra disponible a pedido.

4. LA POLITICA EN LOS HECHOS

El objetivo de esta sección es describir, con la ayuda de la base de datos construida, cómo es implementada en la práctica la política de control de la contaminación del agua.

La descripción que sigue concierne principalmente a las acciones de monitoreo de la Unidad de Efluentes Industriales (UEI) de la IMM. Las acciones de la División de Control Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente (MVOTMA), la otra institución con tareas de monitoreo y control, están explicadas casi enteramente por el proceso de Solicitud de Autorización de Desagüe Industrial (SADI). Esto es particularmente cierto para el período analizado y es consecuencia del acuerdo informal de 1995 entre ambas instituciones, ya mencionado.

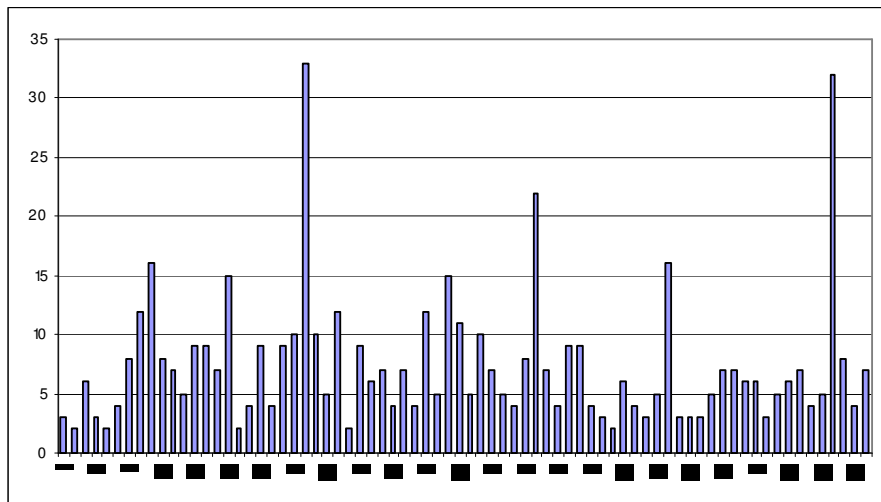
La UEI inspecciona regularmente a las plantas industriales para asegurar el cumplimiento de las normas. Existen dos tipos de inspecciones regulares: con y sin muestreo de efluentes. Las inspecciones con muestreo son inspecciones en las cuales los inspectores toman muestras de los efluentes de la planta para posterior análisis. Estas inspecciones incluyen siempre inspecciones al funcionamiento de la PT así como preguntas generales referidas a la situación económica de la empresa, incluyendo cambios en los niveles de producción, o sucesos especiales que pudieran afectar la eficiencia del proceso de tratamiento de efluentes. Las inspecciones sin muestreo incluyen esto último, pero no incluyen muestras de los efluentes de la planta. Las razones para no efectuar muestreos pueden ser varias: que la planta no esté trabajando en el momento de la inspección, que la planta no esté descargando efluentes en el momento de la inspección, etc.⁵

Se puede decir que la estrategia de los inspectores de la IMM obedeció cinco reglas durante el período estudiado. La primera regla es una que podríamos llamar de “muestreo sin reposición”. El tiempo que lleva a los reguladores realizar muestreos de todas las plantas es de aproximadamente seis meses. Durante este lapso los reguladores tratan de visitar dos veces las plantas de Prioridad 1 y una las de Prioridad 2. Las plantas de Prioridad 1 son los mayores contaminantes en términos de contaminación orgánica y metales. Ellas generan el 80% de esta contaminación. La segunda regla fue que las plantas con peor historia de cumplimiento y aquellas que mostraban menos cooperación con los reguladores eran inspeccionadas más a menudo. La tercera regla de inspección fue que las denuncias de los ciudadanos acerca de episodios inusuales de emisiones también motivaban inspecciones. Cuarto, la omisión de mandar el Informe Cuatrimestral en períodos sucesivos también motivó inspecciones. Finalmente, niveles inusualmente elevados de contaminación informada también motivaban inspecciones, aunque muy raramente de acuerdo con los inspectores de la UEI. La razón para esto es que obviamente no es común que las plantas reporten “picos” en sus emisiones.

