



VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá D.C.



Director del IDEAM

Carlos Fonseca Zarate

Subdirector de Ecología Económica

César Augusto Buitrago Gómez

Investigación y Edición

César Augusto Buitrago Gómez

Rodrigo Suárez Castaño

Néstor Bernal Suárez

Carrera 7 N° 32-16 Piso 17

PBX 350 0111

BOGOTÁ, D.C. - Colombia

Home Page www.ideam.gov.co

E-Mail: ecología@ideam.gov.co



Directora del DAMA

Julia Miranda Londoño

Subdirector Ambiental Sectorial

Carlos Mario Tamayo Saldarriaga

Interventor

Juan Carlos Castro Parra

Carrera. 6 No. 14-98 Pisos 2°, 5° y 6°

Bloque A Edificio Condominio

PBX. 444 1030 Fax 336 2628 – 334 3039

BOGOTÁ, D. C. – Colombia

Home Page www.dama.gov.co

E- Mail: dama@dama.gov.co

Agradecimientos por su colaboración a los programas de Operación de Redes, Físicoquímica Ambiental y la subdirección de Ecología Económica del IDEAM, así como a la subdirección Ambiental Sectorial del DAMA.

Fotografías Rodrigo Suárez Castaño, Diana Maria Ramos • **Corrección Ortográfica** Consuelo Sánchez

Diseño y Diagramación Juan Carlos Lara • **Impresión** Imprenta del IDEAM

ISBN 958-8067-10-3

Índice

1. Introducción	9
2. Actividades desarrolladas durante la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales de Bogotá y sus Corrientes Industriales	10
3. Muestreo y análisis de resultados de los vertimientos industriales, comerciales y de servicios	11
3.1 Metodología de muestreo y obtención de resultados	11
3.2 Resultados obtenidos durante la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales	12
3.2.1 Establecimientos monitoreados	12
3.2.2 Localización de los establecimientos monitoreados.....	12
3.2.3 Empleo	17
3.2.4 Consumo de agua y energía	17
3.2.5 Sistemas de tratamiento	17
3.2.5.1 Pretratamiento	17
3.2.5.2 Tratamiento primario	18
3.2.5.3 Tratamiento secundario	19
3.2.5.4 Tratamiento terciario	19
3.2.6 Sistemas de recirculación	20
3.2.7 Concentraciones	20
3.2.8 Relación DQO/DBO	23
3.2.9 Unidades de Contaminación Hídrica (UCH).....	33
3.2.10 Caudal por actividad económica y por localidad	33
3.2.10.1 Caudal por actividad económica.....	33
3.2.10.2 Caudal por localidad.....	38
3.2.11 Carga contaminante generada por actividad económica y por localidad	38
3.2.11.1 Carga contaminante generada por actividad económica	38
3.2.11.2 Carga por localidad.....	38
3.2.12 Tasas retributivas por DBO y SST.....	38
4. Descripción general de la cuenca del río Bogotá en jurisdicción del DAMA	50
4.1 Cuenca río Juan Amarillo	52
4.1.1 Descripción general	52
4.1.2 Ecosistemas especiales.....	53
4.1.3 Situación ambiental del río Juan Amarillo.....	53
4.1.4 Vertimientos directos al río Juan Amarillo	54
4.1.5 Quebradas monitoreadas en la cuenca	56
4.2 Cuenca del río Fucha.....	57
4.2.1 Descripción general	57
4.2.2 Ecosistemas especiales.....	58
4.2.3 Situación ambiental del río Fucha.....	59
4.2.4 Vertimientos directos al río Fucha	59
4.2.5 Quebradas monitoreadas en la cuenca	59
4.3 Cuenca del río Tunjuelo	62
4.3.1 Descripción general	62
4.3.2 Situación ambiental del río Tunjuelo.....	63
4.3.3 Vertimientos directos al río Tunjuelo	64

4.3.4 Quebradas monitoreadas en la cuenca	65
4.4 Vertimientos directos al río Bogotá	66
5 Análisis comparativo de los vertimientos a los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá	68
5.1 Cargas de compuestos nitrogenados, sulfatos y cloruros	68
5.1.1 Compuestos nitrogenados	69
5.1.2 Sulfatos.....	67
5.1.3 Cloruros.....	70
5.2 Vertimientos directos con mayor aporte de caudal y carga contaminante	71
5.2.1 Río Juan Amarillo.....	71
5.2.2 Río Fucha	71
5.2.3 Río Tunjuelo.....	72
6. Resultados obtenidos en el programa de seguimiento de efluentes industriales	73
7. Propuesta para el establecimiento de planes de muestreo y estimaciones de carga y cumplimiento de la norma utilizando análisis estadísticos	75
7.1 Planes de muestreo	75
7.1.1 Ventajas de los planes de muestreo.....	75
7.1.2 Descripción del marco muestral.....	76
7.1.3 Plan de Muestreo Tipo A.....	77
7.1.4 Plan de Muestreo Tipo B o precontrol ambiental	80
7.2 Modelo de regresión lineal múltiple.....	82
7.3 Análisis discriminante	85
Bibliografía.....	87
Notas	88
Glosario	89

Prólogo

El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente –DAMA- en ejercicio de sus funciones como autoridad ambiental, ha desarrollado desde 1994 un Programa de Seguimiento de los Efluentes Industriales de Bogotá, que tiene por objeto controlar y reducir la contaminación hídrica generada por el sector industrial, identificar los niveles de cumplimiento de las normas ambientales y generar información que sirva como base para la toma de decisiones en cuanto al manejo y recuperación del recurso. En 1994 se inició la primera fase, con el diseño del programa de control; en las siguientes fases se han realizado muestreos en las industrias seleccionadas para tal fin y en las corrientes superficiales.

El programa de seguimiento fué priorizado a partir del modelo matemático de Clasificación Empresarial por Unidades de Contaminación Hídrica -UCH- desarrollado por el DAMA en el año de 1998 y adoptado a través de la Resolución 339 de 1999, modelo este que clasifica las empresas de acuerdo con su grado de contaminación. Con su aplicación se ha observado, a lo largo del tiempo, que las empresas con niveles de clasificación muy alto, alto y medio han disminuido.

La ejecución del programa ha dado importantes resultados en el mejoramiento de la calidad hídrica de los efluentes industriales de Bogotá, lo cual se refleja en una reducción de aproximadamente el 80% de la carga contaminante vertida por el sector industrial, medida en términos de sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO5), respecto de la carga vertida en el año 1995.

De otra parte, el manejo de la información obtenida por el programa, ha permitido consolidar datos sobre cargas y concentración de contaminantes vertidos por localidad y por actividad económica, y sobre el consumo de agua por actividad económica, los cuales han sido utilizados por el DAMA en el establecimiento de normas y de metas de reducción concertadas con los diferentes sectores productivos de la ciudad.

Para la ejecución de la VI Fase de este programa, el DAMA y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- suscribieron un convenio interadministrativo a través del cual el IDEAM, ejecutó las actividades de monitoreo, análisis de laboratorio y análisis de resultados, de los vertimientos realizados por el sector industrial, comercial y de servicios incluidos dentro del programa y de los vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo, y al río Bogotá, desde el humedal de la Conejera hasta el río Tunuelo; para lo cual se realizaron más de 20.000 análisis, cubriendo un total de 626 establecimientos industriales, comerciales y de servicios, distribuidos en 65 actividades económicas y 339 vertimientos directos a las principales fuentes superficiales de Bogotá, lo cual se constituye en una valiosa información para la toma de decisiones en cuanto al manejo del recurso hídrico en las diferentes regiones del país.

Los resultados obtenidos durante la VI Fase, han sido consolidados en la presente publicación, contribuyendo así al fortalecimiento de las autoridades ambientales, las entidades territoriales, el sector productivo y la ciudadanía en general.



JULIA MIRANDA LONDOÑO

Directora DAMA



CARLOS FONSECA ZARATE

Director IDEAM

1. Introducción

El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá (DAMA) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) firmaron el día 28 de diciembre de 2001 el Convenio Inter-administrativo 020/01 (Numeración DAMA) - 182/01 (Numeración IDEAM), con el objeto de “Realizar aforos y muestreos de aguas residuales del sector industrial, comercial y de servicios, y de los vertimientos y corrientes superficiales de Bogotá para sus respectivos análisis fisicoquímicos y consolidación de la información para el Sistema Nacional Ambiental”.

En este documento se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos a lo largo del convenio, durante el cual se realizaron 832 monitoreos de vertimientos generados por los sectores industriales, comerciales y de servicios localizados en Bogotá, correspondientes a 626 establecimientos, distribuidos en 65 actividades económicas, de acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, CIIU, versión 3 adaptada para Colombia.

Adicionalmente, se realizaron 339 monitoreos de vertimientos directos a los ríos Bogotá, Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo y de 29 quebradas tributarias de los tres últimos, efectuados al ingreso de la ciudad.

En total se realizaron más de 20.000 análisis, cubriendo un total de 32 parámetros (cadmio, cianuro, coliformes totales, coliformes fecales, cloruro, cobre, conductividad, cromo total, cromo VI, DBO, DQO, fenoles, fósforo disuelto, fósforo total, grasas y aceites, hidrocarburos, mercurio, níquel, nitrato, nitrito, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, plomo, pH, SSd, SST, sulfato, sulfuro, SAAM, temperatura, turbidez y zinc).

En el capítulo dos se describen las principales actividades realizadas durante el desarrollo del con-

venio y en el capítulo tres, los resultados obtenidos de los muestreos realizados por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios y por localidad en cuanto a: generación de empleo, consumo de agua y energía, sistemas de tratamiento, sistemas de recirculación, concentraciones de contaminantes, Unidades de Contaminación Hídrica (UCH), cargas contaminantes y tasa retributiva.

En el capítulo cuatro se hace una breve descripción de la cuenca del río Bogotá en jurisdicción del DAMA y de los aspectos más importantes encontrados en los recorridos efectuados a lo largo de los ríos Bogotá, Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo. Así mismo, se presentan los principales resultados obtenidos en los monitoreos a los vertimientos directos a estos ríos y a las quebradas tributarias de los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo.

A partir de los resultados presentados en el capítulo cuatro, en el capítulo siguiente se presenta un análisis comparativo de los vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, incluyendo los vertimientos directos sobre el río Bogotá, generados entre las descargas del humedal de la Conejera y del río Tunjuelo.

En el capítulo seis se presenta una comparación de los resultados obtenidos en los diferentes programas de seguimiento de efluentes industriales realizadas por el DAMA (Fase II a Fase VI).

Por último, en el capítulo siete, se presentan unas propuestas para la formulación de planes de muestreo y estimaciones de carga y cumplimiento de la norma utilizando análisis estadísticos; herramientas que permitirán ir afinando los estimativos sobre carga y cumplimiento de la norma, y la disminución gradual del número de establecimientos industriales, comerciales y de servicios a monitorear.

2. Actividades desarrolladas durante la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y de Corrientes Superficiales de Bogotá

En cumplimiento del objetivo y los alcances del convenio, se desarrollaron cinco actividades principales, a saber: a) realizar visitas, levantar información, aforar, tomar muestras y analizar los vertimientos de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios indicados por el DAMA; b) monitorear la totalidad de los vertimientos directos sobre los tres principales ríos localizados en la jurisdicción del DAMA (Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo); c) monitorear los vertimientos directos al río Bogotá localizados entre el humedal de la Conejera y el río Tunjuelo; d) monitorear las quebradas localizadas sobre los Cerros Orientales de la ciudad (desde la quebrada Torca, hasta la quebrada Juan Rey) y e) realizar un monitoreo continuo, durante 24 horas, de los principales vertimientos sobre el río Bogotá (canal Torca, río Juan Amarillo, canal Salitre, canal Jaboque, río Fucha, canal Patio Bonito y río Tunjuelo). Es importante resaltar que los vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo y Fucha fueron monitoreados en su totalidad, mientras que para el río Tunjuelo se moni-

torearon los vertimientos generados en el 75% de su longitud, debido a la terminación del presupuesto.

Para la ejecución de las actividades descritas anteriormente se diseñaron formatos de visita, los cuales se elaboraron con base en los requerimientos establecidos en los términos de referencia del convenio, en los parámetros definidos por el IDEAM, en el formato de captura de datos para muestreos de fuentes superficiales, en la información entregada por el DAMA de las fases anteriores y en el Formulario de Uso de Recursos (FUR) del IDEAM.

Adicionalmente, se elaboraron protocolos e instructivos de muestreo específicos para aguas residuales, caracterización y tipificación de procesos y toma de muestras de aguas residuales provenientes de alcantarillados, entre otros, desarrollados a partir de los elaborados y utilizados por el IDEAM en el proceso de acreditación de laboratorios ambientales.

En la *Tabla 1* se muestra la relación de los formatos e instructivos elaborados, con su respectivo código.

Tabla 1. Formatos e Instructivos Elaborados

Código	Título	Objetivo
FM0188	Formato de captura de datos en campo para aforo y toma de muestras de agua residual industrial, comercial y de servicios	Registrar los datos de los establecimientos en el momento de la visita y los resultados de los parámetros medidos en campo y establecer los análisis necesarios para los vertimientos observados.
FM0195	Constancia de visita industrial no efectiva	Dejar constancia de la realización de la visita y reprogramar una nueva fecha de visita.
IM0187	Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales	Describir los requerimientos, instrucciones y cuidados que se deben tener en cuenta para la realización de aforos y la toma de muestras de aguas residuales de los sectores industriales, comerciales y servicios.
IM0192	Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales provenientes de alcantarillados	Describir los requerimientos, instrucciones y cuidados que se deben tener en cuenta para la realización de aforos y la toma de muestras de aguas residuales provenientes de alcantarillados.
IM0191	Instructivo para caracterización de procesos de los establecimientos visitados	Describir las instrucciones a seguir para efectuar las visitas a los establecimientos para la recopilación de información de sus procesos productivos y la toma de muestras de aguas residuales de los sectores industriales, comerciales y de servicios.
II0137	Tipificación de procesos industriales	Tipificar las actividades industriales más representativas a lo largo de las diferentes fases de seguimiento teniendo en cuenta los consumos de agua, los análisis de laboratorio requeridos, el diagrama de flujo del proceso, y plantear sugerencias para la ejecución del muestreo.
PI0315	Mecanismo administrativo de verificación de los muestreos programados	Detallar el procedimiento que se sigue para seleccionar industrias y verificar que se cumplan el 100% de los muestreos pactados.

3. Muestreo y análisis de resultados de los vertimientos industriales, comerciales y de servicios

3.1 Metodología de muestreo y obtención de resultados

En la *Figura 1* se presenta el flujograma para el muestreo de aguas residuales de los sectores industriales, comerciales y de servicios, el cual describe de manera detallada los pasos que se siguieron para la realización de los muestreos a los vertimientos de los establecimientos monitoreados.

Una vez las muestras ingresaban al laboratorio, se realizaban los respectivos análisis fisicoquímicos o microbiológicos, siguiendo los procedimientos de control de calidad y los estándares de operación (Procedimiento Estándar de Operación -PSO-) definidos para cada variable analizada.

Con base en la información capturada en campo en el formato FM0188 “Formato de Captura de Datos en Campo para Aforo y Toma de Muestras de Aguas Residuales de los sectores Industriales, Comerciales y de Servicios” y los resultados obtenidos en el laboratorio, se preparó y entregó al DAMA un informe para cada uno de los establecimientos monitoreados.

Con el fin de identificar los establecimientos monitoreados dentro de una actividad y de poder realizar los análisis por actividades industriales, comerciales y de servicios, éstos fueron agrupados siguiendo la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), versión tres adaptada para Colombia. En la *Tabla 2* se muestra como ejemplo para la actividad 17: Fabricación de productos textiles, la forma en que la CIIU establece las divisiones, grupos y clases, dependiendo de la desagregación a la que se desee llegar para cada establecimiento (la CIIU establece desagregacio-

nes hasta producto – 8 dígitos). Para este trabajo los establecimientos fueron agrupados por clase, lo que quiere decir que la desagregación se hizo hasta cuatro dígitos.

A partir de los resultados individuales, agrupados de acuerdo con la CIIU, se realizaron análisis estadísticos que permitieron caracterizar la industria de acuerdo con las variables consideradas durante el muestreo realizado a cada uno de los establecimientos.

Dentro de las principales medidas descriptivas de tipo estadístico utilizadas para el análisis de la información, se encuentran la mediana, el promedio y el primer y tercer cuartil, las cuales se definen a continuación: a) primer cuartil: corresponde a un valor de la variable analizada, de tal forma que el 25% de los datos son menores o iguales a dicho valor; b) tercer cuartil: corresponde a un valor de la variable analizada, de tal forma que el 75% de los datos son menores o iguales a dicho valor; c) la mediana: corresponde a un valor de la variable analizada, de tal forma que el 50% de los datos son menores o iguales a dicho valor y d) el promedio: corresponde al promedio aritmético, empleando los datos de la respectiva variable analizada. En la *Tabla 3* se presenta, a manera de ejemplo, la forma en que se determinaron las medidas estadísticas utilizadas.

Por otra parte, se obtuvo información sobre la localidad a la que pertenece cada establecimiento, lo que permitió realizar diferentes análisis sobre la situación de cada una de ellas, desde el punto de vista de generación de empleo, consumo de energía y agua,

Tabla 2. Mecanismo de Agrupación de Acuerdo a la CIIU

División	Grupo	Clase	
17 Fabricación de Productos Textiles	171 Preparación e hiladura de fibras textiles	1710 Preparación e hiladura de fibras textiles	
	172 Tejedur de productos textiles	1720 Tejedur de productos textiles	
	173 Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	1730 Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	
	174 Fabricación de otros productos textiles		1741 Productos textiles producidos en la misma unidad, excepto prendas de vestir
			1742 Fabricación de tapices y alfombras para pisos
			1743 Fabricación de cuerdas, cordeles, cables, bramantes y redes
		1749 Fabricación de otros artículos textiles ncp	
175 Fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo	1750 Fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo		

Figura 1. Flujograma para el muestreo de aguas residuales industriales, comerciales y de servicios



Tabla 3. Medidas Estadísticas Utilizadas

N° Establecimiento	Concentración de DBO (mg/l)	Medidas de localización	
Establecimiento 1	850		
Establecimiento 2	855		
Establecimiento 3	876		
Establecimiento 4	879		
Establecimiento 5	894	Primer cuartil	895,5
Establecimiento 6	897		
Establecimiento 7	898		
Establecimiento 8	903		
Establecimiento 9	903		
Establecimiento 10	906	Mediana	906
Establecimiento 11	907		
Establecimiento 12	914		
Establecimiento 13	918		
Establecimiento 14	932	Tercer cuartil	935,5
Establecimiento 15	939		
Establecimiento 16	954		
Establecimiento 17	958		
Establecimiento 18	960		
Establecimiento 19	981		
		Promedio	912

sistemas de tratamiento y de recirculación, caudal, carga contaminante, tasa retributiva, entre otros.

3.2 Resultados de los monitoreos realizados durante la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá

3.2.1 Establecimientos monitoreados

El número de establecimientos monitoreados a lo largo de la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales fue de 626, distribuidos en 65 actividades industriales, comerciales y de servicio, dentro de los cuales se registraron un total de 832 vertimientos, lo que indica que algunos de estos establecimientos cuentan con más de un punto de vertimiento para sus aguas residuales¹. En la *Tabla 4* se puede observar el número total de establecimientos y vertimientos monitoreados por actividad industrial, comercial y de servicios, y su respectivo porcentaje respecto al total.

3.2.2 Localización de los establecimientos monitoreados

De los establecimientos monitoreados, el 32,6 % se encuentran ubicados en la localidad de Tunjuelito, el 18,1 % en la localidad de Puente Aranda, el 8,2 % en la localidad de Kennedy, el 7,4% en la localidad de Fontibón y el 33,7% restante en las demás localidades. En la *Figura 2* se presentan los porcentajes de establecimientos y vertimientos monitorea-

Tabla 4. Establecimientos Monitoreados por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios

Actividad económica	Establecimientos		Vertimientos	
	Número total	%	Número total	%
Curtido y preparado de cueros	190	30,4	215	25,8
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, y productos conexos	130	20,8	137	16,5
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general, realizados a cambio de una retribución o por contrata	64	10,2	180	21,6
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	47	7,5	52	6,3
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	20	3,2	22	2,6
Elaboración de productos lácteos	14	2,2	15	1,8
Elaboración de productos de panadería	12	1,9	14	1,7
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	12	1,9	21	2,5
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador	9	1,4	11	1,3
Comercio al por menor de combustible para automotores	9	1,4	9	1,1
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	8	1,3	11	1,3
Elaboración de bebidas fermentadas	8	1,3	8	1,0
Tejedura de productos textiles	7	1,1	8	1,0
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	7	1,1	13	1,6
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	6	1,0	6	0,7
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	6	1,0	8	1,0
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	1,0	6	0,7
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	4	0,6	4	0,5
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	4	0,6	4	0,5
Elaboración de macarrones, fideos, alucuzca y productos farináceos	3	0,5	3	0,4
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	3	0,5	3	0,4
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	3	0,5	3	0,4
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	3	0,5	4	0,5
Otras industrias manufactureras ncp	3	0,5	5	0,6
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	2	0,3	2	0,2
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	2	0,3	2	0,2
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	0,3	2	0,2
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	2	0,3	2	0,2
Actividades de aeropuertos	2	0,3	5	0,6
Otras actividades con salud humana	2	0,3	2	0,2
Servicios sociales sin alojamiento	2	0,3	5	0,6
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	1	0,2	1	0,1
Elaboración de productos de molinería	1	0,2	1	0,1
Tostón y molienda del café	1	0,2	1	0,1
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1	0,2	1	0,1
Fabricación de productos de tabaco	1	0,2	2	0,2
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	1	0,2	2	0,2
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	0,2	1	0,1
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	1	0,2	2	0,2

Continúa en la página siguiente

Tabla 4 (continuación). Establecimientos Monitoreados por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios

Actividad económica	Establecimientos		Vertimientos	
	Número total	%	Número total	%
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1	0,2	1	0,1
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	0,2	1	0,1
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	1	0,2	2	0,2
Fabricación de cemento, cal y yeso	1	0,2	1	0,1
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	1	0,2	2	0,2
Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pluvimetallurgia	1	0,2	1	0,1
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	0,2	1	0,1
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	0,2	1	0,1
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	1	0,2	1	0,1
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	1	0,2	4	0,5
Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	1	0,2	1	0,1
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	0,2	1	0,1
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	1	0,2	1	0,1
Fabricación de muebles para el hogar	1	0,2	2	0,2
Fabricación de muebles para oficina	1	0,2	2	0,2
Fabricación de juegos y juguetes	1	0,2	1	0,1
Mantenimiento y reparación de vehículos	1	0,2	1	0,1
Comercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	1	0,2	2	0,2
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	1	0,2	1	0,1
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	1	0,2	1	0,1
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	1	0,2	1	0,1
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	1	0,2	2	0,2
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	1	0,2	2	0,2
Actividades de estaciones de transporte terrestre	1	0,2	2	0,2
Establecimientos que prestan el servicio de educación pre-escolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	1	0,2	1	0,1
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	1	0,2	3	0,4
Total	626	100	832	100

Figura 2. Porcentaje de establecimientos y vertimientos por localidad





Tabla 5. Listado de actividades con mayor número de establecimientos por localidad

Localidad	Actividad económica	N° Establecimientos
Antonio Nariño	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	8
	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	2
	Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	1
Barrios Unidos	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	18
	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	5
	Elaboración de productos de panadería	3
	Otras actividades	6
Bosa	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	2
	Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	1
	Otras actividades	4
Chapinero	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	6
	Comercio al por menor de combustible para automotores	1
	Otras actividades	2
Ciudad Bolívar	Fabricación de productos de tabaco	1
	Curtido y preparado de cueros	1
	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	1
	Otras actividades	4
Engativá	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	15
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	6
	Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	2
	Otras actividades	15
Fontibón	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	15
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	6
	Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	3
	Otras actividades	22
Kennedy	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	17
	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	11
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	7
	Otras actividades	16
Los Mártires	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	10
	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	5
	Elaboración de productos lácteos	3
	Otras actividades	7
Puente Aranda	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	19
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	15
	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	14
	Otras actividades	65
Rafael Uribe Uribe	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	4
	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	2
	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	2
	Otras actividades	2
San Cristóbal	Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	2
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	1
	Comercio al por menor de combustible para automotores	1

Continúa en la página siguiente

Tabla 5 (continuación). Listado de actividades con mayor número de establecimientos por localidad

Localidad	Actividad económica	Nº Establecimientos
Santa Fe	Comercio al por menor de combustible para automotores	1
Soacha	Curtido y preparado de cueros	1
	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	1
Suba	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	10
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	4
	Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	1
	Otras actividades	6
Teusaquillo	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	5
	Elaboración de bebidas fermentadas	1
	Comercio al por menor de combustible para automotores	1
Tunjuelito	Curtido y preparado de cueros	187
	Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general, realizados a cambio de una retribución o por contrata	3
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	2
	Otras actividades	12
Usaquén	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, y productos conexos	18
	Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	4
	Elaboración de productos de panadería	3
	Otras actividades	12
Usme	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	1

dos por localidad y en el *Mapa 1* la ubicación por localidad de los establecimientos monitoreados.