⁵ Algunas plantas descargan en forma discontinua. Esto representa un problema para los inspectores de la DCA, quienes normalmente reservan días específicos para inspecciones en Montevideo ya que ellos deben inspeccionar también empresas en el resto del país.

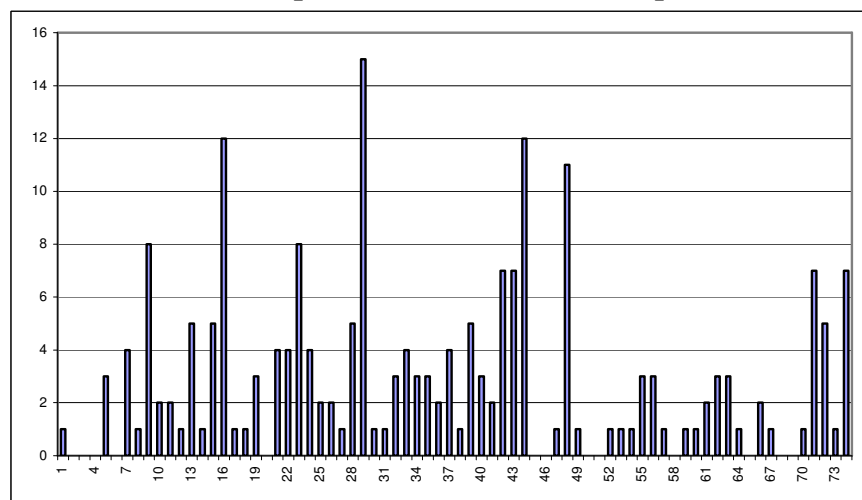
La aplicación de estas reglas implicó cierta concentración de los esfuerzos de monitoreo en algunas plantas. Esto se puede apreciar en los dos Gráficos que siguen (Gráfico N ° 1 y N ° 2). En el caso de la IMM la concentración que se observa se explica en algunos casos por hechos que escapan a las reglas, como por ejemplo insistentes denuncias de vecinos. En el caso de la DINAMA, la concentración de inspecciones está casi enteramente explicada por la campaña de monitoreo del A° Carrasco llevada a cabo por parte de la DINAMA y APRAC en 1999.

Gráfico N ° 1
Número de Inspecciones de la IMM por Planta



Fuente: IMM

Gráfico N ° 2
Número de Inspecciones de la DINAMA por Planta



Fuente: DINAMA

Debe ser considerado que más allá de estas reglas el sector industrial uruguayo sufrió un proceso de contracción importante durante el período 1999 - 2002. El índice de volumen físico de la producción industrial cayó 8,6% en promedio en 1999 y 7.2% en 2001 (durante el 2000 experimentó un cambio positivo del 2%). La contracción fue mayor medida por el PBI real de la industria: 23% entre 1996 y 2001, con una caída promedio de 4% en el período 1997 - 2001 y 8% en el período 1999 - 2001.⁶ Aunque no es reconocido por las autoridades, el control sobre las plantas fue más laxo durante este período como una consecuencia de esta contracción. Tomando como muestra las setenta y cuatro (74) plantas industriales de Montevideo que conforman mi muestra, responsables por más del 90% de las emisiones industriales en la ciudad, uno puede apreciar un decrecimiento en el número de inspecciones realizadas por ambas oficinas reguladoras en el año inmediatamente siguiente al comienzo de la recesión (2000) (ver Cuadro 5). Uno debe recordar que fueron precisamente los difíciles tiempos económicos de la industria los que inspiraron el Plan de Reducción de la Contaminación de Origen Industrial.

Cuadro N° 5

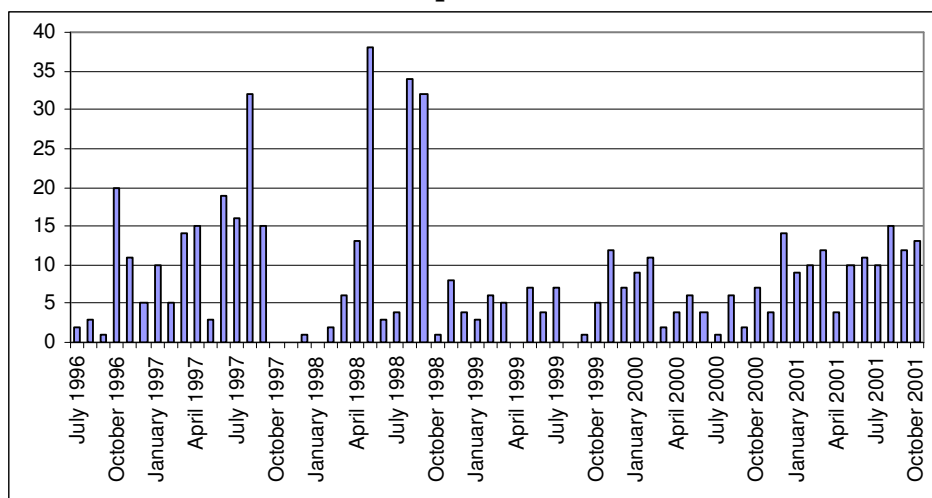
	Número de Inspecciones en los últimos doce meses terminados en Junio		Índice de Volumen Físico (Promedio doce meses terminados en Junio)
	IMM	DCA	
1997	107	21	100,10
1998	126	41	107,80
1999	108	73	107,22
2000	68	39	100,24
2001	90	34	100,49

Fuente: IMM y DINAMA

El aumento en el número de inspecciones que se observa para la IMM en 1998 obedece a que el atraso en la adjudicación de la licitación para el Programa de Monitoreo en el marco del PSUIII motivó que en los años 1997 y 1998 el BID y la IMM contrataran a la UEI para realizar el monitoreo correspondiente. Ésta es la razón de los picos que se observan entre Marzo y Setiembre de 1997 y entre Mayo y Setiembre de 1998 en el Gráfico N° 3.

⁶ Estas diferencias entre la variación en el Índice de Volumen Físico (confeccionado por el Instituto Nacional de Estadística) y el PBI industrial (confeccionado por el Banco Central) obedece a diferencias en el peso de los diferentes sectores en la confección de ambas series.

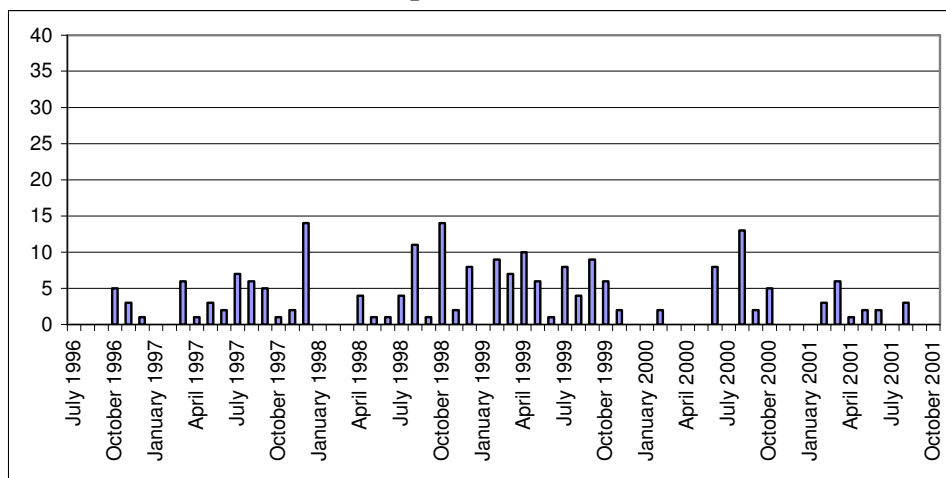
Grafico N° 3
Número de Inspecciones de la IMM



Fuente: IMM

El aumento en las inspecciones que se observa para la DINAMA en 1999 está enteramente explicado por la campaña de monitoreo en el Arroyo Carrasco recién comentada. (Ver Gráfico N°2).

Gráfico N°2
Número de Inspecciones de la DINAMA



Fuente: DINAMA

Los cuadros y las gráficas precedentes también permiten apreciar que la DCA inspeccionó mucho menos frecuentemente que la IMM en Montevideo durante el período estudiado, como era de esperar dada la existencia del mencionado acuerdo de 1995. Como se puede apreciar en el Cuadro N° 2, en el período entre Julio de 1996 y Octubre de 2001, de un total de 760 inspecciones entre las dos oficinas reguladoras, la Unidad de Efluentes Industriales (UEI) de la IMM condujo un total de 549 inspecciones en las mismas 74 plantas y la DCA

solo realizó 211. Mas aún, 401 inspecciones (73%) de la UEI fueron inspecciones con muestreo, mientras que para la DCA el número de inspecciones con muestreo fue 122 (58%).