En la *Tabla 5* se presenta para cada localidad el listado de las tres actividades con mayor número de establecimientos.

3.2.3 Generación de empleo

El número de empleos generados por los establecimientos monitoreados es de 61.286². La *Tabla 6* muestra las 15 actividades industriales, comerciales y de servicios que más generan empleo y que, en conjunto, representan el 36% del empleo generado por los establecimientos monitoreados.

De acuerdo con los establecimientos monitoreados, las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón (las tres pertenecientes a la cuenca del río Fucha) son las que más generan empleo (*Ver Tabla 7*).

3.2.4 Consumo de agua y energía³

En la *Tabla 8* se presentan las quince actividades industriales, comerciales y de servicios que consumen la mayor cantidad de agua (m³/mes) según la CIU.

En la *Tabla 9* se muestran las quince actividades industriales, comerciales y de servicios que presentan un mayor consumo de energía.

Es importante resaltar que de las quince actividades industriales, comerciales y de servicios que generan el mayor consumo de agua y energía, siete están presentes en los dos listados (Actividades de ae-

ropuertos; Fabricación de otros productos de madera; Fabricación de artículos de corcho, Cestería y espartería; Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón; Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos; Fabricación de vehículos automotores y sus motores; Servicios sociales sin alojamiento y Tejeduría de productos textiles).

3.2.5 Sistemas de tratamiento

3.2.5.1 Pre-tratamiento

Son los procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario⁴; buscan la eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares de tratamiento. Los procesos de desbaste como las rejillas; procesos de flotación como las trampas de grasas; procesos de sedimentación como los desarenadores, hacen parte de este tipo de tratamiento.

Los establecimientos monitoreados a lo largo de la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá* presentaron un comportamiento muy similar dentro de las diferentes actividades, las rejillas y trampas de grasas fueron una constante en la mayoría de éstos.

En el caso de Curtido y Preparado de Cueros estas dos unidades iban acompañadas de una unidad

Tabla 6. Número de Empleos por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios de Acuerdo con los Establecimientos Monitoreados

Actividad económica	Nº Establecimientos	Total de empleados	Promedio	Mediana
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	2.000	2.000	2.000
Fabricación de muebles para oficina	1	1.000	1.000	1.000
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1	850	850	850
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	1	520	520	520
Tejedura de productos textiles	7	5.080	494	450
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	12	6.040	412	260
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	2.410	390	225
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	380	380	380
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	4	1583	374	67
Fabricación de productos de tabaco	1	350	350	350
Actividades de aeropuertos	2	698	349	349
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	2	634	317	317
Actividades de estaciones de transporte terrestre	1	280	280	280
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	1	270	270	270
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	247	247	247
Otros establecimientos	584	38.944		
Total	626	61.286		

Tabla 7. Empleo por Localidad de acuerdo con los Establecimientos Monitoreados

Localidad	Nº Empleados	% Empleados
Puente Aranda	19.548	31,9
Fontibón	8.131	13,3
Kennedy	7.415	12,1
Tunjuelito	6.360	10,4
Usaquén	5.743	9,4
Engativá	4.315	7,1
Los Mártires	2.915	4,8
Ciudad Bolívar	1.842	3,0
San Cristóbal	1.391	2,3
Barrios Unidos	946	1,5
Antonio Nariño	744	1,2
Suba	646	1,1
Bosa	617	1,0
Chapinero	399	0,6
Rafael Uribe Uribe	92	0,2
Teusaquillo	79	0,1
Soacha	68	0,1
Usme	20	0,1
Santa Fe	15	0,1
TOTAL	61.286	100,0

en donde se realizan procesos de sedimentación (desarenadores). De los 215 vertimientos monitoreados el 80% cuenta con un sistema combinado de rejillas y trampas de grasas y el 50% presentan una unidad adicional (desarenadores y/o cárcamo).

Para el caso de los establecimientos que realizan revestimiento de metales, la neutralización del efluente está presente en el 30% de los vertimientos; es importante resaltar que dicha neutralización se realiza en las cubas o canecas de enjuague, las cuales son vertidas al sistema de alcantarillado, por lo que la neutralización se ha considerado como un pre-tratamiento.

En el *Mapa 2* se presenta la ubicación y clasificación de los sistemas de tratamiento de los vertimientos de las actividades industriales, comerciales y de servicios, a los cuales se les realizó aforo y monitoreo.

3.2.5.2 Tratamiento primario

Se define como el tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual⁵.

El proceso más utilizado en las diferentes actividades productivas es la sedimentación, el cual va acompañado de una adición de agentes químicos para obtener mejores resultados en los sedimentadores.

Las actividades industriales incluidas en la división de Alimentos y Bebidas, presentan similitud

Tabla 8. Consumos de Agua (m³/mes) de Acuerdo con los Establecimientos Monitoreados

Actividad económica	N° Establecimientos	Agua (m ³ /mes)	
		Promedio	Mediana
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1	1.499.809	1.499.809
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	2	171.070	171.070
Tejedura de productos textiles	7	17.217	24.350
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	17.589	17.589
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	2	15.160	15.160
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	1	13.946	13.946
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	7.128	7.128
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	3	7.450	6.164
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	1	5.285	5.285
Actividades de aeropuertos	1	5.262	5.262
Servicios sociales sin alojamiento	1	4.920	4.920
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	1	4.122	4.122
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	3	3.020	4.078
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	1	3.973	3.973
Preparación e hilatura de fibras textiles	5	7970	3940
Otras actividades económicas	598	2.106	6.646
Total	626	1.864.430	

en los sistemas de tratamiento primario, utilizando procesos de coagulación y de sedimentación; en el caso de la Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos, más del 65% de los vertimientos con tratamiento primario cuentan con dichos procesos. Igual sucede con las actividades de Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas; Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal y Elaboración de productos lácteos, para las cuales el 75%, 66% y 75%, respectivamente, de los vertimientos que cuentan con sistema de tratamiento primario, utilizan procesos de coagulación y sedimentación. Adicionalmente, se puede observar que el sector de Alimentos y Bebidas, en algunos casos, utiliza Flotación por Aire Disuelto (DAF) como tratamiento complementario.

En el caso de la actividad de Curtido y preparado de cueros, solamente uno de los noventa vertimientos que cuentan con tratamiento primario tiene coagulación y sedimentación, mientras que 87 vertimientos cuentan con un sedimentador.

Para la actividad de Tratamiento y revestimiento de metales, el 65% de los vertimientos que cuentan con tratamiento primario tienen procesos de coagulación y precipitación y el restante 35% de sedimentación.

3.2.5.3 Tratamiento secundario

El Tratamiento secundario se define como el directamente responsable de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos⁶ y utiliza microorganismos para la degradación de la materia orgánica (biodegradación o tratamiento biológico). Este proceso reduce o convierte la materia orgánica disuelta en sólidos sedimentables, que pueden ser separados por sedimentación en tanques de decantación.

De los 832 vertimientos monitoreados solamente el 2,0% cuenta con tratamiento biológico. Dentro de los sectores productivos que utilizan el tratamiento biológico se encontró que en la división de Elaboración de alimentos y bebidas, representado especialmente por la actividad de Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal, el 27% de los vertimientos monitoreados utilizan este tipo de tratamiento.

3.2.5.4 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario se define como un proceso fisicoquímico o biológico usado para alcanzar un grado de tratamiento superior al del tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros como sólidos en suspensión, complejos orgánicos disueltos, compuestos inorgánicos disuel-

Tabla 9. Actividades con Mayor Consumo de Energía (kW/h/mes) de acuerdo con los Establecimientos Monitoreados

Actividad económica	N° Establecimientos	Energía (kw/h/mes)	
		Promedio	Mediana
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	1.813.875	1.813.875
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	386.412	386.412
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	299.346	299.346
Servicios sociales sin alojamiento	1	229.472	229.472
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	3	190.130	212.135
Otras industrias manufactureras ncp	2	204.741	204.741
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	1	204.378	204.378
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	1	203.078	203.078
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	1	181.733	181.733
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	1	171.157	171.157
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	1	169.313	169.313
Actividades de aeropuertos	1	136.826	136.826
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	6	125.405	129.817
Tejedura de productos textiles	7	796.501	113.626
Preparación e hilatura de fibras textiles	5	440.498	99.275
Otras actividades económicas	592	370.191	203.078
Total	626	8.393.087	

tos o nutrientes⁷, como también patógenos y materia orgánica remanente. Dentro de los tratamientos más utilizados se tienen: la cloración, la filtración con carbón activado, el intercambio iónico y la ósmosis inversa.

De los vertimientos monitoreados solamente, uno perteneciente a la actividad Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas, realiza la totalidad de los procesos de tratamiento (pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario; este último, a través de un proceso de cloración).

A manera de resumen la *Tabla 10* muestra el número de vertimientos por actividad industrial, comercial y de servicios que presentan sistemas de tratamiento, clasificados en pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario.

3.2.6 Sistemas de re-circulación

La re-circulación se define como la incorporación al proceso productivo de cierta cantidad de agua que ha sido previamente utilizada dentro de éste. De los 832 vertimientos monitoreados, 102 (12,3%) son re-circulados⁸. De este 12,3%, el 20% realiza re-circulación (100%) de sus efluentes. De los 137 vertimientos monitoreados dentro de la actividad de comercio al por mayor de combustibles sólidos,

líquidos, gaseosos y productos conexos, 54 realizan re-circulación (39,4%) y 17 (12,4%) realizan recirculación del 100% de sus efluentes. En la *Figura 3* se muestra el número de establecimientos monitoreados por actividad industrial, comercial y de servicios que realizan re-circulación.

3.2.7 Concentraciones

El análisis de cumplimiento de las concentraciones para cada parámetro y por actividad, se realizó con base en el número de monitoreos realizados y los contenidos de la resolución 1074 de 1997 -expedida por el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA, mediante la cual se establecieron los estándares en materia de vertimientos en el Distrito Capital-, determinando las concentraciones máximas permisibles a verter a la red de alcantarillado público o cuerpo de agua; y por la resolución 1596 de 2001, mediante la cual se modificó el nivel permisible para el parámetro de Tensoactivos o Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).

En la *Tabla 11* se muestra para cada actividad industrial, comercial y de servicios, el porcentaje de cumplimiento de los diferentes parámetros analizados, teniendo en cuenta el número de vertimientos; en la *Figura 4*, el porcentaje de cumplimiento e incumplimiento por cada parámetro analizado.



Tabla 10. Sistemas de Tratamiento por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios

Actividad económica	N° Vertimientos	Pre-tratamiento		Tratamiento primario		Tratamiento secundario		Tratamiento terciario	
		Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
Curtido y preparado de cueros	215	5	210	125	90	215	0	215	0
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	180	126	54	160	20	180	0	180	0
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	4	133	90	47	137	0	137	0
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	52	0	52	36	16	47	5	52	0
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	3	19	14	8	21	1	21	1
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	21	4	17	20	1	21	0	21	0
Elaboración de productos lácteos	15	1	14	11	4	15	0	15	0
Elaboración de productos de panadería	14	1	13	10	4	14	0	14	0
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13	2	11	9	4	12	1	13	0
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	11	1	10	5	6	8	3	11	0
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador	11	0	11	8	3	11	0	11	0
Comercio al por menor de combustible para automotores	9	0	9	3	6	9	0	9	0
Elaboración de bebidas fermentadas	8	3	5	6	2	8	0	8	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	0	8	6	2	8	0	8	0
Tejedura de productos textiles	8	1	7	7	1	8		8	0
Otras actividades económicas	108	12	96	77	31	101	7	108	0

Figura 3. Vertimientos con re-circulación por actividad industrial, comercial y de servicios de acuerdo con los establecimientos monitoreados



Del análisis de los resultados presentados en la *Tabla 11* y la *Figura 4* se destaca que el mayor porcentaje de cumplimiento se presenta para los parámetros contemplados en la UCH 1 (Unidades de Contaminación Hídrica; DQO, DBO, SST, SSd y grasas y aceites), el mercurio y los tensoactivos (SAAM). Se observa también que varias actividades industriales, comerciales y de servicios presentan un alto porcentaje de cumplimiento, mientras que otras actividades presentan un porcentaje de cumplimiento bajo (Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas; Curtido y preparado de cueros; Elaboración de productos lácteos y tratamiento y revestimiento de metales). Para el caso del mercurio, es de anotar que, excepto las actividades de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud con Internación (90%), las demás presentan un cumplimiento del 100%.

Para el caso del níquel (porcentaje más bajo de cumplimiento, 2,9%) la actividad de Tratamiento y revestimiento de metales se cumple solamente en el 1,1% de los 95 vertimientos monitoreados. En sulfuros el porcentaje de cumplimiento es del 8%, siendo la actividad de Curtido y preparado de cueros la que presenta un porcentaje de cumplimiento más bajo.

Adicionalmente, se observan porcentajes de cumplimiento bajos para otros parámetros; es el caso del cobre, en donde el 38,7% cumple con este parámetro, siendo las actividades industriales de Tratamiento y revestimiento de metales y tejedura de productos textiles las que presentan los menores porcentajes de cumplimiento para dicho parámetro. Otros parámetros que presentan un porcentaje bajo de cumplimiento son el Cromo Total y el Cromo VI con el 32,5% y 37,2%, respectivamente, siendo las actividades de

Tratamiento y revestimiento de metales y curtido y preparado de cueros las actividades que presentan los más bajos porcentajes de cumplimiento.

3.2.8 Relación DQO/DBO

La relación DQO/DBO indica la biodegradabilidad del vertimiento; dicha relación debe ser superior a 1, ya que la DQO involucra tanto el contenido de materia orgánica como de materia inorgánica, mientras que la DBO solamente involucra el contenido de materia orgánica. Cuando la concentración de DQO es bastante mayor, indica que el contenido del vertimiento es mayoritariamente inorgánico.

En la *Tabla 12* se puede observar para las actividades monitoreadas que contaban con más de seis registros, los rangos de variación de la DQO (mg/l), de la DBO (mg/l) y de la relación DQO/DBO. Estos rangos fueron obtenidos mediante la aplicación de metodologías estadísticas.

Las actividades de Curtido y preparado de cueros; Producción, transformación y conservación de carne y derivados cárnicos; Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbre y hortalizas; Elaboración de productos lácteos; Elaboración de productos de panadería; Elaboración de grasas y aceites de origen vegetal y animal; Elaboración de Bebidas Fermentadas; Elaboración de Bebidas no Alcohólicas, Producción de aguas minerales; elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería; Actividades de las Instituciones prestadoras de servicios de salud, con Internación; Fabricación de jabones y detergentes, Preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador y Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos, presentan un comportamiento

Figura 4. Porcentaje de cumplimiento e incumplimiento por parámetro analizado



Tabla 11. Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	DBO (100 mg/l)				DQO (2.000 mg/l)							
	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	4	100,0	210,8	65,4	4	75,0	358,17	417	503	666,67	963,1	
Actividades de aerospacia	5	100,0	183,97	19,6	5	100,0	398,08	129,5	396,08	666,67	963,1	
Actividades de estaciones de transporte terrestre	2	100,0	202,5	202,5	2	100,0	1433	1433	1433	1433	1433	
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con interacción	21	90,5	390,52	164,89	21	90,5	802,13	375	488,5	1169,75	1169,75	
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	2	100,0	198,25	198,25	2	100,0	971,5	971,5	971,5	971,5	971,5	
Almuerzo al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	2	100,0	310,75	310,75	2	50,0	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	
Almuerzo al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	99,3	310,75	28,8	137	94,2	659,33	230	438,5	751	751	
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	1	0,0	1080	1080	1	100,0	1974	1974	1974	1974	1974	
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	4	100,0	193,13	115,25	4	100,0	777	364,5	670,5	1188,5	1188,5	
Comercio al por mayor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	2	0,0	1934	162,6	2	0,0	2791	2600	2791	2982	3488	
Comercio al por menor de combustible para automotores	9	100,0	148,78	17,6	9	88,9	806,78	273	348	938	938	
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	1	100,0	694	694	1	100,0	1692	1692	1692	1692	1692	
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	2	100,0	512,7	512,7	2	100,0	793	793	793	793	793	
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	1	0,0	1938	1938	1	0,0	2508	2508	2508	2508	2508	
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	215	47,0	2450,08	511	215	40,0	4621,03	1267	2787	5126	5126	
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	3	33,4	2745,67	50	3	33,4	4599,67	153	4772	8874	8874	
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	45,5	2186,02	502	22	50,0	3448,95	864,5	2426	3615,5	3615,5	
Elaboración de bebidas fermentadas	8	87,5	605,63	144,05	8	75,0	1321,5	288,5	661	1985,5	1985,5	
Elaboración de bebidas no alcohólicas: producción de aguas minerales	8	100,0	143,35	65,1	8	100,0	301,56	205	287,17	374	374	
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	6	66,7	1046,72	88,8	6	66,7	1870,67	249	336	4193	4193	
Elaboración de macarones, helados, alucruz y productos lácteos	3	0,0	656,33	133	3	66,7	1138	351	985	2078	2078	
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	3	0,0	6260	3210	3	0,0	8661	6837	9466	9690	9690	
Elaboración de productos de molinería	1	100,0	2	2	1	100,0	79	79	79	79	79	
Elaboración de productos de panadería	14	64,3	895,71	246	14	71,5	1441	518	877	1827	1827	
Elaboración de productos lácteos	15	40,0	1804,14	550	15	46,7	2782,86	970	2087,5	2611	2611	
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	1	100,0	2	2	1	100,0	86	86	86	86	86	
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	3	33,4	1168	1168	3	66,7	2438,67	2438,67	2438,67	2438,67	2438,67	
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1	100,0	105	105	1	100,0	320	320	320	320	320	
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	4	100,0	54,65	54,65	4	100,0	307,75	307,75	307,75	307,75	307,75	
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	100,0	2	2	1	100,0	50	50	50	50	50	
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	100,0	2	2	1	100,0	1379	1379	1379	1379	1379	
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	1	100,0	897	897	1	0,0	2179	2179	2179	2179	2179	
Fabricación de cemento, cal y yeso	1	100,0	2	2	1	100,0	74	74	74	74	74	
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	100,0	5,4	5,4	1	100,0	1768	1768	1768	1768	1768	
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	11	81,8	578,53	204	11	81,8	2975,72	902	1101	1974	1974	
Fabricación de juegos y juguetes	1	100,0	452	452	1	100,0	726	726	726	726	726	
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	1	100,0	130	130	1	100,0	1084	1084	1084	1084	1084	
Fabricación de muebles para el hogar	2	100,0	2	2	2	100,0	150	150	150	150	150	
Fabricación de muebles para oficina	2	100,0	336,61	336,61	2	100,0	470	470	470	470	470	
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	2	50,0	953	953	2	50,0	1973,5	1973,5	1973,5	1973,5	1973,5	
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	2	50,0	783	144	2	50,0	10239	1101	10239	19377	19377	
Fabricación de pastas celulósicas, papel y cartón	2	50,0	1481	712	2	50,0	2378	1053	2378	3703	3703	
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	2	100,0	249,5	249,5	2	50,0	2015,5	2015,5	2015,5	2015,5	2015,5	
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	100,0	11,3	11,3	1	100,0	1326	1326	1326	1326	1326	
Fabricación de productos de tabaco	2	50,0	790	790	2	0,0	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5	
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13	100,0	212,94	9,25	13	100,0	440,29	103	527	689	689	
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	50,0	3886	772	2	50,0	6941,5	1726	6941,5	12157	12157	
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	2	100,0	460,25	460,25	2	100,0	913,5	913,5	913,5	913,5	913,5	
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	2	100,0	150,24	150,24	2	100,0	9759	9759	9759	9759	9759	
Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	1	100,0	43,2	43,2	1	100,0	98	98	98	98	98	
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	100,0	38,6	38,6	1	100,0	184	184	184	184	184	
Foja, prensado, estampado y laminado de metal, pluvimetallurgia	1	100,0	294	294	1	100,0	604	604	604	604	604	
Mantenimiento y reparación de vehículos	1	100,0	236	236	1	100,0	789	789	789	789	789	
Otras actividades con salud humana	2	100,0	128,65	33,3	2	100,0	360,5	168	360,5	563	563	
Otras industrias manufactureras ncp	5	100,0	546,6	247,3	5	80,0	1154	448	886	2118	2118	
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	4	100,0	321,03	103,05	4	100,0	746,25	395	601	1097,5	1097,5	
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	83,4	371,35	218,5	6	100,0	779,33	376	87,5	916	916	
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas maltadas	1	100,0	779	779	1	100,0	1229	1229	1229	1229	1229	
Producción de malta, elaboración de cervezas y otros derivados de carne y de derivados cárnicos	52	71,2	1056,81	454	52	73,1	1733,43	839	454,63	836,25	836,25	
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	8	80,0	231,6	2	8	80,0	454,63	73	454,63	836,25	836,25	
Producción de productos textiles	1	100,0	252	252	1	100,0	595	505	505	505	505	
Tejeduría de productos textiles	1	100,0	620	620	1	100,0	837	837	837	837	837	
Tostón y mollienda del café	1	100,0	620	620	1	100,0	837	837	837	837	837	
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	180	99,5	71,21	3,06	180	95,0	432,11	60,06	150,7	452,75	452,75	
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	832	77,8	321,03	152	832	73,8	1154	726	896	1229	1229	
Total												

Continúa en la página siguiente

Tabla 11 (continuación). Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	SST (800 mg/l)					SSD (2,0 ml/l)					
	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil	N° Muestras	% cumple	Promedio	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	4	75,0	295,93	30,8	53	4	75,0	2,98	0,15	0,3	8,5
Actividades de aeropuertos	5	100,0	64,24	50,35	64,24	5	100,0	0,17	0,13	0,17	0,2
Actividades de estaciones de transporte terrestre	2	100,0	261,5	261,5	261,5	2	50,0	6,05	6,05	6,05	6,05
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con interacción	21	100,0	187,11	75,18	145,38	21	66,7	2,33	0,38	0,98	2,91
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	2	100,0	52,65	52,65	52,65	2	100,0	0,3	0,3	0,3	0,3
Alomercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso domestico	2	100,0	88	88	88	2	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	91,2	377,19	86,4	191	430	92,0	2,77	0,1	0,3	1
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	1	100,0	374	374	374	1	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso domestico	4	75,0	125,88	31,65	45,25	4	100,0	0,13	0,1	0,1	0,15
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	9	100,0	267,1	81,7	267,1	9	66,7	1,56	0,1	1,55	3
Comercio al por menor de combustible para automotores	1	100,0	188	188	188	1	100,0	0,6	0,6	0,6	0,6
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	2	100,0	88,8	88,8	88,8	2	100,0	0,15	0,15	0,15	0,15
Comercio al por menor de líquidos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	2	100,0	382	382	382	2	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	215	59,1	1718,41	140	630,25	1910	50,7	21,84	0,5	2,8	17,5
Curtido y preparado de cueros	3	100,0	59,65	0,15	45,5	3	100,0	0,73	0,1	0,1	2
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	11	81,8	514,25	41,75	72,3	11	81,8	1,37	0,1	0,3	1,5
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	22	90,9	426,42	102,63	184,4	273	63,7	53,5	0,1	1	6,25
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	8	100,0	59,96	15,15	55,3	8	100,0	0,19	0,1	0,1	0,25
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	100,0	89,62	57,23	78,7	8	87,5	1,02	0,1	0,25	0,4
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	6	100,0	144,72	12	40,05	187,7	6	83,4	2,75	0,1	0,1
Elaboración de macarones, fideus, alucuz y productos féculáceos	3	100,0	260,27	43,3	74,2	663,3	3	66,7	33,5	0,2	0,3
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	3	66,7	727,33	149	226	1792	3	33,4	5,33	0,5	3,5
Elaboración de productos de molinería	1	100,0	21,7	21,7	21,7	1	100,0	0,2	0,2	0,2	0,2
Elaboración de productos de panadería	14	97,9	196,35	76,75	248,75	14	71,5	1,48	0,1	1,75	5,5
Elaboración de productos de panadería	15	80,0	762,85	112	241,5	780	15	86,7	54,58	0,1	0,5
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	1	100,0	11	11	11	1	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	3	66,7	628,6	628,6	628,6	3	100,0	0,4	0,4	0,4	0,4
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1	100,0	154	154	154	1	100,0	0,3	0,3	0,3	0,3
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	4	100,0	93,75	93,75	93,75	4	75,0	1,05	1,05	1,05	1,05
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	100,0	4,5	4,5	4,5	1	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	100,0	132	132	132	1	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semirremolques	1	100,0	670	670	670	1	0,0	5,5	5,5	5,5	5,5
Fabricación de cerámicas para vajillas, vajillas, vajillas y vajillas	1	100,0	135	135	135	1	100,0	1,8	1,8	1,8	1,8
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenas de engranajes y piezas de transmisión	1	100,0	284	284	284	1	100,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	11	90,9	204,16	112	121	229	11	72,7	2,53	0,1	0,2
Fabricación de juguetes y liguetes	1	100,0	216	216	216	1	0,0	28	28	28	28
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	1	100,0	101	101	101	1	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Fabricación de muebles para el hogar	2	100,0	25,2	25,2	25,2	2	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Fabricación de muebles para oficina	2	100,0	49	49	49	2	100,0	0,15	0,15	0,15	0,15
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de concho, cestería y espartería	2	100,0	289,15	289,15	289,15	2	50,0	125,05	0,1	125,05	250
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	2	50,0	906,2	12,4	906,2	1800	2	50,0	0,2	0,2	0,2
Fabricación de pastas celulósicas, papel y cartón	2	50,0	767	392	767	1152	2	50,0	1,85	0,2	1,85
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	2	50,0	723,5	723,5	723,5	2	50,0	75,75	75,75	75,75	75,75
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	100,0	351	351	351	1	100,0	1	1	1	1
Fabricación de productos de tabaco	2	100,0	66,95	66,95	66,95	2	100,0	0,3	0,3	0,3	0,3
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13	100,0	48,33	16,17	16,17	43	92,3	0,49	0,1	0,1	0,25
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	100,0	123,8	81,6	123,8	166	2	100,0	0,1	0,1	0,1
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	2	100,0	143	143	143	2	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Fabricación de tanques y alforbras para pisos	2	50,0	453,5	453,5	453,5	2	50,0	92,75	92,75	92,75	92,75
Fabricación de tubos y válvulas eléctricas y de otros componentes electrónicos	1	100,0	305	305	305	1	0,0	20	20	20	20
fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	100,0	19	19	19	1	100,0	0,2	0,2	0,2	0,2
Fofo, prensado, estampado y laminado de metal, pluvimetalurgia	1	100,0	168	168	168	1	100,0	0,4	0,4	0,4	0,4
Mantenimiento y reparación de vehículos	1	100,0	329	329	329	1	0,0	4	4	4	4
Otras actividades con salud humana	2	100,0	136,25	60,5	136,25	212	2	50,0	1,25	0,1	2,55
Otras industrias manufactureras ncp	5	100,0	156,22	11,8	140,5	316,35	5	80,0	1,42	0,1	4,05
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	4	100,0	169,7	100,65	238,75	4	100,0	0,9	0,3	0,75	1,5
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	100,0	147,15	25,9	44,8	96,9	6	100,0	0,13	0,1	0,1
Producción de cerveza y otras bebidas maltadas	1	100,0	317,1	317,1	317,1	1	0,0	2,5	2,5	2,5	2,5
Producción de leche, elaboración de quesos y otros derivados lácteos	52	90,4	493,87	140,8	243	436,6	52	75,0	7,82	0,3	0,8
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	5	100,0	130,88	5,8	130,88	255,95	5	100,0	0,48	0,1	0,48
Servicios sociales sin alojamiento	8	100,0	121,68	18,3	109	229	8	100,0	0,34	0,1	0,2
Tejedura de productos textiles	1	100,0	103,4	103,4	103,4	1	100,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Tostón y mollienda del café	1	100,0	109	109	109	1	100,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	180	94,4	188,7	14,56	38,65	138,75	180	90,6	5,87	0,1	0,1
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	832	84,1	169,7	88,8	132	216	832	76,3	1	0,13	0,3
Total											

Continúa en la página siguiente

Tabla 11 (continuación). Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	GVA (100 mg/l)				Cianuro (1,0 mg/l)				
	N° Muestras	% cumple	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil	Mediana	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	4	100,0	21,4	19,6	22,4	22,4	0	0	0
Actividades de aerpuertos	5	100,0	39,82	21,9	39,82	57,73	0	0	0
Actividades de estaciones de transporte terrestre	21	0,0	380	380	380	380	0	0	0
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con interacción	2	90,5	46,95	20,44	31,15	60,95	2	50,0	0
Almacenamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	2	100,0	37,25	37,25	37,25	37,25	0	0	0
Almuerzo al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	2	50,0	204,5	204,5	204,5	204,5	0	0	0
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	81,0	81,85	14,1	42,95	83,7	0	0	0
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	1	0,0	199	199	199	199	0	0	0
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	4	100,0	48,13	26,6	37,85	69,65	0	0	0
Comercio al por mayor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	2	100,0	19,05	11,6	19,05	26,5	0	0	0
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	9	77,8	121,4	18,6	47,9	76,7	0	0	0
Comercio al por menor de carne, productos cárnicos y derivados, en establecimientos especializados	1	100,0	95,8	95,8	95,8	95,8	0	0	0
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	2	100,0	29,6	29,6	29,6	29,6	0	0	0
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	215	0,0	232,6	232,6	232,6	232,6	0	0	0
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sus tanques fermentados	3	75,0	165,34	22,7	73,0	106	0	0	0
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	11	63,6	75,92	22,55	32,05	128,73	0	0	0
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	81,8	63,62	9,15	62,75	0	0	0	0
Elaboración de bebidas fermentadas	8	87,5	82,2	8	11,15	77,2	0	0	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	100,0	13,53	8	9,9	14,9	0	0	0
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	6	100,0	26,72	8	8	48,9	0	0	0
Elaboración de macarones, helados, alucruz y productos lácteos	3	100,0	26,2	8	16,1	54,5	0	0	0
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	3	100,0	51,13	12	51	90,4	0	0	0
Elaboración de productos de panadería	1	100,0	8	8	8	8	0	0	0
Elaboración de productos lácteos	14	78,6	65,29	28,3	45,25	98,45	0	0	0
Elaboración de productos cárnicos	15	46,7	169,28	27,8	99,1	317,3	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	1	100,0	8	8	8	8	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	3	66,7	1664,44	1664,44	1664,44	1664,44	0	0	0
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1	100,0	49	49	49	49	0	0	0
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	4	100,0	15,84	15,84	15,84	15,84	0	0	0
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	100,0	8	8	8	8	1	100,0	0,96
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	100,0	8	8	8	8	0	0	0
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	1	100,0	40	40	40	40	0	0	0
Fabricación de cemento, cel y yeso	1	100,0	8	8	8	8	0	0	0
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	0,0	171	171	171	171	0	0	0
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	11	63,6	133,21	35,4	51,6	162	0	0	0
Fabricación de juguetes	1	100,0	28,6	28,6	28,6	28,6	0	0	0
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	1	0,0	114	114	114	114	0	0	0
Fabricación de muebles para el hogar	2	100,0	10,1	10,1	10,1	10,1	0	0	0
Fabricación de muebles para oficina	2	50,0	78	78	78	78	0	0	0
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	2	50,0	237,35	237,35	237,35	237,35	0	0	0
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	2	50,0	77,35	13,7	77,35	141	0	0	0
Fabricación de pastas celulósicas, papel y cartón	2	100,0	48,95	32,7	48,95	64,4	0	0	0
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	2	100,0	41,9	41,9	41,9	41,9	0	0	0
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	0,0	149	149	149	149	0	0	0
Fabricación de productos de tabaco	2	100,0	44,15	44,15	44,15	44,15	0	0	0
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13	100,0	27,76	12,73	29,17	48,1	1	100,0	0
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	50,0	128,4	13,8	128,4	243	0	0	0
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	2	50,0	66	66	66	66	0	0	0
Fabricación de tubos y valvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	2	50,0	61,05	61,05	61,05	61,05	0	0	0
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	100,0	35,5	35,5	35,5	35,5	0	0	0
Fabricación de vehículos automotores y laminado de metal, pluvimetallurgia	1	100,0	8	8	8	8	0	0	0
Mantenimiento y reparación de vehículos	1	0,0	195	195	195	195	0	0	0
Otras actividades con salud humana	2	100,0	31,75	19,9	31,75	43,6	0	0	0
Otras industrias manufactureras ncp	5	100,0	26,2	8	16,9	53,7	0	0	0
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	4	75,0	71,73	44,7	89	98,75	0	0	0
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	83,3	52,36	11	18,8	36,9	0	0	0
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas maltadas	1	100,0	16,1	16,1	16,1	16,1	0	0	0
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	52	67,3	149,84	24,5	49,4	159	0	0	0
Servicios sociales sin alojamiento	5	60,0	87,56	8	87,56	167,13	0	0	0
Tejedura de productos textiles	8	87,5	41,39	17,7	37,7	64,25	1	100,0	0
Tostón y molenda del café	1	100,0	38,7	38,7	38,7	38,7	0	0	0
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	1	100,0	19	19	19	19	0	0	0
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	180	95,0	278,09	8	8	15,83	97	62,9	8,1
total	832	80,9	48,55	27,9	39,82	60,95	102	63,7	0

Continúa en la página siguiente

Tabla 11 (continuación). Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	Cobre (0,25 mg/l)				Como total (1,0 mg/l)						
	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	1	0,0	0,23	0	0,7	1	100,0	0,18	0	0	0,53
Actividades de aeropuertos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Actividades de estaciones de transporte terrestre	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con interacción	1	0,0	0,13	0,13	0,13	0	*	0	0	0	0
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Alomercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	44	72,7	0,15	0	0,12	4	100,0	0,01	0	0	0
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	1	0,0	0,1	0	0,19	0	*	0	0	0	0
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	4	50,0	0,12	0	0,2	1	100,0	0,01	0	0	0
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Comercio al por menor de periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Curtido y preparado de cueros	3	66,7	0	0	0	206	22,8	77,4	1,35	11,68	51,9
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	0	*	0	0	0	1	0,0	2,12	0	0	6,35
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	0	*	0	0	0	1	100,0	0,01	0	0	0
Elaboración de bebidas fermentadas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de macarrones, fideos, alucuz y productos féculáceos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de productos de molinería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de productos de panadería	2	50,0	0,08	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de productos lácteos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1	100,0	0,16	0,16	0,16	0	*	0	0	0	0
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	0,0	1,6	1,6	1,6	1	0,0	3,3	3,3	3,3	3,3
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	0,0	2,32	2,32	2,32	1	100,0	0,28	0,28	0,28	0,28
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semirremolques	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de cerámicas para vajillas, vajillas, platos y platos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	100,0	0,25	0,25	0,25	1	100,0	0,31	0,31	0,31	0,31
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de juegos y juguetes	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	0	*	0	0	0	1	100,0	0,43	0,43	0,43	0,43
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	2	0,0	10,28	10,28	10,28	0	*	0	0	0	0
Fabricación de muebles para el hogar	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de muebles para oficina	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	1	0,0	5,11	5,11	10,22	1	100,0	0,05	0	0,05	0,1
Fabricación de pastas celulósicas, papel y cartón	1	100,0	0,06	0	0,06	1	*	0	0	0	0
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	2	50,0	0,25	0,25	0,25	1	0,0	0,82	0,82	0,82	0,82
Fabricación de plásticos en formas primarias	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de productos de tabaco	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	1	100,0	0	0	0	1	0,0	12,31	0	0	0
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	1	0,0	0,2	0,2	0,39	1	100,0	0,05	0	0,05	0,1
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	1	0,0	0,28	0,28	0,28	0	*	0	0	0	0
Fabricación de tanques y alfombras para pisos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de tubos y válvulas eléctricas y de otros componentes electrónicos	0	*	0	0	0	1	100,0	0,14	0,14	0,14	0,14
fabricación de vehículos automotores y sus motores	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Foja, prensado, estampado y laminado de metal, pluvimetalurgia	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Mantenimiento y reparación de vehículos	1	100,0	0,21	0,21	0,21	0	*	0	0	0	0
Otras actividades con salud humana	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Otras industrias manufactureras ncp	1	0,0	0,1	0	0,29	0	*	0	0	0	0
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Preparación e hilatura de fibras textiles	1	100,0	0,02	0	0	1	100,0	0,04	0	0	0
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas maltadas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Servicios sociales sin alojamiento	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Tejeduría de productos textiles	3	33,4	0,29	0	0,66	3	100,0	0,05	0	0	0,1
Tostón y mollienda del café	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	119	25,2	21,92	0,07	0,74	10,95	90	43,3	29,26	0	0,47
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	194	38,7	0	0	0	317	32,5	0	0	0	0
Total											

Continúa en la página siguiente

Tabla 11 (continuación). Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	Cromo VI(0,5 mg/l)				Fenoles (1000 mg/l)							
	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	0	*	0	0	0	0	0	100,0	0,04	0	0	0,12
Actividades de aerpuertos	0	*	0	0	0	0	2	100,0	0,05	0	0,05	0,11
Actividades de estaciones de transporte terrestre	0	*	0	0	0	0	1	100,0	0	0	0	0
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con interacción	1	100,0	0	0	0	0	2	100,0	0,02	0	0	0
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Almercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	0	*	0	0	0	0	2	100,0	0,19	0,19	0,19	0,19
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	0	*	0	0	0	0	7	85,7	0,01	0	0	0
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	0	*	0	0	0	0	3	100,0	0,1	0,05	0,1	0,14
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	2	50,0	0,09	0	0	0
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	1	0,0	0,47	0,47	0,47	0,47
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	51	45,1	3,34	0	0	0,01	0	*	0	0	0	0
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de bebidas fermentadas	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de macarones, fideus, alucruz y productos farmacéos	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de productos de panadería	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Elaboración de productos lácteos	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de calzados deportivos, incluso moldeado	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de cemento, cal y yeso	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	100,0	0	0	0	0	1	0,0	2,42	2,42	2,42	2,42
Fabricación de jabones y detergentes, preparatos para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	0	*	0	0	0	0	3	33,3	17,47	0	0	0,15
Fabricación de juguetes	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	0	*	0	0	0	0	1	100,0	0,23	0,23	0,23	0,23
Fabricación de muebles para el hogar	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de muebles para oficina	0	*	0	0	0	0	1	100,0	0,07	0,07	0,07	0,07
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	0	*	0	0	0	0	1	0,0	0,66	0	0,66	1,31
Fabricación de pastas celulósicas: papel y cartón	0	*	0	0	0	0	1	0,0	0,45	0	0,45	0,9
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	0	*	0	0	0	0	2	100,0	0,2	0,2	0,2	0,2
Fabricación de plásticos en formas primarias	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de productos de tabaco	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	0	*	0	0	0	0	4	75,0	0,42	0	0	0,13
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	0	*	0	0	0	0	2	0,0	396,75	1,5	396,75	792
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	0	*	0	0	0	0	1	0,0	17,6	17,6	17,6	17,6
Fabricación de tubos y valvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Foja, prensado, estampado y laminado de metal, pluvimetalurgia	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Mantenimiento y reparación de vehículos	0	*	0	0	0	0	1	0,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Otras actividades con salud humana	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Otras industrias manufactureras ncp	0	*	0	0	0	0	1	0,0	0,24	0	0	0,73
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Preparación y filatura de fibras textiles	0	*	0	0	0	0	3	100,0	0,06	0	0,04	0,1
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas maltadas	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Servicios sociales sin alojamiento	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Tejedura de productos textiles	0	*	0	0	0	0	5	80,0	0,15	0	0,11	0,14
Tostón y molienda del café	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	0	*	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	33	21,2	13,13	0	0	0,09	5	60,0	0,08	0	0	0
Total	86	37,2	0	0	0	0	52	67,3	0	0	0	0

Continúa en la página siguiente

Tabla 11 (continuación). Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	Mercurio (0,2 mg/l)					Níquel (0,2 mg/l)				
	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	1	100,0	0	0	0	0	*	0	0	0
Actividades de aeropuertos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Actividades de estaciones de transporte terrestre	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con interacción	1	100,0	0	0	0	0	*	0	0	0
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	10	90,0	0,01	0	0,01	0	*	0	0	0
Alomercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	1	100,0	0	0	0	1	100,0	0	0	0
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por mayor de aves (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	1	100,0	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por menor de carne (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por menor de periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	1	100,0	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Curtido y preparado de cueros	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	0	*	0	0	0	2	50,0	0	0	0
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de bebidas fermentadas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de macarrones, fideos, alucuz y productos féculáceos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de productos de molinería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de productos de panadería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de productos lácteos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	0	*	0	0	0	1	0,0	12,1	12,1	12,1
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semirremolques	0	*	0	0	0	0	*	0,48	0,48	0,48
Fabricación de cerrojos para vehículos automotores, fabricación de remolques y semirremolques	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	0	*	0	0	0	1	0,0	0,24	0,24	0,24
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de juguetes y ligueries	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de muebles para el hogar	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de muebles para oficina	1	0,0	0,01	0,01	0,01	0	*	0	0	0
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de plásticos en formas primarias	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de productos de tabaco	0	*	0	0	0	1	0,0	0,66	0,66	0,66
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de tanques y alforbras para pisos	0	*	0	0	0	1	0,0	0,2	0,2	0,2
Fabricación de tubos y válvulas eléctricas y de otros componentes electrónicos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
fabricación de vehículos automotores y sus motores	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fofo, prensado, estampado y laminado de metal, pluvimetalurgia	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Mantenimiento y reparación de vehículos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Otras actividades con salud humana	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Otras industrias manufactureras ncp	1	100,0	0	0	0	0	*	0	0	0
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Preparación e hilatura de fibras textiles	1	100,0	0	0	0	0	*	0	0	0
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas maltadas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Servicios sociales sin alojamiento	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Tejedura de productos textiles	1	100,0	0	0	0	0	*	0	0	0
Tostón y mollienda del café	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	9	100,0	0	0	0	0	*	62,24	0	0,88
Total	28	92,9	0	0	0	103	2,9	62,24	0	0

Continúa en la página siguiente

Tabla 11 (continuación). Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	Plomo (0,1 mg/l)					Zinc (5,0 mg/l)				
	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Primer cuartil	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	3	0,0	0,14	0	0,43	1	100,0	0,03	0	0,08
Actividades de aerospacia	1	66,7	0,02	0,01	0,02	2	100,0	0,05	0	0,05
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	5	100,0	0,01	0,01	0,01	2	100,0	0,5	0,5	0,5
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, sin internación	0	40,0	0,06	0	0,01	5	100,0	0,04	0	0,08
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	0	*	0	0	0	*	*	0	0	0
Alomercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	0	*	0	0	0	2	50,0	4,08	4,08	4,08
Alomercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	69	75,4	0,05	0,01	0,05	63	98,4	0,27	0	0,33
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	0	*	0	0	0	*	*	0	0	0
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	3	0,0	0,32	0,22	0,43	4	100,0	1,21	0,18	0,52
Comercio al por mayor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por menor de combustibles para automotores	6	33,3	0,2	0	0,05	5	100,0	0,36	0	0,18
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	1	100,0	0,08	0,08	0,08
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Curtido y preparado de cueros	5	0,0	0,01	0	0	5	100,0	0,01	0	0
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de bebidas fermentadas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de macarones, fideos, alucuz y productos lámináceos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de productos de molinería	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de productos de panadería	2	50,0	0,02	0	0	2	100,0	0,11	0	0
Elaboración de productos lácteos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Elaboración de productos lácteos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	0	*	0	0	0	2	100,0	0,08	0,08	0,08
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	0	*	0	0	0	1	100,0	0,68	0,68	0,68
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	0	*	0	0	0	1	100,0	2,53	2,53	2,53
Fabricación de calzados deportivos, incluso moldeado	1	0,0	0,14	0,14	0,14	1	0,0	5,1	5,1	5,1
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de cemento, cal y yeso	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	0,0	0,43	0,43	0,43	1	100,0	2,45	2,45	2,45
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	0	*	0	0	0	1	100,0	0,2	0	0
Fabricación de juegos y juguetes	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	0	*	0	0	0	1	100,0	0,12	0,12	0,12
Fabricación de muebles para el hogar	2	0,0	0,43	0,43	0,43	2	0,0	7,93	7,93	7,93
Fabricación de muebles para oficina	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	0	*	0	0	0	1	100,0	0,29	0,29	0,29
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	1	0,0	0,38	0,38	0,38	1	0,0	0,12	0,12	0,12
Fabricación de pastas celulósicas, papel y cartón	1	100,0	0,01	0,01	0,01	1	100,0	0,06	0,06	0,06
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	1	0,0	0,22	0,22	0,22	2	100,0	0,21	0,21	0,21
Fabricación de plásticos en formas primarias	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de productos de tabaco	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	3	0,0	0,07	0	0,22	6	66,7	130,6	0	0,05
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	1	0,0	0,22	0,22	0,43	1	100,0	0,15	0	0,15
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	1	100,0	0,05	0,05	0,05	1	100,0	2	2	2
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	0,0	0,43	0,43	0,43	1	100,0	0,44	0,44	0,44
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Foja, prensado, estampado y laminado de metal, pluvimetología	1	100,0	0,04	0,04	0,04	1	100,0	0,5	0,5	0,5
Mantenimiento y reparación de vehículos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Otras actividades con salud humana	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Otras industrias manufactureras ncp	0	*	0	0	0	3	100,0	0,38	0,14	0,17
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Preparación e hilatura de fibras textiles	3	100,0	0,01	0,01	0,01	2	100,0	0,3	0	0,18
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas maltadas	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Servicios sociales sin alojamiento	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Tejedura de productos textiles	1	0,0	0,06	0	0	5	100,0	0,08	0	0,12
Tostón y molienda del café	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	0	*	0	0	0	0	*	0	0	0
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	70	14,3	0,26	0	0,43	153	53,6	39,15	0,32	3,92
Total	183	41,5	0	0	0	280	72,1	0	0	0