Cuadro 6: Estadísticas Descriptivas para las Variables de Monitoreo y Control IMM y DCA
(Muestra Julio 1996 - Octubre 2001)
Observaciones totales: 4.736

	Media	Desv. Std.	Máximo	Suma
IMM				
INSPCM	0,085	0.286	3	401
INSPSM	0,031	0.212	6	148
INSPTOT	0,116	0.378	9	549
INSP	0,106	0.308	1	502
MULTA	0,003	0.052	1	11
MULTA (UR)	93,6	70	200	1030
DCA				
INSPCM	0,026	0.158	1	122
INSPSM	0,019	0.137	2	89
INSPTOT	0,045	0.210	2	211
INSP	0,044	0.204	1	207
INTIMAC.	0,024	0.155	2	112
POST.	0,013	0.123	2	60
VISTA	0,015	0.126	2	72
MULTA	0,001	0,029	1	4
MULTA (UR)	225	50	300	900

Notas: (1) Las observaciones para las multas impuestas por la IMM son para el período Mayo 1997 (3.996 observaciones).

(2) Los estadísticos para las variables de multas se calculan sobre las observaciones distintas de cero.

La descripción de las variables del Cuadro N° 6 es la siguiente. INSPCM: número de inspecciones con muestreo hechas por mes y por planta.; INSPSM: número de inspecciones sin muestreo hechas por mes y por planta; INSPTOT: número de inspecciones totales hechas por mes y por planta; INSP: variable que es igual a 1 si la empresa fue inspeccionada en un mes, y cero si no; MULTA: número de multas aplicadas a la planta por mes; y MULTA (UR) sus montos en Unidades Reajustables. La información con respecto a la División de Control Ambiental (DCA) del Ministerio de Medio Ambiente incluye, además de las anteriores variables, el número total de intimaciones emitidas (INTIMAC). El tipo de intimaciones incluye intimaciones a: presentar el formulario de "Solicitud de Autorización de Desagüe Industrial" (SADI), presentar informes periódicos del rendimiento de la planta de tratamiento (PT), finalizar la construcción de la PT, presentar el "Informe de Puesta en Operación" (IPO), designar un profesional competente como responsable por la operación de la PT, presentar un "Informe Técnico" (IT), presentar modificaciones a la PT. La DCA difirió a veces los plazos establecidos en el proceso de aplicación de la

SADI y en las intimaciones. POST es el número de postergaciones concedidas por la DCA. Finalmente, también se pudo obtener de la DCA el número de vistas (“amenazas de multas”) emitidas por la DCA a cada planta por mes .

Es interesante mencionar dos cosas. Primero, las plantas enfrentan una probabilidad incondicional de alrededor del 11% y 5% de ser inspeccionadas en un mes dado por la IMM y la DCA respectivamente. Estas probabilidades son altas si las comparamos con las que Laplante y Rilstone (1996) reportaron para Quebec (1,5%) y comparables a las que Shimshack and Ward (2002) informaron para los EE.UU. (1,5 inspecciones por año, en promedio). Resulta obvio destacar que en éstos últimos casos estamos hablando de regiones geográficas más extensas. Si comparamos las probabilidades que se observan para Montevideo con las que Cruz y Uribe (2002) informaron para Bogotá (19,4%), vemos que son muy inferiores. Segundo, las multas han sido extremadamente poco frecuentes. La IMM aplicó solo once multas en el período, con un valor promedio de 93.6 UR (alrededor de US\$ 1.400). La DINAMA cuatro, con un valor promedio de 225 UR. Varios de las personas entrevistadas coincidieron en afirmar que el bajo número de multas es el resultado claro de la implementación del Plan de Reducción de la Contaminación de Origen Industrial entre Marzo de 1997 y Diciembre de 1999 por un lado, a lo que se suma el período de recesión económica que comenzó en el año 1999.