Continúa en la página siguiente

Tabla 11 (continuación). Porcentaje de cumplimiento de los parámetros analizados por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	Sulfuros (1.0 mg/l)				SAAM (20 mg/l)			
	N° Muestras	% Cumple	Promedio	Tercer cuartil	Promedio	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	0	*	0	0	5,7	2,41	5,49	9,19
Actividades de aeropuertos	0	*	0	0	0	0	0	0
Actividades de estaciones de transporte terrestre	0	*	0	0	0	0	0	0
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con interacción	2	50,0	5,58	0	3,02	0,24	1,15	2,6
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	0	*	0	0	0	0	0	0
Almuerzo al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	0	*	0	0	0	0	0	0
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	0	*	0	0	19,69	4,82	15,21	30,2
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	0	*	0	0	0	0	0	0
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	0	*	0	0	2,33	0,71	2,51	3,95
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	0	0
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	0	*	0	0	7,5	11,35	0,69	15,42
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	0	0
Comercio al por menor de periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	0	*	0	0	1,76	1,76	1,76	1,76
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	0	*	0	0	0	0	0	0
Curtido y preparado de cueros	212	1,4	217,09	22,9	57,65	203	0,18	1,69
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	0	*	0	0	0,05	0	0	0
Elaboración de bebidas fermentadas	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de mermeladas, fideus, alucuzcuz y productos lácteos	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de productos de molinería	0	*	0	0	0	0	0	0
Elaboración de productos de panadería	0	*	0	0	66,67	4,55	0	0,46
Elaboración de productos lácteos	0	*	0	0	0	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación preescolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	0	*	0	0	0	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	0	*	0	0	5,57	5,57	5,57	5,57
fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	0	*	0	0	4,91	4,91	4,91	4,91
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	0	*	0	0	3,15	3,15	3,15	3,15
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	0,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	0	*	0	0	0,23	0,23	0,23	0,23
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semirremolques	0	*	0	0	1,53	1,53	1,53	1,53
Fabricación de cimientos, cal y yeso	0	*	0	0	0	0	0	0
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	0	*	0	0	0,97	0,97	0,97	0,97
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	3	33,3	0,94	0,2	16,69	1,35	3,27	23,8
Fabricación de juegos y juguetes	0	*	0	0	0	0	0	0
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	0	*	0	0	4	4	4	4
Fabricación de muebles para el hogar	0	*	0	0	0	0	0	0
Fabricación de muebles para oficina	0	*	0	0	0	0	0	0
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	0	*	0	0	4,32	4,32	4,32	4,32
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	0	*	0	0	1,02	1,02	1,02	1,02
Fabricación de pastas celulósicas, papel y cartón	0	*	0	0	0,81	0,67	0,81	0,94
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	0	*	0	0	6,2	6,2	6,2	12,4
Fabricación de plásticos en formas primarias	0	*	0	0	0	0	0	0
Fabricación de productos de tabaco	0	*	0	0	5,16	5,16	5,16	5,16
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	0	*	0	0	9,27	0,6	3,68	10,98
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	1	0,0	1,95	3,9	11,65	1,07	11,65	22,22
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	0	*	0	0	3,88	3,88	3,88	3,88
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	0	*	0	0	1,58	1,58	1,58	1,58
Fabricación de tubos y válvulas eléctricas y de otros componentes electrónicos	0	*	0	0	0,24	0,24	0,24	0,24
fabricación de vehículos automotores y sus motores	0	*	0	0	0,91	0,91	0,91	0,91
Foja, prensado, estampado y laminado de metal, pluvimetralurgia	0	*	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3
Mantenimiento y reparación de vehículos	0	*	0	0	26,52	26,52	26,52	26,52
Otras actividades con salud humana	0	*	0	0	1,77	1,75	1,77	1,78
Otras industrias manufactureras ncp	0	*	0	0	13,24	3,14	3,46	33,12
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	3	100,0	0,26	0,55	0	0	0	0
Preparación e hilatura de fibras textiles	0	*	0	0	1,01	0,3	0,83	1,26
Producción de melca, elaboración de cervezas y otras bebidas maltadas	0	*	0	0	0	0	0	0
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	0	*	0	0	0,59	0	0	0
Servicios sociales sin alojamiento	0	*	0	0	0	0	0	0
Tejedura de productos textiles	0	*	0	0	2,61	0	0,3	4,15
Tostón y molienda del café	0	*	0	0	0	0	0	0
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	0	*	0	0	0	0	0	0
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	17	64,7	0,12	0	1,44	0,3	0,54	1,57
Total	239	8,0	0	0	87,82	0,59	0,24	0,3

Tabla 12. Rangos de Variación de la DQO (mg/l), DBO (mg/l) y de la Relación DQO/DBO

Actividad industrial	N° Vertimientos	DQO (mg/l)			DBO (mg/l)			DQO / DBO		
		Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Curtido y preparado de cueros	215	1140	2764	5177	468	1200	2630	1,66	2,13	2,94
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	180	50	59	184,5	2	2,775	20,65	6,77	25,00	25,00
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	230	440	716	27	70,1	121	4,62	6,23	12,47
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	52	794,5	1242	2053,5	428,5	674	1110	1,47	1,74	2,22
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	615	1923	3594	300	1275	2556	1,46	1,68	2,06
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	21	283	422	1010	97,5	224	454	1,83	2,28	3,09
Elaboración de productos lácteos	15	970	2078	3295	550	1440	1788	1,41	1,46	1,87
Elaboración de productos de panadería	14	632	877	2097	256	425	1488	1,48	1,70	2,16
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13	132	551	738	35,4	171	500	1,89	2,14	3,73
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	11	288	438	1313	128	345	620	1,50	1,63	2,45
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador	11	437	1184	1974	63	508	848	1,43	2,14	3,87
Comercio al por menor de combustible para automotores	9	273	348	938	12,6	73,8	170	4,32	5,52	10,16
Elaboración de bebidas fermentadas	8	288,5	661	1985,5	144,05	363,5	515	1,20	1,61	2,88
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	174,5	250	443	33,55	116	250	1,79	2,15	14,07
Tejedura de productos textiles	8	904,5	1106	1664	107,8	290	459	2,94	4,27	10,04
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	6	249	336	4193	88,8	121,55	2268	1,85	2,22	3,13
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	376	877,5	916	21,3	218,5	292	2,10	2,67	3,55
Otras actividades	94	554,5	954,2	1352	110,1	250,7	404,5	2,31	3,18	4,45
Total	832	432	877,5	1379	105	252	500	2,1	2,58	3,72

similar al del agua residual doméstica, en donde los rangos de variación oscilan entre 1 y 2.2, indicando un alto contenido de materia orgánica, para lo cual es recomendable realizar tratamientos que involucren biodegradación.

En el caso de la actividad de Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales, se observa que el tercer cuartil de la relación DQO/DBO es muy alto, debido a que dos vertimientos presentaron valores de DBO por debajo del límite de detección, haciendo que los rangos aumenten; en caso de omitir esos dos datos el Tercer Cuartil sería igual a 1.9 y la mediana 1.7. Una situación similar sucede con las actividades de Tratamiento y revestimiento de metales y comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos, en donde algunos vertimientos de estas actividades presentaron valores por debajo del límite de detección de DQO (50 mg/l) y de DBO (2mg/l), haciendo que se incrementen los valores de la relación DQO/DBO.

3.2.9 Unidades de Contaminación Hídrica (UCH)

Con el fin de clasificar según su significancia ambiental los vertimientos arrojados por las diferentes actividades económicas localizadas en Bogotá D.C., el DAMA estableció mediante Resolución 339 de 1999, la UCH (Unidades de Contaminación Hídrica), la cual fue definida para dos grupos de usuarios dependiendo de si vierten o no sustancias de interés sanitario.

- Grupo 1 (Grupos empresariales que no vierten sustancias de interés sanitario)



- Grupo 2 (Grupos empresariales que vierten sustancias de interés sanitario)



Donde:

UCH 1 o 2: Unidades de Contaminación Hídrica vertida por el grupo 1 ó 2

C: Concentración obtenida en la última caracterización determinada o reportada por el DAMA, donde T = sustancias de interés sanitario, AG = Grasas y Aceites, DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días y SST = Sólidos Suspendidos Totales.

Cn Concentración máxima permitida en el vertimiento, según la resolución DAMA 1074 de 1997, para T, AG, DBO y SST

El resultado obtenido es una cifra adimensional. Los valores negativos alcanzados en el cálculo de cada uno de los términos que conforman la fórmula, se igualan a cero (0). Con base en lo anterior, cada establecimiento es clasificado por niveles (bajo, medio, alto y muy alto) a partir de lo cual se impondrán exigencias y, en últimas, las medidas preventivas o sancionatorias pertinentes.

A lo largo de la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá* se monitorearon un total de 832 vertimientos, de los cuales 681 corresponden a UCH 2 y 151 a UCH 1; respecto al número de establecimientos visitados 491 pertenecían al grupo UCH 2 y 135 al grupo UCH 1.

En la *Tabla 13* se presenta para cada actividad industrial, comercial y de servicios, el número de vertimientos monitoreados de acuerdo con los grados de significancia ambiental.

De los 832 vertimientos monitoreados, 360 presentaron un grado de significancia muy alto (43,3%), 39 un grado de significancia alto (4,7%), 125 un grado de significancia Medio (15,0%) y 308 un grado de significancia bajo (37,0%).

En el *Mapa 3* se muestran las áreas de influencia según los rangos de significancia ambiental encontrados en los monitoreos realizados a los diferentes vertimientos de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios.

3.2.10 Caudal por actividad Industrial, comercial y de servicios y por localidad

Durante la ejecución de la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá* se realizó la medición del caudal de todos los vertimientos encontrados en cada uno de los establecimientos visitados; para la mayoría de los vertimientos, estos aforos fueron realizados durante una hora con intervalos de 20 minutos.

3.2.10.1 Caudal por actividad industrial, comercial y de servicios

A partir de los aforos realizados se pudo establecer que los rangos de caudal entre una actividad industrial, comercial y de servicios y otra son muy variados, inclusive entre establecimientos de la misma actividad.

Esta situación se debe principalmente al tamaño del establecimiento y a factores que tienen que ver con la recirculación del agua, la tecnología utilizada y los programas de producción más limpia implementados, entre otros. En la *Tabla 14* se presentan los datos de caudal para las diferentes actividades industriales, comerciales y de servicios de acuerdo a los establecimientos monitoreados.

Es importante destacar que el 80% del caudal total medido fue generado por las nueve primeras actividades de la *Tabla 14*, equivalente al 55,6%

Tabla 13. Grados de Significancia por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios

Actividad económica	Grado de significancia	Nº muestreos
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	Bajo	27
	Medio	16
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	Alto	3
	Muy alto	6
	Bajo	1
	Bajo	1
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	Bajo	7
	Medio	14
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	Muy alto	1
	Bajo	7
	Medio	2
Elaboración de productos lácteos	Muy alto	2
	Bajo	5
Elaboración de productos de molinería	Medio	5
	Alto	3
	Muy alto	2
	Bajo	1
Elaboración de productos de panadería	Bajo	7
	Medio	5
Elaboración de macarrones, fideos, alcuzczuz y productos farináceos	Alto	2
	Bajo	2
	Medio	1
Tostón y molienda del café	Bajo	1
	Bajo	1
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	Bajo	4
	Medio	1
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	Alto	1
	Medio	1
	Muy alto	2
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	Medio	1
	Alto	1
Elaboración de bebidas fermentadas	Muy alto	1
	Bajo	7
	Muy alto	1
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	Bajo	1
	Muy alto	1
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	Bajo	8
Fabricación de productos de tabaco	Bajo	1
Preparación e hilatura de fibras textiles	Medio	1
	Bajo	5
Tejedura de productos textiles	Medio	1
	Bajo	5
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	Medio	1
	Alto	2
	Bajo	2
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	Medio	2
	Medio	1

Continúa en la página siguiente

Tabla 13 (continuación). Grados de Significancia por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios

Actividad económica	Grado de significancia	N° muestreos
Curtido y preparado de cueros	Muy alto	1
	Bajo	4
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	Medio	4
	Alto	4
	Muy alto	203
	Muy alto	1
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	Bajo	1
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	Alto	1
	Bajo	1
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	Alto	1
	Bajo	1
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	Muy alto	1
	Muy alto	2
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	Bajo	1
Fabricación de plásticos en formas primarias	Medio	1
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	Bajo	1
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	Muy alto	1
	Bajo	11
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador	Muy alto	2
	Bajo	4
Fabricación de cemento, cal y yeso	Medio	2
	Alto	2
	Muy alto	3
	Bajo	1
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	Medio	1
Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pluvimetallurgia	Muy alto	1
	Bajo	1
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general, realizados a cambio de una retribución o por contrata	Bajo	36
	Medio	20
	Alto	7
	Muy alto	117
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	Muy alto	1
	Muy alto	1
	Muy alto	1
	Muy alto	1
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	Muy alto	1
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	Medio	1
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	Bajo	4
Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	Bajo	1
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	Bajo	1
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	Bajo	1
Fabricación de muebles para el hogar	Muy alto	2
Fabricación de muebles para oficina	Medio	2
Fabricación de juegos y juguetes	Bajo	1
Otras industrias manufactureras ncp	Bajo	4

Continúa en la página siguiente

Tabla 13 (continuación). Grados de Significancia por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios

Actividad económica	Grado de significancia	Nº muestreos
Mantenimiento y reparación de vehículos	Medio	1
	Muy alto	1
Comercio al por menor de combustible para automotores	Bajo	5
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	Medio	3
	Muy alto	1
	Bajo	3
Comercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	Muy alto	1
	Alto	1
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	Bajo	1
	Medio	1
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	Bajo	99
	Medio	27
	Alto	8
	Muy alto	3
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	Bajo	1
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	Medio	2
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	Medio	1
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	Bajo	1
	Alto	1
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	Bajo	2
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	Bajo	3
	Medio	1
Actividades de estaciones de transporte terrestre	Medio	1
	Alto	1
Actividades de aeropuertos	Bajo	5
Establecimientos que prestan el servicio de educación pre-escolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	Bajo	1
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	Bajo	1
	Medio	1
	Muy alto	1
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	Bajo	16
	Medio	3
	Muy alto	2
Otras actividades con salud humana	Bajo	2
Servicios sociales sin alojamiento	Bajo	3
	Medio	1
	Alto	1
Total	Bajo	308
	Medio	125
	Alto	39
	Muy alto	360



de los vertimientos monitoreados. Adicionalmente, se puede observar que el caudal vertido por la actividad de Curtido y preparado de cueros es bajo (Mediana 0,22 l/s), lo cual permite concluir que el mayor problema de esta actividad es la concentración (mg/l) de las sustancias vertidas a los cuerpos de agua y/o sistemas de alcantarillado.

Caso similar sucede con la actividad de Revestimiento de metales, a la cual se le realizó un total de 180 monitoreos con un caudal total vertido de 9,43 l/s, que corresponde al 1,46% del caudal total medido. Para esta actividad se presenta el valor más bajo de los caudales medidos, con una mediana de 0,001 l/s.

Actividades como Preparación e hilatura de fibras textiles; Acabado de productos textiles, no producidos en la misma unidad de producción; Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico; Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería; Elaboración de bebidas fermentadas; y otros tipos de expendio de alimentos preparados, presentan un comportamiento similar en los establecimientos monitoreados de su respectiva actividad, si se tiene en cuenta el rango de variación entre el caudal promedio y la mediana es inferior al 10%.

3.2.10.2 Caudal por localidad

Puente Aranda, Tunjuelito, Kennedy y Fontibón son las localidades en donde se genera la mayor cantidad de agua de origen industrial, comercial y de servicios⁹.

La *Tabla 15* presenta el comportamiento de los caudales por localidad.

3.2.11 Carga contaminante generada por actividad industrial, comercial y de servicios y por localidad

Para el cálculo de la carga contaminante diaria de los parámetros DBO, SST y Metales Pesados, se utilizó la expresión definida en el Decreto 901 de 1997,

$$Cc = Q \times C \times 0,0864 \times (t/24)$$

Donde:

Cc: Carga contaminante, en kilogramos por día (kg/día).

Q: Caudal promedio, en litros por segundo (l/s).

C: Concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l).

0,0864 Factor de conversión de unidades

t: Tiempo del vertimiento, en horas por día (h/día)

Una vez calculada la carga contaminante diaria y con el fin de obtener la carga contaminante en kilogramos mes, se multiplicó por el factor 4,2857, que equivale al número de semanas promedio al mes, multiplicado por los días laborados por la unidad productiva, es decir:

$$Ccmes = Cc \times 4,2857 \times Ndías$$

Donde:

Ccmes: Carga contaminante, en kilogramos por mes (kg/mes)

Ndías: Número de días laborados por cada unidad productiva (día)

4,2857 Factor para obtener el número de semanas promedio al mes

3.2.11.1 Carga contaminante generada por actividad industrial, comercial y de servicios

Carga contaminante generada de DBO (kg/mes)

Desde el punto de vista de la mediana, las actividades que mayor cantidad de carga contaminante de DBO generan son: Producción de malta, Elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas; Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos y Tejeduría de productos textiles. En cuanto a la generación total de carga contaminante de DBO, que corresponde a la suma de las cargas calculadas para la totalidad de los establecimientos monitoreados por cada Actividad Industrial, Comercial y de Servicios, las actividades que mayor aporte realizan son en su orden: Curtido y preparado de cueros; Tejeduría de Productos textiles y Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas (*Ver Tabla 16*).

El 95% de la contaminación por SST medida en este estudio, es generada por las diez actividades industriales presentadas en la *Tabla 17*, siendo la actividad de Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico la que más genera carga contaminante.

Carga de metales pesados (kg/mes)

El cálculo de la carga contaminante de metales pesados fue realizado de la misma manera como se obtuvo la carga contaminante por DBO y SST (*Ver Tabla 18*).

3.2.11.2 Carga por localidad

Carga de DBO (kg/mes)

Las localidades en donde se genera una mayor cantidad de carga contaminante por DBO son: Tunjuelito, Kennedy y Puente Aranda (*Ver Tabla 19*)

Carga de SST (kg/mes)

La mayor cantidad de carga de SST (*Ver Tabla 20*) es generada en las localidades de Puente Aranda, Tunjuelito y Ciudad Bolívar con el 44,9%, 25,3% y 9,9%, respectivamente.

3.2.12 Tasas retributivas por DBO y SST

El Decreto 901 de 1997 reglamentó las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales,

Tabla 14. Comportamiento de los caudales por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	N° de vertimientos	Promedio de caudal (l/s)	Primer cuartil (l/s)	Mediana (l/s)	Tercer cuartil (l/s)	Caudal total (l/s)
Tejedura de productos textiles	8	17.29	2.57	5.81	23.24	138.35
Curtido y preparado de cueros	215	0.53	0.06	0.22	0.49	114.41
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	52	1.28	0.08	0.22	1.35	66.67
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	8	0.09	5.05	12.33	63.96
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1	52.23	52.23	52.23	52.23	52.23
Elaboración de productos lácteos	15	1.77	0.04	0.17	0.75	26.52
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	3.36	0.9	3.13	5.64	20.13
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	0.14	0.03	0.09	0.16	19.52
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	21	0.74	0.04	0.25	0.6	15.52
Servicios sociales sin alojamiento	5	2.7	0.33	1.23	1.72	13.52
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	0.56	0.06	0.14	0.83	12.38
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	11	0.94	0	0.08	2.36	10.29
Actividades de aeropuertos	5	2	0.24	0.24	4.59	9.98
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general, realizados a cambio de una retribución o por contrata	180	0.05	0	0	0.02	9.43
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	4	1.91	0.1	1.59	3.72	7.63
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador	11	0.48	0.07	0.15	0.7	5.3
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	4	1.25	0.3	1.24	2.21	5.01
Comercio al por menor de combustible para automotores	9	0.43	0.11	0.21	0.62	3.85
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13	0.27	0.03	0.12	0.41	3.47
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	3.37	3.37	3.37	3.37	3.37
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	2	1.68	1.37	1.68	1.99	3.36
Fabricación de juegos y juguetes	1	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
Fabricación de productos de tabaco	2	1.5	1.23	1.5	1.76	2.99
Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	1	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95
Elaboración de productos de panadería	14	0.21	0.08	0.14	0.23	2.89
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	6	0.41	0.08	0.4	0.77	2.44
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	2	1.2	0.06	1.2	2.33	2.39
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	1.1	0.77	1.1	1.43	2.2

Continúa en la página siguiente

Tabla 14 (continuación). Comportamiento de los caudales por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	N° de vertimientos	Promedio de caudal (l/s)	Primer cuartil (l/s)	Mediana (l/s)	Tercer cuartil (l/s)	Caudal total (l/s)
Elaboración de bebidas fermentadas	8	0.22	0.09	0.2	0.36	1.76
Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pluvimetallurgia	1	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	4	0.4	0.11	0.33	0.7	1.61
Otras industrias manufactureras ncp	5	0.32	0.22	0.26	0.37	1.58
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	2	0.78	0.25	0.78	1.3	1.55
Fabricación de muebles para oficina	2	0.69	0.02	0.69	1.35	1.37
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	1	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Otras actividades con salud humana	2	0.59	0.05	0.59	1.12	1.17
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
Fabricación de cemento, cal y yeso	1	1	1	1	1	1
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Elaboración de macarrones, fideos, alcuuz y productos farináceos	3	0.23	0.06	0.12	0.52	0.7
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	4	0.17	0.14	0.16	0.21	0.69
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	3	0.21	0.05	0.11	0.47	0.63
Establecimientos que prestan el servicio de educación pre-escolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	1	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	2	0.27	0.23	0.27	0.3	0.53
Actividades de estaciones de transporte terrestre	2	0.24	0.21	0.24	0.27	0.48
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	2	0.17	0.03	0.17	0.31	0.34
Comercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	2	0.17	0.11	0.17	0.22	0.33
Tostón y molienda del café	1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	3	0.09	0.04	0.05	0.19	0.28
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	3	0.07	0.05	0.07	0.08	0.2
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	2	0.09	0.08	0.09	0.09	0.17
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	2	0.08	0.04	0.08	0.12	0.16
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Elaboración de productos de molinería	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

Tabla 14 (continuación). Comportamiento de los caudales por actividad industrial, comercial y de servicios

Actividad económica	N° de vertimientos	Promedio de caudal (l/s)	Primer cuartil (l/s)	Mediana (l/s)	Tercer cuartil (l/s)	Caudal total (l/s)
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	2	0.04	0.02	0.04	0.05	0.07
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	1	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	1	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Fabricación de muebles para el hogar	2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Mantenimiento y reparación de vehículos	1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	0	0	0	0	0
Total	832	0.43	0.09	0.22	0.6	645.52

Tabla 15. Comportamiento de los Caudales por Localidad

Localidad	N° Vertimientos	Caudal promedio (l/s)	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Caudal total (l/s)
Puente Aranda	147	1,30	0,03	0,1	0,4	191,7
Tunjuelito	234	0,55	0,05	0,2	0,5	129,7
Kennedy	79	1,46	0	0,02	0,1	115,0
Fontibón	57	0,9	0,05	0,2	0,9	51,1
Engativá	45	0,81	0,03	0,2	0,7	36,6
Ciudad Bolívar	10	3,40	0,37	0,9	1,7	33,9
Usaquén	53	0,52	0,05	0,1	0,4	27,8
Barrios Unidos	42	0,50	0,01	0,03	0,2	20,9
Chapinero	13	1,00	0,1	0,2	0,3	12,9
Suba	24	0,44	0,02	0,08	0,2	10,5
Los Mártires	64	0,07	0	0,01	0,05	4,6
Bosa	8	0,48	0,29	0,4	0,7	3,8
Soacha	2	0,75	0,42	0,7	1,1	1,5
San Cristóbal	5	0,29	0,15	0,2	0,3	1,5
Rafael Uribe Uribe	11	0,13	0,02	0,07	0,1	1,4
Antonio Nariño	29	0,04	0	0	0,01	1,1
Teusaquillo	7	0,12	0,05	0,1	0,21	0,8
Usme	1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Santa Fe	1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabla 16. Carga Contaminante de DBO por Actividad Económica

Actividad económica	N° vertimientos	Carga promedio (kg/mes)	Primer cuartil (kg/mes)	Mediana (Kg/mes)	Tercer cuartil (kg/mes)	Carga total (kg/mes) ¹
Curtido y preparado de cueros	215	824,4	18,2	135,4	602,8	177.252,1
Tejedura de productos textiles	8	12.890,4	590,7	1.877,8	26.031,3	103.123,9
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1	82.854,1	82.854,1	82.854,1	82.854,1	82.854,1
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	52	999,1	38,1	158,1	367,1	51.956,1
Elaboración de productos lácteos	15	2.223,4	17,8	285,0	1.171,5	33.352,0
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	5.021,4	72,6	1.310,9	5.494,8	30.128,8
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	1.350,7	22,4	89,6	429,2	29.716,4
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	1.587,9	9,9	51,1	3.024,1	12.703,4
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	6.344,4	1.532,2	6.344,4	11.156,5	12.688,8
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	21	488,6	39,8	77,2	139,3	10.262,0
Otras actividades económicas	482	314,75	17,74	66,45	88,48	50.450,8
Total	832					594.488,4

Tabla 17. Carga Contaminante de SST por Actividad Económica

Actividad económica	N° vertimientos	Carga promedio (kg/mes)	Primer cuartil (kg/mes)	Mediana (kg/mes)	Tercer cuartil (kg/mes)	Carga total (kg/mes) ¹
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	4	52.791,6	26,6	103,7	105.556,7	211.166,7
Curtido y preparado de cueros	215	762,4	7,3	63,2	398,2	163.933,2
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1	33.726,6	33.726,6	33.726,6	33.726,6	33.726,6
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	52	455,1	13,7	43,9	162,6	23.665,7
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	801,3	2,9	16,1	119,4	17.630,6
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	119,9	2,3	17,5	71,5	16.426,0
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	1.699,4	9,6	776,9	2.175,2	13.595,7
Elaboración de productos lácteos	15	760,6	3,61	71,9	400,0	11.409,5
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	1.869,9	15,3	150,4	1.151,6	11.219,9
Tejedura de productos textiles	8	1.223,3	371,9	1.331,7	1.623,6	9.786,8
Otras actividades económicas	364	128,1	17,36	41,64	74,14	24.527,8
Total	832					537.088,5

Tabla 18. Carga de Metales Pesados por Actividad Económica (kg/mes)

Actividad económica	Bario			Cadmio			Cobre			Cromo vi			Cromo total			Mercurio			Níquel			Plomo			Zinc		
	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil			
Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de productos lácteos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de productos de molinería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de productos de panadería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de macarones, fideos, alucuzcuz y productos farináceos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tostón y molienda del café	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de bebidas fermentadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fabricación de productos de tabaco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Preparación e hilatura de fibras textiles	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tejedura de productos textiles	0	0	0	0	0,06	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	0	0	0	0	0,17	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Curtido y preparado de cueros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	1,05	7,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fabricación de otros productos de madera , fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0		

Continúa en la página siguiente

Tabla 18 (continuación). Carga de Metales Pesados por Actividad Económica (kg/mes)

Actividad económica	Bario			Cadmio			Cobre			Cromo vi			Cromo total			Mercurio			Níquel			Plomo			Zinc		
	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	0	0	0,01	0	0	0,03	0	0,06	0	0,01	1,02	2,03	0	0	0	0,02	0	0	0	0,07	0,15	0	0,02	0,05	0	0,02	0,05
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	0	0	0	0	0,03	0,06	0	0	0	0	0,39	0,77	0	0	0	0,2	0	0	0	0,43	0,85	0	0,29	0,58	0	0,29	0,58
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,11	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	0,46	0	0,46	0,46
Fabricación de plásticos en formas primarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0,02	0,02	0,02	0	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de cemento, cal y yeso	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	0	0	0	0	0	0	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0	0	0	0	0	0	0,34	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	3,53	3,53	
Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pluvimetología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general realizados a cambio de una retribución o por contrata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,36	0	0	0	0,25
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	0	0	0	0	0	0	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0	1,73	1,73	1,73	0	0	6,35	0	0	6,35	6,35	0	1,33	1,33	
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0,02	0,02	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,14	
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0,76	0,76	0,76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,21	0,21	
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0,29	0,29	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	0	0	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,91	0,91	
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Continúa en la página siguiente

Tabla 18 (continuación). Carga de Metales Pesados por Actividad Económica (kg/mes)

Actividad económica	Bario			Cadmio			Cobre			Cromo vi			Cromo total			Mercurio			Níquel			Plomo			Zinc		
	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil
Fabricación de muebles para el hogar	0	0	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05
Fabricación de muebles para oficina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de juegos y juguetes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otras industrias manufactureras ncp	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,05	0,07
Mantenimiento y reparación de vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01
Comercio al por menor de combustible para automotores	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,12	0	0,06	0,24
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	0	0	0	0,02	0,07	0,11	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28	1,18	0,24	0,65	2,8	
Comercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27	0,27	
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Actividades de estaciones de transporte terrestre	0	0	0	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1
Actividades de aeropuertos	0	0	0	0	0,06	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,07	0	0,03	0,06
Establecimientos que prestan el servicio de educación pre-escolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
Otras actividades con salud humana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios sociales sin alojamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0,04			5,24			164,86				176,36				1109,47		0,73				147,69			18,36		612,54	

Tabla 19. Carga Contaminante de DBO por Localidad

Localidad	N° Vertimientos	Mediana	Carga total (Kg/mes)	Porcentaje de carga
Tunjuelito	234	106,8	172.530,2	29,0
Kennedy	79	0,3	161.579,9	27,2
Puente Aranda	147	30,6	97.684,8	16,4
Fontibón	57	22,5	51.874,1	8,7
Soacha	2	12943,7	25.887,5	4,4
Barrios Unidos	42	0,6	21.603,2	3,6
Ciudad Bolívar	10	290,1	19.290,6	3,2
Engativá	45	20,3	19.284,7	3,2
Usaquén	53	17,7	11.429,2	1,9
Bosa	8	133,1	3.889,5	0,7
Suba	24	4,8	3.427,2	0,6
Chapinero	13	17,74	2.694,2	0,5
Los Mártires	64	0,02	2.111,5	0,4
Rafael Uribe Uribe	11	8,8	498,3	0,1
San Cristóbal	5	60,2	296,6	0,0
Antonio Nariño	29	0,02	240,2	0,0
Teusaquillo	7	6,6	123,6	0,0
Usme	1	42,8	42,8	0,0
Santa Fe	1	0,3	0,3	0,0
TOTAL	832		594.488,4	100,0

y define la forma en que se establecen las tarifas de éstas. En el mismo año el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial), mediante la Resolución 273, fijó las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Tabla 20. Carga Contaminante de SST por Localidad

Localidad	N° vertimientos	Mediana	Carga total (kg/mes)	Porcentaje de carga
Puente Aranda	147	15,9	241.193,9	44,9
Tunjuelito	234	56,4	136.001,2	25,3
Ciudad Bolívar	10	167,8	53.227,2	9,9
Kennedy	79	1,5	44.930,2	8,4
Fontibón	57	23,2	17.069,1	3,2
Usaquén	53	21,0	10.005,9	1,9
Engativá	45	42,1	9.595,2	1,8
Barrios Unidos	42	4,0	6.443,0	1,2
Soacha	2	3.172,2	6.344,5	1,2
Bosa	8	113,6	5.923,7	1,1
Chapinero	13	48,2	1.795,3	0,3
Suba	24	9,0	1.757,6	0,3
Los Mártires	64	0,0	1.198,5	0,2
Antonio Nariño	29	0,0	543,1	0,1
San Cristóbal	5	69,0	398,4	0,1
Teusaquillo	7	9,6	278,3	0,1
Usme	1	228,1	228,1	0,0
Rafael Uribe Uribe	11	5,1	155,2	0,0
Santa Fe	1	0,6	0,6	0,0
TOTAL	832		537.088,9	100

Posteriormente, la Resolución 372 actualizó los precios para 1998 y estableció que la tarifa mínima se ajustará anualmente a través del Índice de Precios al Consumidor (IPC). De esta manera, para el año 2002 se fijaron las tarifas mínimas en un valor de \$69,39 por kilogramo de DBO y de \$29,68 por kilogramo de SST.

En la *Tabla 21* se presenta la tasa retributiva por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios.

Tabla 21. Tasa Retributiva por Actividad Económica

Actividad económica	N° Vertimientos	DBO		SST		Tasa total (\$/mes)
		Total tasa DBO (\$/mes)	Porcentaje (%)	Total tasa sst (\$/mes)	Porcentaje (%)	
Curtido y preparado de cueros	215	11.599.678,83	28,66	4.480.538,88	28,80	16.080.217,71
Tejedura de productos textiles	8	7.155.771,06	17,68	290.474,78	1,87	7.446.245,84
Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	1	5.749.247,34	14,21	1.001.006,24	6,43	6.750.253,58
Comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico	4	126.194,61	0,31	6.267.427,88	40,29	6.393.622,38
Producción, transformación y conservación de carney de derivados cárnicos	52	3.608.265,50	8,92	702.401,26	4,52	4.310.666,76
Elaboración de productos lácteos	15	2.314.298,10	5,72	338.635,24	2,18	2.652.933,24
Elaboración de alimentos compuestos principalmente de frutas, legumbres y hortalizas	22	2.062.026,72	5,10	523.278,83	3,36	2.585.305,55
Preparación e hilatura de fibras textiles	6	1.999.858,16	4,94	333.006,90	2,14	2.332.864,52
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales	8	881.494,70	2,18	403.522,24	2,59	1.285.016,94
Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos	2	880.479,84	2,18	13.638,96	0,09	894.118,80
Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con internación	21	682.125,81	1,69	112.739,21	0,72	799.864,96
Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos	137	177.943,69	0,44	487.526,02	3,13	665.320,94
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	11	391.488,20	0,97	125.248,56	0,81	516.736,77
Elaboración de productos de panadería	14	450.759,07	1,11	16.692,10	0,11	467.396,80
Comercio al por menor de otros productos alimenticios ncp, en establecimientos especializados	1	415.489,89	1,03	35.029,75	0,23	450.519,65
Servicios sociales sin alojamiento	5	176.321,28	0,44	34.112,42	0,22	210.467,09
Comercio al por menor de carnes (incluye aves de corral), productos cárnicos, pescados y productos de mar, en establecimientos especializados	2	186.196,84	0,46	4.355,15	0,03	190.551,99
Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	4	134.594,54	0,33	30.904,39	0,20	165.300,54
Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	2	123.264,65	0,30	28.161,43	0,18	150.547,56
Fabricación de productos de tabaco	2	139.677,94	0,35	6.227,34	0,04	145.905,28
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	6	138.775,92	0,34	6.444,52	0,04	145.220,22
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas, producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	3	132.223,03	0,33	881,49	0,01	133.104,53
Comercio al por menor de combustible para automotores	9	97.880,49	0,24	30.424,20	0,20	128.293,40
Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica, en general, realizados a cambio de una retribución o por contrata	180	75.100,35	0,19	45.194,42	0,29	120.828,49
Alojamiento en hoteles, hostales y apartahoteles	2	104.122,41	0,26	11.313,55	0,07	116.011,12

Continúa en la página siguiente

Tabla 21 (continuación). Tasa Retributiva por Actividad Económica.

Actividad económica	N° Vertimientos	DBO		SST		Tasa total (\$/mes)
		Total tasa DBO (\$/mes)	Porcentaje (%)	Total tasa sst (\$/mes)	Porcentaje (%)	
Actividades de aeropuertos	5	54.939,78	0,14	38.489,98	0,25	92.608,82
Elaboración de otros productos alimenticios ncp	3	68.333,46	0,17	4.154,38	0,03	72.487,83
Fabricación de juegos y juguetes	1	59.452,50	0,15	12.152,13	0,08	71.604,63
Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros	1	55.033,08	0,14	5.327,97	0,03	61.079,25
Otras industrias manufactureras ncp	5	47.026,00	0,12	10.681,36	0,07	56.834,54
Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pluvimeturgia	1	49.145,41	0,12	5.901,52	0,04	54.497,69
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13	30.848,10	0,08	9.519,20	0,06	40.194,00
Otros tipos de expendio ncp de alimentos preparados	4	27.814,86	0,07	12.280,54	0,08	40.095,41
Elaboración de macarrones, fideos, alcuzcuz y productos farináceos	3	35.177,40	0,09	4.735,17	0,03	39.912,57
Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de madera	2	34.254,02	0,08	4.269,05	0,03	38.594,00
Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes de papel y cartón	2	21.694,03	0,05	10.703,96	0,07	32.000,54
Elaboración de bebidas fermentadas	8	28.493,04	0,07	1.653,14	0,01	30.146,18
Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	1	6.139,59	0,02	18.540,55	0,12	24.046,08
Establecimientos que prestan el servicio de educación superior	3	15.367,68	0,04	3.970,76	0,03	18.698,86
Tostón y molienda del café	1	11.654,82	0,03	2.045,47	0,01	13.700,28
Fabricación de cemento, cal y yeso	1	359,72	0,00	10.385,59	0,07	10.336,47
Otras actividades con salud humana	2	5.680,65	0,01	3.964,48	0,03	9.311,60
Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semiremolques	1	6.887,86	0,02	2.200,56	0,01	8.853,72
Actividades de estaciones de transporte terrestre	2	5.706,00	0,01	3.244,92	0,02	8.764,91
Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, cestería y espartería	2	7.507,84	0,02	1.166,81	0,01	8.524,48
Fabricación de tapices y alfombras para pisos	2	592,67	0,00	7.595,79	0,05	8.464,21
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	2	3.189,87	0,01	4.831,77	0,03	8.096,70
Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1	4.608,58	0,01	3.116,96	0,02	8.085,54
Fabricación de vehículos automotores y sus motores	1	5.570,55	0,01	1.172,82	0,01	6.653,90
Comercio al por mayor de materiales de construcción, ferretería y vidrio	1	3.179,64	0,01	470,97	0,00	3.590,28
Comercio al por mayor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico	2	2.898,56	0,01	361,08	0,00	3.175,36

Continúa en la página siguiente

Tabla 21 (continuación). Tasa Retributiva por Actividad Económica.

Actividad económica	N° Vertimientos	DBO		SST		Tasa total (\$/mes)
		Total tasa DBO (\$/mes)	Porcentaje (%)	Total tasa sst (\$/mes)	Porcentaje (%)	
Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía	4	1.510,64	0,00	1.222,63	0,01	2.662,84
Fabricación de plásticos en formas primarias	1	156,79	0,00	2.083,05	0,01	2.315,65
Comercio al por menor de leche, productos lácteos y huevos, en establecimientos especializados	1	1.160,40	0,00	142,68	0,00	1.274,51
Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	1	1.178,84	0,00	88,65	0,00	1.267,40
Fabricación de muebles para oficina	2	879,69	0,00	172,54	0,00	1.025,04
Comercio al por menor de libros, periódicos, materiales y artículos de papelería y escritorio, en establecimientos especializados	2	638,77	0,00	47,16	0,00	666,60
Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	1	21,64	0,00	504,90	0,00	526,77
Mantenimiento y reparación de vehículos	1	194,55	0,00	107,00	0,00	301,32
Establecimientos que prestan el servicio de educación pre-escolar y básica (básica primaria y básica secundaria)	1	57,25	0,00	137,03	0,00	195,28
Elaboración de productos de molinería	1	28,06	0,00	134,45	0,00	163,42
Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	1	72,80	0,00	70,06	0,00	142,86
Fabricación de muebles para el hogar	2	2,07	0,00	10,59	0,00	12,65
Fabricación de calzado deportivo, incluso moldeado	1	0,14	0,00	3,91	0,00	4,07
Total	832	40.469.944,33	100,00	15.555.814,83	100,00	56.025.759,16

4. Descripción general de la cuenca del río Bogotá en jurisdicción del DAMA

Según el Decreto 1729 de 2002, una cuenca u hoyo hidrográfica se define como: “el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar”.

La cuenca del río Bogotá nace a 3.400 msnm, en el Alto de la Calavera, en el municipio de Villapinzón, al noreste de Cundinamarca y, después de recorrer cerca de 370 km en dirección sur occidente, desemboca en el río Magdalena. Sus principales tributarios son los ríos San Francisco, Sisga, Siecha, Tibitó, Teusacá, Frío, Chicú, Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo, Balsillas, Soacha, Bojacá, Muña, Calandaima y Apulo.

Dentro de la jurisdicción de Bogotá, el río corre a lo largo del costado occidental de la ciudad, recibiendo los aportes de los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo (*Ver Mapa 4*). Estas tres cuencas, se encuentran en un estado muy avanzado de contaminación, debido a la continua recepción de aguas residuales industriales y domésticas.

En desarrollo de la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá*, se realizó un muestreo completo sobre los vertimientos directos sobre los ríos Bogotá, Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, siguiendo la metodología establecida en la *Figura 5*.

Se realizaron aforos y muestreos puntuales de la totalidad de los vertimientos directos encontrados sobre las dos márgenes de los ríos Juan Amarillo y Fucha y sobre el río Bogotá (margen oriental) dentro de la Jurisdicción del DAMA. Debido a la terminación de los recursos económicos asignados para la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá*, no alcanzaron a tomarse la totalidad de los vertimientos sobre el río Tunjuelo, cubriéndose aproximadamente un 75% de su longitud. Para cada muestra tomada se analizaron en promedio 32 parámetros: cadmio, cianuro, coliformes totales, coliformes fecales, cloruro, cobre, conductividad, cromo total, cromo VI, DBO, DQO, fenoles, fósforo disuelto, fósforo total, grasas y aceites, hidrocarburos, mercurio, níquel, nitrato, nitrito, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, plomo, pH, SSd, SST, sulfato, sulfuro, SAAM, temperatura, turbidez y zinc.

Debido a que los muestreos tomados fueron puntuales, los resultados reportados corresponden

Figura 5. Flujoograma de muestreo de emisarios sobre corrientes superficiales



a las características de calidad y cantidad encontradas en el momento de la toma de dicha muestra. Estas características son dinámicas, ya que están sujetas al consumo de agua y a las condiciones climatológicas, las cuales varían según la hora del día y la época del año en la cual se toma la muestra.

Las muestras fueron tomadas en época de verano (octubre a diciembre) y entre las 8:00 a.m. y 4:00 p.m., época y horas en las cuales se presenta la mayor concentración de contaminantes. Para los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, el recorrido se inició en la parte oriental de cada uno y se realizó por cada una de las márgenes, identificando



y marcando los vertimientos encontrados sobre la margen derecha con números pares y, sobre la izquierda, con números impares. Aquellos vertimientos que presentaban una apariencia de agua residual doméstica o industrial fueron aforados, muestreados y marcados con esmalte rojo, con el fin de establecer programas de control sobre los mismos. Los vertimientos de tipo pluvial fueron identificados, pero no aforados ni analizados, si se tiene en cuenta que éstos, en condiciones normales, no representan un impacto ambiental sobre los diferentes ríos, motivo de este estudio.

Para el caso de los vertimientos directos sobre el río Bogotá, el recorrido fue realizado de Norte a Sur, iniciando en el Humedal de la Conejera y concluyendo en el río Tunjuelo.

Adicionalmente, al muestreo de vertimientos sobre los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá se realizó durante los meses de agosto y septiembre el muestreo de 29 quebradas, localizadas dentro del perímetro urbano de la ciudad entre las cotas 2.600 – 2.700 msnm, permitiendo establecer el estado de dichas quebradas al momento de ingresar al área del Distrito. En la *Figura 6* se muestra la ubicación de las quebradas monitoreadas excepto Gaviotas, Nueva Delhi, Santa Librada y Juan Rey, las cuales se encuentran al sur de la quebrada Chiguaza y pertenecen a la cuenca del río Tunjuelo. Esta importante red hídrica nace en las zonas de páramo y sub-páramo (3.000 a 3.600 msnm), atravesando la ciudad y descargando sus aguas en los principales ríos.

En el *Mapa 4* se muestra la localización de los vertimientos directos aforados y monitoreados sobre los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá.

Con el objeto de facilitar la descripción y la presentación de los análisis y resultados de los muestreos realizados en los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, se consideró adecuado dividirlos en tres zonas (alta, media y baja). Para el caso del río Tunjuelo, solamente se presentan los resultados de dos zonas (alta y media) debido a que no fue posible monitorear la zona baja, por la terminación del presupuesto establecido para la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá*.

4.1 Cuenca del río Juan Amarillo

4.1.1 Descripción general

La cuenca del río Juan Amarillo nace en los Cerros Orientales con el nombre de quebrada del Arzobispo (*Ver Foto 1*); al ingresar a la ciudad es canalizado desde el parque Nacional hasta la carrera 97 (humedal Juan Amarillo), donde toma el nombre de río Juan Amarillo, para, posteriormente, desembocar en el río Bogotá. La superficie total de la cuenca es de 13.964 ha, de las cuales el área de drenaje urbano corresponde a 9.023 ha¹⁰.

La cuenca comprende parte de las localidades de Santa Fe, Chapinero, Teusaquillo, Barrios Unidos, Engativá, Suba y Usaquén (*Ver Mapa 4*). La población que vierte al río Juan Amarillo se calculó a partir del área de drenaje urbano y la densidad poblacional promedio de las localidades pertenecientes a la cuenca, obteniéndose una población de 1'055.129 habitantes¹¹. En la *Figura 7* se muestra el perfil del río Juan Amarillo.

En la zona alta de la cuenca se encuentra el Parque Nacional Olaya Herrera, y parte de las localidades de

Figura 6. Localización de las quebradas monitoreadas



Fuente: www.dama.gov.co, modificado IDEAM

Foto 1. Quebrada del Arzobispo (río Juan Amarillo)



Foto de Rodrigo Suárez

Santa Fe, Chapinero y Teusaquillo, caracterizadas por la localización en su mayoría de zonas residenciales y algunas actividades comerciales e institucionales.

Siguiendo aguas abajo del río (zona media), se encuentra a lado y lado de su curso la localidad de Barrios Unidos, localidad que además de tener extensas zonas residenciales, presenta sectores comerciales y de servicios. En la zona baja del río antes de su desembocadura al río Bogotá, se encuentran las localidades de Usaquén y Suba hacia el costado norte y Engativá hacia el sur. La localidad de Engativá es principalmente residencial con algunos sectores comerciales y de servicios sobre los principales ejes viales; mientras que la localidad de Suba presenta una combinación de usos residenciales y actividades comerciales, industriales y agrícolas, entre las que se destacan los cultivos de flores.

Las principales características observadas a lo largo del recorrido del río tienen que ver con:

- La población pertenece principalmente a los estratos 2, 3 y 4.
- La densidad de población en ninguna de las zonas tiende a variar en los próximos años, debido a que ya son barrios constituidos y debidamente legalizados.
- No se identificaron zonas con una fuerte presencia de actividades industriales.

Es importante mencionar que a través del *Programa Santa Fe*, la EAAB ha construido, paralelo al río Juan Amarillo, un interceptor (Canal Interceptor Salitre) para conducir las aguas residuales domésticas e industriales a la planta de tratamiento El Salitre (*Ver Figura 7*),

La Planta de Tratamiento (PTAR) El Salitre fue diseñada para tratar un caudal medio de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ y remover el 60% de SST y el 40% de materia orgánica representada como DBO_5 . El caudal total de los vertimientos aforados en el mes de noviembre al río Juan Amarillo (68), que no llegan al Canal Interceptor Salitre, fue de $2,18 \text{ m}^3/\text{s}$. Del total de estos vertimientos, según la DBO, el 36% presenta características de agua residual doméstica, lo que equivale a un caudal total de $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$; algunas de estos vertimientos son quebradas canalizadas (entubadas) y que reciben durante su recorrido aguas residuales.

4.1.2 Ecosistemas especiales

En la Tabla 22 se presenta un listado de los humedales asociados al río Juan Amarillo, su situación ambiental, flora y fauna¹².

4.1.3 Situación ambiental del río Juan Amarillo

Residuos sólidos

El problema de disposición de residuos sólidos y basuras en las márgenes del río no es tan grave; sin embargo, durante el recorrido realizado en el

Figura 7. Perfil del río Juan Amarillo y principales características

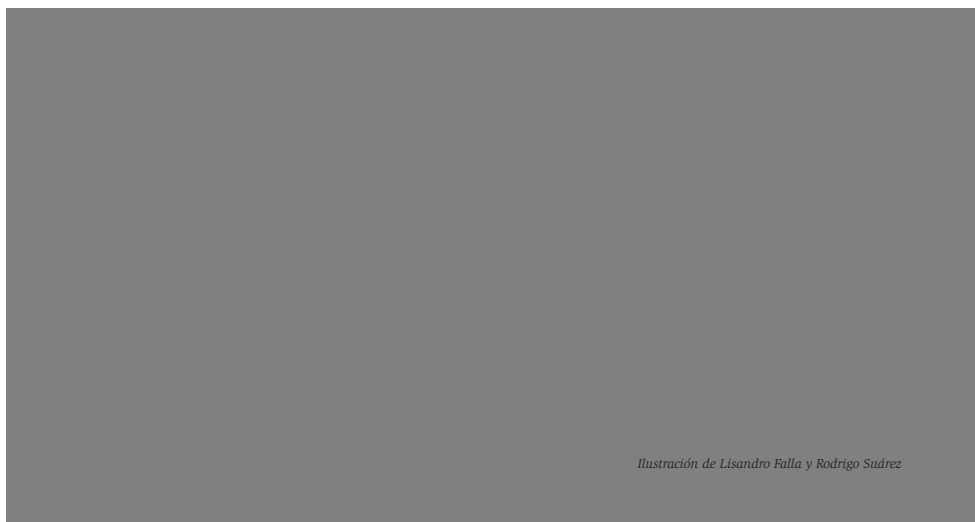


Ilustración de Lisandro Falla y Rodrigo Suárez

Tabla 22. Humedales Cuenca del río Juan Amarillo

Humedal	Situación ambiental	Flora y fauna
Tibabuyes o Juan Amarillo	-Ecosistema en recuperación. -Construcción de una ciclo ruta que lo rodea -Vertimiento de las aguas del río Juan Amarillo -Zona de ronda invadida por urbanizaciones	Pasto Kikuyo, Juncos, Botoncillo y Gualola
		Garza azul y africana, Canario, Monjita y Sirirí
Córdoba	-Ecosistema en recuperación. Se encuentra contaminado por aguas residuales domésticas provenientes de los canales que llegan a este (Canal Córdoba y Los Molinos)	Árboles de Alcaparro Enano, Sauco, Guayacan, Aliso, Holly, Bejucos, Achira, Papiro y Paraguas
		Garzas, petirrojos, colibríes, arvejeros, canarios
Santa María del Lago	-Humedal totalmente recuperado a pesar de encontrarse en un sector urbanizado	Alisos y Saucos Juncos, Lenteja y Buchon de agua
		Tinguas de pico rojo, patos, Monjitas, Cucaracheros
Jaboque	Receptor de aguas residuales domésticas. Ha disminuido su espejo de agua por la alta eutroficación	Hierba de sapo, botoncillo. Juncos, Enea y Cortaderas
		Más de 40 especies nativas migratorias Tinguas, Caicas y Chorlitos, Pato canadiense, garzas, pericos

mes de noviembre se observó la presencia de escombros en ciertas zonas de los barrios Bachué, el Rincón de Suba y Ciudadela Colsubsidio, originados por las obras de recuperación de los humedales y la construcción de la cicloruta¹³. El problema de residuos sólidos se observa al aproximarse a la desembocadura al río Bogotá, donde habitantes del sector arrojan los residuos a las orillas del río, generando problemas de vectores (roedores, zancudos y moscas).

Aguas residuales domésticas

Estas aguas residuales son vertidas a lo largo del río a través de vertimientos directos de diferente tamaño y características, originando el principal problema de contaminación hídrica de este cuerpo de agua. En la zona media se encuentran la mayor parte de los vertimientos directos provenientes de este tipo de vertimientos.

Aguas residuales industriales

Debido al carácter principalmente residencial de la cuenca, este tipo de aguas residuales no representa un serio impacto ambiental. Los establecimientos ubicados en esta cuenca tienen una presencia relativamente baja respecto a otras zonas de la ciudad; en la gran mayoría de los casos sus efluentes se ven mezclados con los de origen doméstico y aguas lluvias, diluyendo así sus concentraciones.

Lo anterior se corrobora con los resultados obtenidos de los aforos y análisis de calidad, los cuales muestran que las cargas arrojadas por los vertimientos directos al río son las más bajas respecto a las de las otras dos cuencas (Fucha y Tunjuelo).

Otros aspectos ambientales

Es importante destacar dos situaciones ambientales adicionales a lo largo del río Juan Amarillo. Inicial-

Foto 2. Sedimentación en el río Juan Amarillo (Av. 68)¹⁴



Foto de Rodrigo Suárez

mente, sobre la Avenida 68 cerca del barrio Entreríos y por la desembocadura del Canal Río Negro, se generan procesos de sedimentación elevados, haciendo necesario dragar el río (Ver Foto 2).

Adicionalmente, en su desembocadura el río tiene una sección transversal superior a 18 metros, situación que no favorece los procesos de recuperación del río, donde se midieron concentraciones de DBO y oxígeno disuelto de 150 y 0,0 mg/l, respectivamente. La profundidad del río en este punto es de 3,2 m, de la cual más del 60% presenta una acumulación de materia orgánica (lodos).

4.1.4 Vertimientos directos al río Juan Amarillo

En la Tabla 23 se presentan las características generales y algunos de los resultados obtenidos en los vertimientos monitoreados y en el río¹⁵.

En la Tabla 24 se presenta para las tres zonas en que se dividió el río, el aporte de vertimientos

Tabla 23. Características generales y resultados obtenidos de los vertimientos monitoreados en el río Juan Amarillo

Zona	Lecho	División	Longitud (km) (1)	N° de vertimientos (2)	Localidades	Q vertimientos (3) (m3/s)	Concentración (mg/l) (4)	Carga vertimientos (5) (t/mes)	Vel-río (m/s) (7)	Q- río (m3/s) (8)
Zona alta	Libre	Cerros Orientales a Parque Nacional	5,85	6	Santa Fe	0,017	DQO 70,3 DBO 6,5 SST 10,7 AyG 13,9 MP(6)	36,6 30,3 55,2 1,0 0,05	0,311	0,012
	Canal abierto	Parque Nacional a Cra. 17			Chapinero					
	Subterráneo canalizado	Cra. 17 U. Nacional			Teusaquillo					
Zona media	Canal abierto	U. Nacional	7,41	42	Teusaquillo	1,85	DQO 480 DBO 233 SST 165, AyG 58,2 MP	2.288,42 867,50 689,07 317,39 0,87	0,323	0,501
		Av. Boyacá			Barrios Unidos					
		Usaquén			Usaquén					
Zona baja	Canal abierto	Av. Boyacá a la Cra. 97	8,30	20	Engativá Suba	0,31	DQO 214 DBO 83,8 SST 58,7 AyG 14 MP	126,789 47,84 34,05 9,19 0,42	0,185	0,711
	Libre	Cra. 97 a la desembocadura								

(1) Longitud del río en jurisdicción de Bogotá, de acuerdo con los datos entregados por el DAMA.

(2) Número de vertimientos monitoreados en cada zona.

(3) Suma de los caudales medidos para los vertimientos monitoreados en cada zona, medidos en noviembre de 2002.

(4) Corresponde a la mediana de las concentraciones de los vertimientos monitoreados en cada zona.

(5) Suma de las cargas de contaminantes para los vertimientos monitoreados.

(6) Suma de las cargas para los vertimientos monitoreados de metales pesados (cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc).

(7) Velocidad del río en cada una de las zonas, medida en diciembre de 2002.

(8) Caudal del río en cada una de las zonas, medido en diciembre de 2002.

Tabla 24. Distribución vertimientos directos -río Juan Amarillo

Zona	Long (km)	N° Vertimientos			Densidad vertimientos(1) (vertimientos/km)			Caudal total medido (l/s)(2)						Caudales máximos y mínimos (4)			
		Der.	Izq.	Total	Der.	Izq.	Total	Der.	%	Izq.	%	Total (3)	% Total	Máximos		Mínimos	
														Der.	Izq.	Der.	Izq.
Alta	5,85	3	3	6	0,51	0,51	1,03	16,93	98,7	0,23	1,34	17,16	0,8	15,1	0,133	0,02	0,03
Media	7,41	26	16	42	3,51	2,16	5,67	1.537,40	82,7	322,1	17,3	1.859,5	85,5	1050,0	80,1	0,12	0,02
Baja	8,3	7	13	20	0,84	1,57	2,41	249,82	82,8	51,76	17,2	301,56	13,8	198,1	24,2	0,28	0,05
Total	21,56	36	32	68	1,67	1,48	3,15	1.804,13		374,09		2.178,22	100,0				

(1) Número de vertimientos encontrados en cada una de las márgenes dividido por la longitud total de la zona. La columna total corresponde a la suma de todos los vertimientos encontrados en la zona dividida por la longitud total de la zona.

(2) Caudal total medido para cada zona y para cada margen, con su respectivo porcentaje respecto a cada margen.

(3) Suma del caudal de las dos márgenes para cada zona

(4) Representa los caudales máximos y mínimos para cada zona y para cada margen.

en cada una de las márgenes, la densidad de vertimientos y el caudal.

La zona alta es la que presenta el menor número de vertimientos directos y la menor carga contaminante; sin embargo, el oxígeno disuelto medido en inmediaciones de la Universidad Nacional en diciembre de 2002 fue de 0,0 mg/l.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 24, la zona con mayor densidad de vertimientos directos es la zona media (Ver Foto 3) con un promedio de 5,67 vertimientos por kilómetro; en promedio la densidad de vertimientos directos en el curso del río, contando las dos márgenes, es de 3,15. A lo largo de todo el río los vertimientos directos están distribuidos

equitativamente en las dos márgenes, aunque el caudal de la margen derecha es sustancialmente mayor al de la izquierda. Es un sector básicamente residencial y la canalización del río hace de esta zona un sector con pocos problemas ambientales relacionados con la presencia de vertimientos industriales y de residuos sólidos.

La zona media representa el 85% del total del caudal arrojado al río Juan Amarillo por parte de los vertimientos directos encontrados en su recorrido. Se observó al igual que en la zona alta, que los vertimientos del lado derecho tienen un caudal promedio mayor que los del lado izquierdo.

La zona baja del río Juan Amarillo se encuentra canalizada hasta la altura del barrio Ciudadela Colsubsidio, donde se encuentra el humedal Juan Amarillo o Tibabuyes, y se originan varias desviaciones del curso principal del río, antes de su desembocadura en el río Bogotá.

En esta zona se encontraron 20 vertimientos, 7 en la margen derecha y 13 en la izquierda, diferencia atribuida por la presencia del humedal Juan Amarillo en la margen derecha. Esta zona tiene una densidad de 2,4 vertimientos cada kilómetro, es decir un vertimiento cada cinco cuadras de un barrio típico de la ciudad.

Se observó también que el caudal promedio de los vertimientos del lado derecho, al igual que en la zona alta y media, es sustancialmente mayor que el de los vertimientos directos ubicados en la margen izquierda. El caudal total de los vertimientos directos de este tramo es de 0,31 m³/s.

El caudal total medido de los vertimientos directos al río Juan Amarillo es de 2,18 m³/s.

En cuanto a la carga de metales pesados arrojada al río Juan Amarillo, se encontró que un 79,3% de la carga total corresponde a zinc¹⁶, seguido por plomo con el 8,6%, cobre con el 8,4% y el resto de los metales con el 3,7% (Ver Figura 8).

Foto 3. Río Juan Amarillo; inicio de la zona media



Foto de Rodrigo Suárez

Figura 8. Porcentaje de carga de metales pesados río Juan Amarillo



En la *Tabla 25* se presentan para algunos parámetros las cargas contaminantes en teladas/mes aportadas al río Juan Amarillo por los vertimientos monitoreados en cada una de las zonas.

La zona media recibe la mayor carga contaminante de todos los parámetros analizados, por lo que merecen especial atención las medidas de seguimiento y control que se implementen en la misma. Se observa que a pesar que la zona baja es cerca de un kilómetro más larga que la zona media, ésta recibe menos vertimientos y menos carga contaminante.

4.1.5 Quebradas monitoreadas en la cuenca del río Juan Amarillo

A lo largo del recorrido realizado por los Cerros Orientales fueron monitoreadas 12 quebradas que pertenecen a la cuenca del río Juan Amarillo (Torca, Codito, Santa Cecilia, La Cañada, Los Molinos, Luce, Moraji, Chicó, Los Cerros, Rosales, Las Delicias y Arzobispo). En la *Tabla 26* se presenta para cada una de las quebradas las concentraciones y caudales medidos.

Uso actual del agua

Los principales usos que se le dan al recurso hídrico en las quebradas existentes en la cuenca son los siguientes:

- **Consumo humano:** Ninguna de las quebradas es utilizada para consumo humano.
- **Canales sanitarios:** El 41% de las quebradas son utilizadas como canales sanitarios, debido a la ausencia de alcantarillado en muchos de los sectores.
- **Agricultura:** Ninguna de las quebradas es utilizada para agricultura.
- **Recreativo:** Solamente la quebrada Arzobispo es utilizada para fines recreativos.

Análisis de calidad del recurso (parámetros coliformes totales y fecales)

El Decreto 1594 de 1984 del DAMA establece los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso hídrico según su uso. En la *Tabla 27* se presentan los criterios establecidos para coliformes totales y fecales.

Tabla 25. Cargas contaminantes por Zonas del río Juan Amarillo (t/mes)

Zona	Parámetro / resultado	DQO	DBO ₅	SST	Aceites y grasas	Metales pesados ¹
Alta	Carga (t/mes)	36,60	30,3	55,2	1,02	0,05
	Porcentaje de la carga total (%)	0,002	0,033	43,2	0,0003	0,006
Media	Carga (t/mes)	2,288.42	867,50	689,07	317,39	0,87
	Porcentaje de la carga total (%)	94.75	94.74	54,1	97.18	95.38
Baja	Carga (t/mes)	126.789	47,84	34,05	9,19	0,42
	Porcentaje de la carga total (%)	5,25	5,22	2,69	2,82	4,62
Total	Carga (t/mes)	2,451.80	945.64	778,32	327,6	1,34

Tabla 26. Concentraciones y Caudales Medidos para cada Quebrada

Nombre	OD (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	SSd (mg/l)	Grasas y aceites (mg/l)	Caudal (l/s)
Q. Arzobispo	7,45	50	2	4,5	0,1	8	12
Q. Chicó	12,02	50	2	4,5	0,1	8	13
Q. El Codito	6,6	50	2	5,6	0,1	8	8,3
Q. La Cañada	5,18	50	2	4,5	0,1	8	0,5
Q. Las Delicias	4,68	50	4,7	4,5	0,1	8	10
Q. Los Cerros	7,18	50	2	4,5	0,1	8	10
Q. Los Molinos	5	50	2	4,5	0,1	8	8,9
Q. Los Rosales	5,49	50	2	4,5	0,1	8	1,8
Q. Luce	5,72	50	2	37,6	0,4	8	0,7
Q. Moraji	6,47	53	2	209,2	1,1	8	0,9
Q. Torca	5,1	50	2	42	0,4	8	6
Q. Santa Cecilia	6,6	50	2	4,5	0,1	8	9,5
Mediana	6,10	50,00	2,00	4,50	0,10	8,00	8,6

En la *Tabla 28* se presenta el porcentaje de cumplimiento por uso para coliformes totales y fecales de las quebradas monitoreadas en la cuenca, de acuerdo con la norma establecida en el Decreto 1594/84.

Tabla 27. Criterios de Calidad Admisibles para la Destinación del Recurso (Decreto 1594 /84)

Uso	Coliformes totales NMP/ 100 ml	Coliformes fecales NMP/ 100 ml
Consumo humano y doméstico, tratamiento convencional	20.000	2.000
Consumo humano y doméstico, solo desinfección	1.000	
Agrícola ¹	5.000	1.000
Pecuario	1.000	200
Recreativo	1.000	200
Transporte ²	NA	NA
Preservación de flora y fauna ³	NA	NA

Tabla 28. Porcentaje de Cumplimiento de las Quebradas Monitoreadas de Acuerdo al Uso Asignado en el Decreto 1594

Uso	Porcentaje de cumplimiento (%)	
	Coliformes totales	Coliformes fecales
Consumo humano y doméstico ¹	100	100
Agrícola	100	100
Pecuario	75,0	83,3
Recreativo	75,0	83,3

De acuerdo con los resultados de la *Tabla 28*, se puede observar que la gran mayoría de las quebradas presentan condiciones aceptables al momento de ingresar a la jurisdicción del Distrito, como es el caso de la quebrada Chicó (*Ver Foto 4*).

4.2 Cuenca del río Fucha

4.2.1 Descripción general

La cuenca del río Fucha nace en el cerro de La Cruz, ingresa a la jurisdicción del DAMA abriéndose paso

Foto 4. Quebrada Chicó



Foto de Rodrigo Suárez

Foto 5. Quebrada San Cristóbal



Foto de Rodrigo Suárez

por los barrios Vitelma y Montecarlo con el nombre de quebrada San Cristóbal (Foto 5). El río se encuentra canalizado unos metros aguas arriba de la Carrera 10, hasta la avenida Boyacá y desemboca en el río Bogotá en inmediaciones de la Zona Franca de Fontibón. La superficie total de la cuenca es de 16.390 ha, de las cuales el área de drenaje urbano corresponde a 10.350 ha.

La cuenca comprende parte de las localidades de La Candelaria, San Cristóbal, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, Rafael Uribe Uribe, Fontibón y Kennedy. La población que vierte al río Fucha se calculó a partir del área de drenaje urbano y la densidad poblacional promedio de las localidades pertenecientes a la cuenca, obteniéndose una población de 3'686.858 habitantes. En la Figura 9 se muestra el perfil del río Fucha.

Las principales características observadas a lo largo del recorrido del río, tienen que ver con:

- La población pertenece principalmente a los estratos 1, 2 y 3.
- En los barrios La Igualdad y El Vergel, ubicados en la zona baja, se presentan asentamientos ilegales.
- Desde la zona media del río se observa un fuerte incremento en la actividad industrial.
- A lo largo del río hay presencia de habitantes en la gran mayoría de alcantarillas.
- A la altura de la Av. Ciudad de Cali se encuentra un sector industrial que pertenece a la jurisdicción por la Corporación Autónoma Regional, CAR, pero que realiza sus vertimientos directamente sobre el río Fucha.

4.2.2 Ecosistemas especiales

Los humedales que hacen parte de esta cuenca son el De Techo, Del Burro y La Vaca (Ver Tabla 29). La característica común de estos humedales es el gran riesgo de desaparición a que están expuestos, debido a la presencia de urbanizaciones piratas y rellenos ilegales¹⁷.

Figura 9. Perfil del río Fucha y principales características

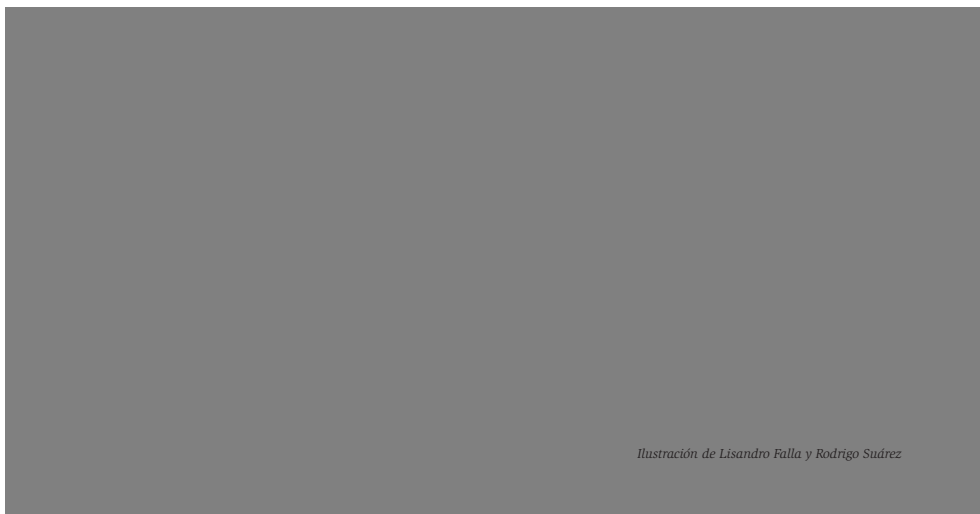


Ilustración de Lisandro Falla y Rodrigo Suárez

Tabla 29. Humedales Cuenca del río Fucha

Humedal	Situación ambiental	Flora y fauna
De Techo	Reducido y parcelado por urbanizaciones piratas	Juncos
		Chorlitos, chisgas y golondrinas
Del Burro	Presencia de rellenos ilegales y urbanizaciones piratas	Eucaliptos, Lenteja, Sombrilla de agua, Hierba de sapo
		Tinguas y Monjitas
La Vaca	Mas del 90% de la zona original se encuentra invadida	Alisos, Sauces y Saucos
		Torcazas

4.2.3 Situación ambiental del río Fucha

Residuos sólidos

Los problemas de residuos sólidos y basuras son evidentes en casi todo el transcurso del río, generando problemas de olores ofensivos y aparición de plagas. Estos problemas se presentan principalmente en tres puntos:

- Barrio Vitelma (zona alta), por la presencia de residuos sólidos, principalmente cerca a los puentes vehiculares.
- Desembocadura del canal de Los Comuneros (zona media), por la utilización del río como botadero a cielo abierto por parte de la población asentada en las zonas aledañas.
- Barrio El Vergel (zona baja), por la presencia de asentamientos humanos a pocos metros de la orilla del río que utilizan la ronda como botadero.

Aguas residuales domésticas

Estas aguas residuales son la causa principal de la contaminación hídrica del río. En la zona alta y baja se observó, por las características de calidad de los vertimientos directos, que las aguas residuales vertidas provienen principalmente de sectores residenciales; el 53% de los vertimientos observados en el río tienen características de agua residual doméstica que suman en total 5.8 m³/s.

Aguas residuales industriales

Este tipo de vertimientos se concentran principalmente en la zona media del río y en menor proporción en la zona baja. Por las características de las aguas se identificaron vertimientos provenientes de empresas textiles, que por su considerable caudal y cargas contaminantes constituyen un efecto altamente negativo en las zonas media y baja.

Otros aspectos ambientales

En algunas zonas la ronda de la quebrada San Cristóbal no es respetada (Ver Foto 5), encontrando numerosos vertimientos que provienen de casas localizadas a las orillas de la quebrada.

Igualmente sucede en el barrio El Vergel, donde además de verter sus aguas residuales directamente al río, depositan los residuos sólidos en la ronda de éste. Esta última situación se ve acentuada por el

tipo de actividad que llevan a cabo sus habitantes, que en su mayoría son recicladores o transportadores con vehículos de tracción animal, en donde se almacenan residuos sin control, lo que permite la proliferación de vectores y malos olores, que afectan la salud de los habitantes del lugar, entre los que se encuentran niños, que a su vez utilizan las riveras del río como lugar de recreación y baño.

4.2.4 Vertimientos directos al río Fucha

En la Tabla 30 se presentan las características generales y algunos de los resultados obtenidos para los vertimientos monitoreados y para el río¹⁸.

En la Tabla 31 se presenta, para las tres zonas en que se dividió el río, el aporte de vertimientos en cada una de las márgenes, la densidad de vertimientos y el caudal.

En la zona alta del río se encontraron en total 10 vertimientos distribuidos de manera equitativa en ambas márgenes. Esta zona presenta la más baja densidad de vertimientos (2,5 cada kilómetro) y vierte cerca del 1% del caudal arrojado al río de acuerdo con los vertimientos directos monitoreados. Se observó también que en promedio los caudales de los vertimientos del lado derecho son mayores que los vertimientos directos, ubicados en la margen izquierda.

La zona media es la más extensa; comprende desde la carrera 10^a hasta la Avenida Boyacá; tiene como característica principal la canalización a cielo abierto del río, lo cual hace que su ronda sea respetada. En este tramo se encuentra la mayor concentración de vertimientos directos. Se identificó que algunos de estos vertimientos provienen principalmente de industrias textiles, que por su elevada temperatura, intensa coloración e importante caudal son fácilmente identificables (Ver Foto 6). Esta zona recibe un 31% del total del caudal arrojado al río Fucha por parte de los vertimientos directos encontrados en su recorrido. Adicionalmente, se observó también que el caudal de los vertimientos del lado derecho es notoriamente mayor que el de los vertimientos directos ubicados en la margen izquierda. El caudal total de los vertimientos directos de este tramo es de 1,97 m³/s.

Tabla 30. Características generales y resultados obtenidos de los vertimientos monitoreados en el río Fucha

Zona	Lecho	División	Longitud (km) (1)	N° de Vertimientos (2)	Localidades	Q Vertimientos (3) (m3/s)	Concentración (mg/l) (4)		Carga Vertimientos (5) (t/mes)	Vel -río (m/s) (7)	Q - río (m3/s) (8)
Zona alta	Libre	Cerros Orientales	3,96	10	Candelaria (Margen derecha)	0,05	DQO DBO SST AyG MP(6)	243 94,57 119 27	38,64 16,19 11,81 4,59 0,01	0,41	0,113
		Cra. 10			San Cristóbal (margen izquierda)						0,39
Zona media	Canal abierto	Cra. 10	9,42	58	Mártires	1,96	DQO DBO SST AyG MP	523 220 122 72	3.344,49 1.499,11 1.387,69 407,22 1,70	0,36	6.003
		Av. Boyacá			Puente Aranda Rafael Uribe						
Zona baja	Libre	Av. Boyacá	4,56	42	Fontibón (margen derecha)	4,31	DQO DBO SST AyG MP	656 181 319 63,6	1 1.899,93 4.027,98 3.188,22 1.076,03 12,67	0,24	6.316
		sembocadura			Kennedy (margen izquierda)						0,16

- (1) Longitud del río en jurisdicción de Bogotá de acuerdo los con datos entregados por el DAMA.
- (2) Número de vertimientos monitoreados en cada zona.
- (3) Suma de los caudales medidos para los vertimientos monitoreados en cada zona, medido en octubre de 2002.
- (4) Corresponde a la mediana de las concentraciones de los vertimientos monitoreados en cada zona.
- (5) Suma de las cargas de contaminantes para los vertimientos monitoreados.
- (6) Suma de las cargas para los vertimientos monitoreados de metales pesados (cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc).
- (7) Velocidad del río en cada una de las zonas, medida en diciembre de 2002.
- (8) Caudal del río en cada una de las zonas, medida en noviembre de 2002.

Tabla 31. Distribución Vertimientos Directos río Fucha

Zona	Long (km)	N° Vertimientos			Densidad vertimientos(1) (vertimientos/km)			Caudal total medido (l/s)(2)						Caudales máximos y mínimos (4)			
		Der.	Izq.	Total	Der.	Izq.	Total	Der.	%	Izq.	%	Total (3)	% Total	Máximos		Mínimos	
														Der.	Izq.	Der.	Izq.
Alta	3.96	5	5	10,00	1.26	1.26	2.53	32,7	64,65	17,88	35,35	50,58	1,0	12	9,2	0,018	0,043
Media	9.42	36	22	58,00	3.82	2.44	6.26	1.833,6	91,81	163,5	8,19	1.997,1	31,0	960	108	0,014	0,002
Baja	4.56	26	16	42,00	5.70	3.51	9.21	57,7	1,34	4.261,6	98,66	4.319,3	67,8	14	2.236	0,016	0,019
Total	17.94	67	43	110	3.73	2.45	6.19	1.924		4.442,98		6.366,98	100,0				

- (1) Número de vertimientos encontrados en cada una de las márgenes dividido por la longitud total de la zona. La columna total corresponde a la suma de todos los vertimientos encontrados en la zona dividido por la longitud total de la zona.
- (2) Caudal total medido para cada zona y para cada margen, con su respectivo porcentaje respecto a cada margen.
- (3) Suma del caudal de las dos márgenes para cada zona
- (4) Representa los caudales máximos y mínimos para cada zona y para cada margen.

La zona baja comprende desde la Avenida Boyacá (Ver Foto 7), hasta su desembocadura con río Bogotá. Este tramo no se encuentra canalizado; tiene una extensión aproximada de 4.56 km, y sirve de límite geográfico entre las localidades de Fontibón y Kennedy. La densidad poblacional en esta zona disminuye por la presencia de industrias, entre las que se encuentran Frigorífico San

Martín, Empapel, La Fayette y la Zona Franca de Fontibón, entre otras.

La zona baja recibe el mayor número de vertimientos directos por unidad de longitud del curso del río, con un promedio de cerca de 9 vertimientos por kilómetro, los cuales se encuentran concentrados principalmente en la parte alta de esta zona. Durante el recorrido se observó que los vertimientos directos

Foto 6. Vertimientos industriales monitoreados en la zona media del río Fucha



Foto de Rodrigo Suárez

Foto 7. Zona baja del río Fucha (Av. Boyacá)¹⁹



Foto de Rodrigo Suárez

están distribuidos con mayor densidad en la margen derecha, aunque el caudal promedio de los vertimientos directos de la margen izquierda es sustancialmente mayor que los de la margen derecha.

La carga de metales pesados arrojada al río Fucha (Ver Figura 10) es originada en un 86,1% por zinc, seguido por cobre con el 11.86%, plomo con el 1,9% y el resto de los metales con el 0,12%.

En la Tabla 32 se presentan para algunos parámetros las cargas en t/mes aportadas al río Fucha por los vertimientos monitoreados, en cada una de las zonas.

La zona baja del río recibe la mayor carga contaminante (77,8% del total de la carga arrojada al río Fucha). Se observó también que contrariamente a las otras dos zonas (alta y media), los caudales de la margen izquierda son notoriamente mayores a los de la margen derecha.

4.2.5 Quebradas monitoreadas en la cuenca del río Fucha

A lo largo del recorrido realizado por los Cerros Orientales fueron monitoreadas 7 quebradas que

pertencen a la cuenca del río Fucha (Finca San José, La Peña, Los Laches, San Cristóbal, San Francisco, Santa Isabel y Honda). En la Tabla 33 se presenta para cada una de las quebradas las concentraciones y caudales medidos.

Uso actual del agua

Los principales usos que se le dan al recurso hídrico en las quebradas existentes en la cuenca son los siguientes:

- **Consumo humano:** Ninguna de las quebradas es utilizada para consumo humano.
- **Canales sanitarios:** El 42% de las quebradas son utilizadas como canales sanitarios, debido a la ausencia de alcantarillado en algunos sectores.
- **Agricultura:** El 14,3% de las quebradas son utilizadas para la agricultura.
- **Pesca:** En el río San Francisco, arriba de la avenida Circunvalar, algunas personas del sector utilizan el río para tal fin.

Análisis de calidad del recurso (parámetros coliformes totales y fecales)

Siguiendo el procedimiento de análisis mencionado en el numeral 4.1.5, se realizó el análisis de la calidad del recurso hídrico para las quebradas localizadas en la cuenca del río Fucha. En la Tabla 34 se presentan los criterios establecidos para coliformes totales y fecales.

La Quebrada La Peña, ubicada en la localidad de Santa Fe, es la única que sobrepasa todos los parámetros de evaluación (OD: 0,0mg/l, DQO: 12.751 mg/l, DBO: 3.250 mg/l, SSt: 12.050 mg/l), debido al vertimiento directo de las aguas residuales provenientes del lavado de una porqueriza localizada en sus inmediaciones.

Figura 10. Porcentaje de carga de metales pesados, río Fucha



Tabla 32. Cargas contaminantes por zonas del río Fucha

Zona	Parámetro / resultado	DQO	DBO ₅	SST	Aceites y grasas	Metales pesados
Alta	Carga (t/mes)	38,64	16,19	11,81	4,59	0,01
	Porcentaje de la carga total (%)	0,25	0,29	0,26	0,31	0,12
Media	Carga (t/mes)	3.344,49	1.499,11	1.387,69	407,22	1,70
	Porcentaje de la carga total (%)	21,88	27,0	30,25	27,37	11,83
Baja	Carga (t/mes)	11.899,93	4.027,98	3.188,22	1.076,03	12,67
	Porcentaje de la carga total (%)	77,86	72,66	69,49	72,32	88,05
Total	Carga (t/mes)	15.283,06	5.543,28	4.587,72	1.487,84	14,39

Tabla 33. Concentraciones y Caudales Medidos para cada Quebrada

Nombre	OD (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	SSd (mg/l)	Grasas y aceites (mg/l)	Caudal (l/s)
Q. Finca San José	6,74	50	2,46	6,8	0,1	8	5,66
Q. La Peña	0,0	12.751	3.250	12.050	54	90	9
Q. Los Laches	6,22	60	18	62	0,4	8	0,53
Q. San Cristóbal	6,95	60	2,3	6	0,1	8	397
Q. San Francisco	7,03	52	2	31,4	0,2	8	92
Q. Santa Isabel	6,12	50	13,2	4,5	0,1	8	5
Q. Honda	7,1	50	16,5	4,5	0,2	8	8
Mediana	6,74	52	13,2	6,8	0,2	8	8

Tabla 34. Porcentaje de cumplimiento de las quebradas monitoreadas de acuerdo al uso asignado en el Decreto 1594

Uso	Porcentaje de cumplimiento (%)	
	Coliformes totales	Coliformes fecales
Consumo humano y doméstico ¹	85,71	85,71
Agrícola	85,71	85,71
Pecuario	71,42	71,42
Recreativo	71,42	71,42

La población que vierte al río Tunjuelo se calculó a partir del área de drenaje urbano y la densidad poblacional promedio de las localidades pertenecientes a la cuenca, obteniéndose una población de 1'031.556 habitantes²⁰. En la *Figura 11* se muestra el perfil del río Tunjuelo.

Las principales características observadas a lo largo del recorrido del río, tienen que ver con:

- La población pertenece principalmente a los estratos 1, 2, y 3.

4.3 Cuenca del río Tunjuelo

4.3.1 Descripción general

El río Tunjuelo es el más largo de los tres ríos que atraviesan la capital (28,27 km); su área total es de 41.427 hectáreas, baña el suroccidente de la capital desde la localidad de Usme pasando por Tunjuelito, Ciudad Bolívar, Kennedy y, finalmente, Bosa. Nace en el Páramo de Sumapaz y es aprovechado mediante los embalses de regulación de La Regadera y Chisacá para el suministro de agua a la ciudad. El área de drenaje urbana es de 4.237 ha.

Prácticamente desde el momento en que el río ingresa a la capital (*Ver Foto 8*) recibe una gran cantidad de vertimientos originados por las actividades que se desarrollan en la zona.

Foto 8. Zona alta del río Tunjuelo



Foto de Rodrigo Suárez

Figura 11. Perfil del río Tunjuelo y principales características



- La presencia de canteras en la zona alta, hace que no se generen posibilidades de asentamientos humanos en ésta.
- La mayor densidad poblacional en inmediaciones del río, se presenta a la altura de los barrios El Rubí, La Unidad y Catalina, ubicados en la localidad de Kennedy, zona media del río.

4.3.2 Situación ambiental del río Tunjuelo

Residuos sólidos

Los problemas de residuos sólidos generados provienen principalmente de canteras, escombreras, curtiembres y pobladores de la zona (Ver Foto 9) de San Benito, ubicados en la zona alta del río, además de los relacionados con la generación de olores ofensivos provenientes del relleno sanitario de Doña Juana.

Por otra parte en la zona media se presentan problemas en los barrios José Antonio Galán y El Rubí, debido a la cantidad de residuos sólidos domésticos dispuestos en la ronda del río. En el barrio Guadalupe algunas empresas de distribución de carne depositan sus desperdicios en las orillas del río (Ver Foto 10).

Foto 9. Residuos sólidos sobre la quebrada Santa Librada



Foto de Diana Ramos

Aguas residuales domésticas

En los barrios de la zona alta del río las aguas residuales domésticas son vertidas directamente a las quebradas Chiguaza, Santa Librada y Yomasa, afluentes del Tunjuelo.

Aguas residuales industriales

Este tipo de vertimientos es originado por las actividades industriales presentes en la zona (escombreras, curtiembres y canteras). Uno de los vertimientos más importantes de este tipo es el proveniente de la planta de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario Doña Juana (localizada en la zona alta) y un vertimiento intermitente de los excesos de lixiviados que no son tratados por la planta y que son vertidos al río Tunjuelo sin tratamiento previo.

Se destacan también los vertimientos de las empresas de curtiembres en el barrio San Benito (aguas arriba de la Avenida Boyacá) y el vertimien-

Foto 10. Vertimiento al río Tunjuelo (barrio Guadalupe) – zona media



Foto de Diana Ramos

Foto 11. Vertimiento al río Tunjuelo (Jardines El Apogeo) –zona media



Foto de Rodrigo Suárez

to de la planta elevadora de las aguas del mismo barrio (domésticas e industriales), la cual llega sobre el costado occidental del Jardín Cementerio del Apogeo (zona media) y cuyo caudal aforado en el momento de la visita fue de 200 l/s. (Ver Foto 11).

Otros aspectos ambientales

Existen asentamientos ilegales en las orillas del río que no cuentan con servicios de alcantarillado y aseo.

Las rondas del río son utilizadas como vivienda por algunas personas.

En algunos sectores se encontró que los pastizales de las orillas del río son empleados para el pastoreo de ganado.

Aguas abajo del barrio Guadalupe se encontraron corrales porcícolas en la parte trasera de las casas que colindan con el río Tunjuelo, creando además de un aporte de carga contaminante al río, problemas sanitarios para los habitantes del sector.

4.3.3 Vertimientos directos al río Tunjuelo

El estudio total de los vertimientos directos a este río no se culminó, debido a la terminación de los recursos económicos asignados a la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes superficiales de Bogotá. Por este motivo, los resultados descritos a continuación corresponden a los vertimientos directos encontrados en el río desde su entrada en los límites de la ciudad en la localidad de Usme, hasta la Transversal 86, por tanto los análisis se referirán únicamente a dos zonas: alta y media.

En la Tabla 35 se presentan las características generales y algunos de los resultados obtenidos en los vertimientos monitoreados y en el río²¹

Los vertimientos encontrados en el recorrido del río se distribuyen en la zona alta y media como se muestra en la Tabla 36. También en esta tabla se encuentran los datos desagregados entre margen derecha e izquierda.

Tabla 35. Características generales y resultados obtenidos de los vertimientos monitoreados en el río Tunjuelo

Zona	Lecho	División	Longitud (km) (1)	Nº de Vertimientos (2)	Localidades	Q Vertimientos (3) (m3/s)	Concentración (mg/l) (4)		Carga Vertimientos (5) (t/mes)	Vel -río (m/s) (7)	Q - río (m3/s) (8)
Zona alta	Libre	Usme Av. Boyacá	8,13	28	Tunjuelito (Margen derecha) Ciudad Bolívar (Margen izquierda)	0,952	DQO DBO SST AyG MP (6)	2080 834 1158 68	1.840,43 822,91 2.113,00 172,24 0,84	0,36	1.831
Zona media	Libre	Av. Boyacá Puente Trav. 86	12,45	110	Kennedy Ciudad Bolívar	1,32	DQO DBO SST AyG MP	887 427 409 101	2.853,28 1.159,61 1.740,98 260,64 35,05	0,628	4.028
Zona baja[1]	Libre	Puente Trav. 86 Desembocadura	7,69		Ciudad Bolívar Bosa					0,62	15,83

(1) Longitud del río en jurisdicción de Bogotá, de acuerdo con datos entregados por el DAMA.

(2) Número de vertimientos monitoreados en cada zona.

(3) Suma de los caudales medidos para los vertimientos monitoreados en cada zona, medido en diciembre de 2002.

(4) Corresponde a la mediana de las concentraciones de los vertimientos monitoreados en cada zona.

(5) Suma de las cargas de contaminantes para los vertimientos monitoreados.

(6) Suma de las cargas para los vertimientos monitoreados de metales pesados (cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc).

(7) Velocidad del río en cada una de las zonas, medida en agosto de 2002.

(8) Caudal del río en cada una de las zonas, medida en agosto de 2002.

Tabla 36. Vertimientos río Tunjuelo

Zona	Long. (Km)	N° Vertimientos			Densidad vertimientos(1) (vertimientos/km)			Caudal total medido (l/s)(2)						Caudales máximos y mínimos (4)			
		Der.	Izq.	Total	Der.	Izq.	Total	Der.	%	Izq.	%	Total (3)	% Total	Der.		Izq.	
														Der.	Izq.	Der.	Izq.
Alta	8.13	15	13	28	1.85	1.60	3.44	916,83	96,23	35,94	3,77	952,77	41,8	626	12	0,53	0,16
Media	12.45	77	33	110	6.18	2.65	8.84	728,53	55,01	595,94	44,99	1.324,47	52,2	416	200	0,002	0,003
Total	20.58	92	46	138	4.47	2.24	6.71	1.645,36		631,88		2272,00	100				

(1) Número de vertimientos encontrados en cada una de las márgenes dividido por la longitud total de la zona. La columna total corresponde a la suma de todos los vertimientos encontrados en la zona dividido por la longitud total de la zona.

(2) Caudal total medido para cada zona y para cada margen, con su respectivo porcentaje respecto a cada margen.

(3) Suma del caudal de las dos márgenes para cada zona

(4) Representa los caudales máximos y mínimos para cada zona y para cada margen.

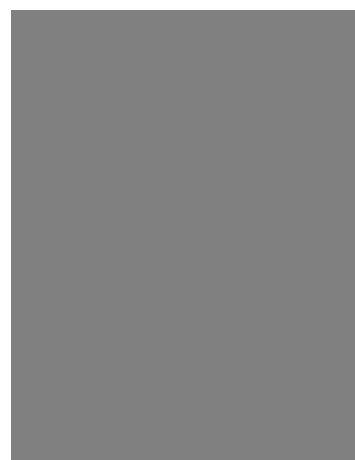
Desde la entrada del río Tunjuelo en los límites de la ciudad, hasta la Trav. 86 (20,58 km), se encontraron en total 138 vertimientos. De acuerdo con los resultados presentados en la *Tabla 36*, la zona con mayor recepción de vertimientos directos por unidad de longitud del curso del río, es la zona media con un promedio de cerca de 9 vertimientos por kilómetro (una descarga cada cuadra y media).

También se observa que los vertimientos directos están distribuidos con mayor densidad en la margen derecha y representan el 72% del caudal total que recibe el río, lo cual coincide con la densidad poblacional observada en el recorrido del río, ya que al lado izquierdo se encuentran con mayor frecuencia zonas despobladas u ocupadas por actividades que no generan un elevado número de vertimientos. Sectores como el barrio de San Benito en donde se encuentra la mayor concentración de curtiembres de la ciudad, y el barrio Guadalupe en donde se concentran una gran cantidad de empresas distribuidoras de carne, se encuentran al costado derecho del río.

En promedio la densidad de vertimientos directos en el curso del río, contando las dos márgenes, es de 6,71 vertimientos por cada kilómetro y el caudal total de los vertimientos directos del río Tunjuelo es de 2,27 m³/s.

Al estudiar la carga de metales pesados arrojada al río Tunjuelo (*Ver Figura 12*), se encontró que un 79,81% de la carga total corresponde a cromo,

Figura 12. Porcentaje de carga de metales pesados río Tunjuelo



seguido por el zinc con el 19,19%, y el resto de los metales con el 1%. La alta carga de cromo encontrada en los vertimientos directos de esta cuenca se debe a la presencia de industrias de curtiembre en el sector de San Benito.

En la *Tabla 37* se presentan, para algunos parámetros, las cargas contaminantes en toneladas/mes arrojadas por los vertimientos monitoreados al río Tunjuelo en cada una de las zonas.

4.3.4 Quebradas monitoreadas en la cuenca del río Tunjuelo

A lo largo del recorrido realizado por los Cerros Orientales fueron monitoreadas 10 quebradas que

Tabla 37. Cargas contaminantes por zonas del río Tunjuelo (t/mes)

Zona	Parámetro / resultado	DQO	DBO ₅	SST	Aceites y grasas	Metales pesados
Alta	Carga (t/mes)	1.840,43	822,91	2.113,00	172,24	0,84
	Porcentaje de la carga total (%)	39,21	41,51	54,83	39,79	2,35
Media	Carga (t/mes)	2.853,28	1.159,61	1.740,98	260,64	35,05
	Porcentaje de la carga total (%)	60,79	58,49	45,17	60,21	97,65
Total	Carga (t/mes)	4.693,71	1.981,71	3.853,99	432,88	35,89

Tabla 38. Concentraciones y caudales medidos para cada quebrada

NOMBRE	OD (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	SSd (mg/l)	Grasas y aceites (mg/l)	Caudal (l/s)
Q. Chiguaza	6,8	50	5,28	4,5	0,1	8	26
Q. Chuguaza	6,49	50	5,4	4,5	0,2	8	6,2
Q. El Triángulo	6,55	50	2	109	0,4	8	0,7
Q. El Zuque	4,8	67	2,2	103	1,2	8	1,0
Q. Santa Librada	7,01	50	2	4,5	0,1	8	7
Q. Juan Rey	6,34	128	12,2	57,6	4,1	8	12
Q. La Pichosa	5,4	50	10,8	12	0,5	8	9
Q. Moralvia	5,99	50	2	80,4	0,5	8	0,8
Q. Nueva Delhi	6,72	50	2	46,8	0,6	8	18
Q. Gaviotas	6,87	50	2	42,8	0,5	8	5,5
Mediana	6,52	50	2,1	44,8	0,5	8	6,6

pertenecen a la cuenca del río Tunjuelo (Chiguaza, Chuguaza, El Triángulo, El Zuque, Santa Librada, Juan Rey, La Pichosa, Moralvia, Nueva Delhi y Gaviotas). En la *Tabla 38* se presenta para cada una de las quebradas las concentraciones y caudales medidos.

Uso actual del agua

Los principales usos que se le dan al recurso hídrico de las quebradas existentes en la cuenca son los siguientes:

- **Consumo humano:** Ya sea con el uso de bocatomas, hacia plantas de tratamiento, o el uso de mangueras para recolección, el 60% de las quebradas son utilizadas para tal fin.
- **Canales sanitarios:** El 30% de las quebradas son utilizadas como canales sanitarios, debido a la ausencia de alcantarillado en muchos de los sectores.
- **Agricultura:** El 20% de las quebradas, en la periferia de la ciudad, son utilizadas con fines agrícolas (localidad de Usme).

Análisis de calidad del recurso hídrico (parámetros coliformes totales y fecales)

Siguiendo el procedimiento de análisis mencionado en el numeral 4.1.5, se realizó el análisis de la calidad del recurso hídrico, para las quebradas localizadas en la cuenca del río Tunjuelo. En la *Tabla 39* se presentan los criterios establecidos para coliformes totales y fecales.

4.4 Vertimientos directos al río Bogotá

Además de los efluentes ya analizados del río Bogotá (río Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo), se encontraron otros vertimientos de gran importancia, provenientes de zonas urbanas e industriales que vierten directamente al río Bogotá (*Ver Foto 12*).

Los vertimientos directos al río Bogotá, ubicados desde el humedal de la Conejera, hasta el barrio Lisboa (desembocadura del río Juan Amarillo) fue-

Tabla 39. Porcentaje de Cumplimiento de las Quebradas Monitoreadas de Acuerdo al Uso asignado en el Decreto 1594

Uso	Porcentaje de cumplimiento (%)	
	Coliformes totales	Coliformes fecales
Consumo humano y doméstico ¹	100,0	90,0
Agrícola	90,0	80,0
Pecuario	80,0	60,0
Recreativo	80,0	60,0

ron considerados como de tipo UCH 1 (parámetros monitoreados DQO, DBO, SST, SSd y Grasas y Aceites); mientras que a los vertimientos ubicados entre la calle 80, hasta la desembocadura del río Tunjuelo se les realizaron análisis de 32 parámetros.

Es importante resaltar que algunos de estos vertimientos, principalmente los localizados entre las desembocaduras de los ríos Fucha y Tunjuelo, son utilizados para irrigar pastos, en zonas donde hay presencia de ganado.

Foto 12. Vertimiento directo al río Bogotá



Foto de Rodrigo Suárez

De los 23 vertimientos directos encontrados a lo largo del río Bogotá (tramo humedal La Conejera - río Tunjuelo), no fue posible medirles el caudal a la totalidad de ellas, debido a que el vertimiento no es continuo y generalmente están controlados por sistemas de bombeo. En la *Tabla 40* se presentan las cargas contaminantes de algunos parámetros y el caudal de los vertimientos directos monitoreados.

De los 23 vertimientos analizados se encontró que el 47% de ellos tienen una DBO superior a 150 mg/l, dentro de los cuales algunos sobrepasan los

Tabla 40. Cargas y Caudal de los Vertimientos Directos al río Bogotá

Parámetro	Unidad	Carga o Valor
DQO	t/mes	3.476
DBO	t/mes	1.890
SST	t/mes	4.431
SSd	t/mes	68
Grasas y Aceites	t/mes	1.942
Mercurio	t/mes	0,021
Zinc	t/mes	0,161
Cobre	t/mes	0,181
Otros Metales	t/mes	0,002
Caudal	M ³ /s	2,2

Figura 13. Carga de metales pesados de los vertimientos directos al río Bogotá (kg/mes)



400 mg/l, lo cual corrobora la presencia, tanto de aguas residuales domésticas como de industriales.

En la *Figura 13* se presenta la carga total de metales (365 kg/mes), de los cuales 21 kilogramos corresponden a mercurio, 161 a zinc, 181 a cobre y los 2 kilogramos restantes a los otros cuatro metales analizados.

5. Análisis comparativo de los vertimientos a los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá

En este capítulo se presenta un análisis de los resultados obtenidos sobre los vertimientos monitoreados en los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá. En la *Figura 14* se presenta para estos ríos las cargas contaminantes totales medidas para los parámetros DQO, DBO, SST, grasas y aceites y metales pesados (cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc).

De acuerdo con la *Figura 14*, el mayor aporte de carga por vertimientos directos para algunos de los parámetros analizados (DQO, DBO, SST, SSd y Grasas y Aceites) se presenta en el río Fucha. Adicionalmente, en este río se presenta el mayor caudal de vertimientos directos: 6,34 m³/s, lo que representa el 57,8% del total de los vertimientos aforados (*Ver Tabla 41*).

Entre todas las zonas en que se subdividieron las cuencas de los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, la zona baja del río Fucha es la que presenta la mayor densidad de vertimientos directos con 9,21 vertimientos por kilómetro.

Sobre las cargas de metales pesados vertidas a los ríos, merece especial atención el comportamiento de la carga arrojada por los vertimientos directos al río Tunjuelo; si se tiene en cuenta que aunque

tienen un caudal total casi tres veces menor que los del río Fucha, la carga de metales pesados es mayor; esto se debe al aporte de cromo que se origina por el sector industrial de curtiembres ubicado en la cuenca media del río (barrio San Benito), cuyos vertimientos son realizados en el costado occidental del Jardín Cementerio El Apogeo.

En la *Figura 15* se muestra una comparación de las cargas de metales pesados medidas en los vertimientos directos a los ríos, frente a las cargas originadas por el sector industrial, comercial y de servicios; respecto a estos últimos es importante observar que de las 14 teladas/mes vertidas, 11 corresponden a Cromo.

5.1 Cargas de compuestos nitrogenados, sulfatos y cloruros

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos para otros parámetros de interés sanitario, que por sus características pueden causar efectos negativos importantes sobre los cuerpos receptores de estos vertimientos.

Este análisis se realizó sobre los vertimientos a los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo; este último monitoreado en un 75% de su longitud total.

Figura 14. Cargas totales - vertimientos directos (t/mes)



NOTA: La Carga Total de DQO vertida sobre el río Fucha es de 15.283,1 Teladas /mes.

Tabla 41. Principales características de los vertimientos directos

Cuenca	Caudal (m3/s)	% Caudal	Nº vertim.	Longitud (km)	DBO (t/mes)	SST (t/mes)
Río Juan Amarillo	2,18	16,8	68	21,56	945,6	778,3
Río Fucha	6,34	48,7	110	17,94	5.543,3	4.587,7
Río Tunjuelo	2,27	17,5	138	28,27 ¹	1.982,5	3.853,9
Río Bogotá	2,2	17	23	48,80 ²	1.890,2	4.431,6
Total	12,97	100	339	116,57	10.361,6	13.651,5

Figura 15. Cargas contaminantes de metales pesados totales



5.1.1 Compuestos nitrogenados

De acuerdo con los datos obtenidos del análisis de los compuestos nitrogenados en los vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, se encontró que el nitrito (NO_2) y el nitrato (NO_3) están presentes en concentraciones bajas, mientras que las cargas de Nitrógeno Total (N Total) son altas (Ver Figura 16).

Las altas cargas de Nitrógeno Total indican una contaminación reciente en el agua, la cual es característica de los vertimientos provenientes de las aguas residuales domésticas, donde se tiene una baja concentración de oxígeno disuelto que impide la autodepuración o degradación de las formas predominantes a su estado más estable: los nitratos. El mayor aporte de contaminantes nitrogenados se presentó en el río Fucha, el cual recibe una carga de 716 t/mes de N-NH_3 y 1.142 t/mes de Nitrógeno Total. Esta carga implica un consumo de 5.234 t/mes de oxígeno en los procesos de oxidación del nitrógeno a nitratos en los ríos en condiciones aeróbicas²².

Los otros dos ríos presentaron cargas menores de contaminantes nitrogenados de 137,1 t/mes de N-NH_3 y 222,1 t/mes de N Total para el río Juan Amarillo y de 199,2 t/mes de N-NH_3 y 447,9 t/mes de N Total, lo que implica un consumo de oxígeno en los procesos de oxidación de los compuestos nitrogenados para estos dos ríos de 1.018 y 2.053 toneladas, respectivamente.

En los vertimientos directos al río Fucha se encontraron concentraciones máximas de N Total de 202 mg/l en la zona media y de 200 mg/l en la baja, provenientes de vertimientos de tipo industrial con caudales poco significativos. Igualmente, la mayor carga mensual es aportada por estas dos zonas; la zona baja con un aporte de 456,4 t/mes de N-NH_3 y 798,8 t/mes de N Total y la zona media con una carga de 258,9 t/mes de N-NH_3 y 338,9 t/mes de N Total (Ver Figura 17).

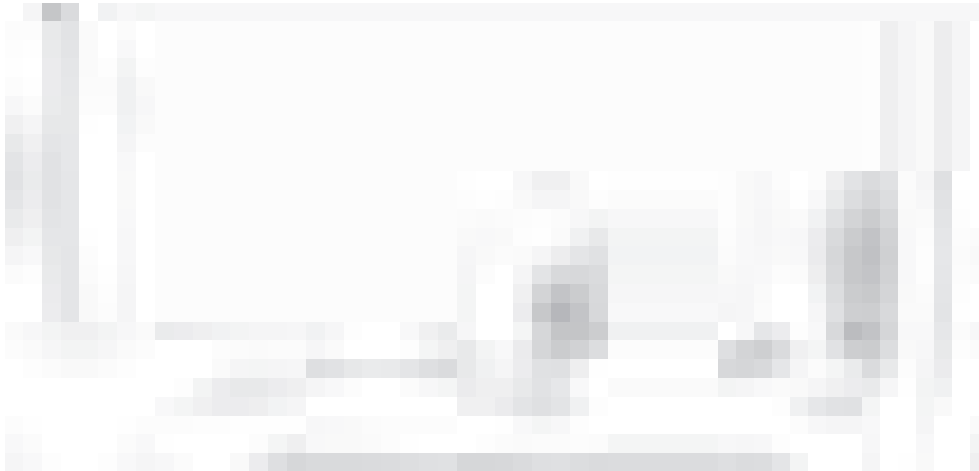
5.1.2 Sulfatos

La carga total de iones sulfatos (SO_4^-) vertidos a los ríos durante el período de registro fue de 358,9

Figura 16. Comparación de las cargas totales de compuestos nitrogenados en los vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo



Figura 17. Comparación por zonas de las cargas de compuestos nitrogenados en los vertimientos al río Fucha



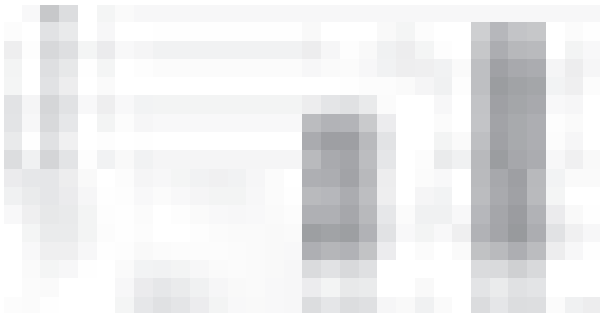
t/mes para el río Juan Amarillo, 1.411,9 t/mes para el río Fucha y 893,9 t/mes para el río Tunjuelo (Ver Figura 18).

El río Fucha presentó las mayores cargas de sulfatos en las zonas media y baja. La zona alta presentó la menor carga de iones SO_4^{2-} de 5,18 t/mes, debido al menor número de vertimientos; mientras que la zona media con 58 vertimientos y en la baja con 42 se registraron cargas de 553,6 T/mes y 853,1 t/mes de iones SO_4^{2-} respectivamente (Ver Figura 19).

Figura 18. Comparación de las cargas totales de sulfatos en los vertimientos a los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo (t/mes)



Figura 19. Comparación por Zonas de las cargas de sulfatos en los vertimientos al río Fucha (t/mes)



Estas cargas de sulfatos (SO_4^{2-}) pueden representar problemas, si se tiene en cuenta las condiciones anaerobias de estos vertimientos. En ausencia de oxígeno disuelto y nitratos (NO_3^-), los sulfatos pasan a ser fuente de oxígeno para las oxidaciones bioquímicas ocasionadas por bacterias anaerobias; en estas condiciones, el ión sulfato puede reducirse por la acción de bacterias sulfatoreductoras a ión sulfuro (S^{2-}), estableciéndose un equilibrio entre el hidrógeno y el ácido sulfhídrico (H_2S), ocasionando un olor desagradable.

Cuando el pH es menor de 8 el equilibrio se desplaza rápidamente hacia la formación de H_2S no ionizado; bajo tales condiciones la presión parcial del sulfuro de hidrógeno es lo suficientemente grande para causar serios problemas de olor, siempre que la reducción del ión sulfato produzca una cantidad apreciable del ión sulfuro. Cuando se tienen largos tiempos de retención de aguas residuales, temperaturas elevadas y concentraciones significativas de sulfatos en los sistemas de drenaje, se presentan problemas de corrosión, ya que estas sales al ser reducidas y posteriormente oxidadas bioquímicamente, se transforman en ácido sulfúrico (H_2SO_4), el cual corroe la corona de las alcantarillas. Estos problemas se pueden generar con mayor probabilidad para los vertimientos de los ríos Fucha y Tunjuelo, donde se presenta la mayor carga contaminante y donde el Oxígeno Disuelto medido fue cero para ambos ríos.

5.1.3 Cloruros

Las concentraciones del ión cloruro en agua ayudan a determinar la contaminación por agua residual doméstica, debido a que el mayor aporte de iones cloruros a las fuentes receptoras lo realiza el hombre, principalmente en la orina, la cual contiene cloruros en una cantidad casi igual a la de los

cloruros consumidos en los alimentos y el agua. Este aporte es en promedio 6 gramos de cloruros por persona al día, y puede incrementar el contenido normal de cloruros del agua en 20 mg/l.

La presencia de iones cloruros en los análisis de aguas interfiere en la determinación de la DQO y de los nitratos, y aumentan la conductividad y las concentraciones de sólidos disueltos, lo que contribuye a la disminución del Oxígeno Disuelto en estas aguas.

En los vertimientos medidos se encontró que el mayor aporte de iones cloruros (Cl⁻) se da sobre el río Fucha, con una carga total de 3.792 T/mes (Ver Figura 20). Los ríos Juan Amarillo y Tunjuelo registraron cargas totales de 479 t/mes y de 2.056 t/mes, respectivamente.

5.2 Vertimientos directos con mayor aporte de caudal y carga contaminante

Durante el recorrido a los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá, se identificaron un total de 16 vertimientos con caudales superiores a 0,1 m³/s (100 l/s). De estos 16 vertimientos tres se localizaron sobre el río Juan Amarillo, seis sobre el río Fucha, cuatro sobre el río Tunjuelo y tres sobre el río Bogotá.

Los principales vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá descargan más del 50% del caudal al respectivo río. En la Figura 21 se presenta una comparación para cada río,

Figura 20. Comparación de las cargas totales de cloruros en los vertimientos a los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo



entre el caudal aportado por los vertimientos mayores a 0,1 m³/s y el resto de los mismos.

5.2.1 Río Juan Amarillo

De los tres principales vertimientos encontrados en este río, se destaca el ubicado en el barrio Entreríos (Av. 68 con Calle 80) cuyo caudal aforado fue de 1,05 m³/s (Ver Tabla 42). La carga de DBO₅, arrojada por estos tres vertimientos representa el 48% de la carga total de los vertimientos directos al río Juan Amarillo, mientras que la carga de DQO corresponde a un 56% y la de SST a un 49%.

5.2.2 Río Fucha

En esta corriente se encontraron seis vertimientos directos con un caudal mayor a 0,1 m³/s (Ver Tabla 43). Se destacan por su tamaño, el canal

Figura 21. Comparación entre el caudal aportado por los vertimientos mayores a 0,1m³/s y el resto de vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo y Bogotá



Tabla 42. Principales vertimientos directos al río Juan Amarillo

N° Emisario	Caudal (m ³ /s)	Ubicación
228	1.05	Barrio Entre Ríos, localidad de Barrios Unidos, margen derecha
137	0.167	Cll 75C N° 45ª, localidad de Barrios Unidos, margen izquierda
266	0.198	Club Los Lagartos, localidad de Suba, margen derecha

Boyacá con un caudal de 2,236 m³/s y otro, unos metros abajo del anterior, ubicado en la margen izquierda, con un caudal de 1,588 m³/s. Estos seis vertimientos directos arrojan el 93% de la carga de DBO, el 92.4% de DQO y el 92.8 de SST descargados al río Fucha.

5.2.3 Río Tunjuelo

Sobre el río Tunjuelo se encontraron cuatro vertimientos con un caudal mayor de 0,1 m³/s (Ver *Tabla 44*). La carga arrojada por estos vertimientos directos representa un 50% de la carga total de DBO, un 53% de la de DQO y un 38% de la de SST, descargados al río Tunjuelo.

Tabla 43. Principales vertimientos directos al río Fucha

N° Emisario	Caudal (m ³ /s)	Ubicación
41	0,108	Autopista Sur, Cafam Ciudad Montes, localidad de Puente Aranda, margen izquierda
172	0,96	Canal Av. Tercera, localidad de Puente Aranda, margen derecha
171	2,236	Avenida Boyacá, localidad de Kennedy, margen Izquierda
179	1,588	Avenida Boyacá, Esquina del lavadero Autoboyacá, localidad de Kennedy, margen izquierda
201	0,369	Avenida Boyacá, detrás de La Fayette, localidad de Kennedy, Margen Izquierda
248	0,501	Avenida Boyacá con Calle 12, Localidad de Fontibón, margen derecha

Tabla 44. Principales Vertimientos directos al río Tunjuelo

N° Punto	Caudal (m ³ /s)	Ubicación
12	0.626	Quebrada Yomasa, localidad de Usme ³⁵ , margen derecha
40	0.416	Quebrada Chiguaza, Calle 59b sur - carrera 17, localidad de Tunjuelito, margen derecha
93	0.131	Localidad Ciudad Bolívar, margen izquierda
95	0.2	Localidad Ciudad Bolívar, margen izquierda

6. Resultados obtenidos en el programa de seguimiento de efluentes industriales

En la *Tabla 45* y en la *Figura 22* se presentan los resultados obtenidos para los parámetros DBO y SST (kg/mes) en las fases segunda a sexta de seguimiento de efluentes industriales.

De acuerdo con los resultados anteriores, se observa una disminución en la carga de DBO²³ a lo largo de las fases segunda a quinta, con un pequeño aumento en la VI Fase. Para SST se observó un aumento en la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá* originado probablemente por el mayor aporte encontrado en el sector textil, el cual pasó de un 8% en la quinta fase a un 40% en la VI Fase.

En las *Figuras 23 y 24* se presenta el comportamiento por localidades de la carga de DBO y SST, respectivamente.

En términos de carga de DBO la localidad de Tunjuelito es la única que presenta un aumento significativo, lo que se debe primordialmente al sector de Curtido y Preparado de Cueros.

Las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Tunjuelito presentaron un aumento de la carga total de SST, la cual se ve reflejada por los sectores de Bebidas y textiles para Kennedy, por el sector de Alimentos y bebidas en Puente Aranda y por el sector de Curtido y preparado de cueros en Tunjuelito.

Tabla 45. Resultados de las Fases de Seguimiento de Efluentes Industriales

Fase	Año	N° Muestras	Carga DBO (kg/mes)	Carga SST (kg/mes)	Objetivo
Segunda	1996	300	2.409.354	1.620.370	Desarrollar acciones de comando y control
Tercera	1997-1998	459	1.151.000	1.413.628	Definir como criterio de planeación el concepto de carga combinada
Cuarta	1999	512	667.981	511.304	Determinar el cumplimiento de las normas locales sobre vertimientos y aplicar el modelo de UCH
Quinta	2000-2001	968	568.762	303.932	Realizar el seguimiento de efluentes industriales
Sexta	2002	832	594.488	537.088	Realizar el seguimiento de efluentes industriales y de corrientes superficiales

NOTA: En la Sexta Fase se monitorearon además de los 832 efluentes industriales, comerciales y de servicios, 410 fuentes superficiales, correspondientes a monitoreos sobre los vertimientos directos a los ríos Juan Amarillo, Fucha Tunjuelo y Bogotá. La información sobre las fases segunda a quinta fue entregada por el DAMA.

Figura 22. Comportamiento de la carga de DBO y de SST en los efluentes industriales (kg/mes)



Figura 23. Comportamiento de la Carga de DBO por localidades en cada fase del programa de seguimiento de efluentes industriales (kg/mes)



Nota: En Otras localidades se incluyen las localidades Antonio Nariño, Barrios Unidos, Chapinero, Los Mártires, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal y Teusaquillo.

Figura 24. Comportamiento de la carga de SST por localidades en cada fase del programa de seguimiento de efluentes industriales (kg/mes)



Nota: En otras Localidades se incluyen las localidades de Antonio Nariño, Barrios Unidos, Chapinero, Los Mártires, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal y Teusaquillo

7. Propuestas para el establecimiento de planes de muestreo, estimaciones de carga y cumplimiento de la norma utilizando análisis estadísticos

Con el fin de contar con una herramienta que permita la selección de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios a incluir dentro de un plan de muestreo, en este capítulo se presentan dos propuestas para el diseño de dichos planes, desarrolladas con base en análisis estadístico.

La primera propuesta denominada Plan de Muestreo Tipo A, permite estimar el total de la carga de uno o varios contaminantes previamente seleccionados y realizar estimaciones por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios; y la segunda estimar el porcentaje de cumplimiento de la norma de uno o varios contaminantes (Plan de Muestreo Tipo B o Pre-control ambiental).

Las dos propuestas son ilustradas mediante ejemplos, en los cuales se define el diseño de la muestra para la gran industria asentada en Bogotá²⁴, de las actividades económicas controladas bajo los parámetros establecidos en la UCH1 (Unidades de Contaminación Hídrica), utilizando la información capturada en el desarrollo de la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá* (para Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-) y la obtenida de la Encuesta Anual Manufacturera del DANE para el año 2000²⁵.

Adicionalmente, se presenta una propuesta para estimar la carga de DBO aplicando un modelo de regresión lineal múltiple, a partir de la utilización de las siguientes variables predictoras: consumo de agua, expresada en metros cúbicos por mes, caudal, expresado en litros por segundo, y una variable

cualitativa relacionada con la existencia de sistemas de tratamiento primario para aguas residuales en cada establecimiento.

Por otra parte, como complemento al Plan de Muestreo Tipo B se presenta una herramienta orientada a la determinación del cumplimiento o incumplimiento de la norma, utilizando un conjunto de variables predictoras como: consumo mensual de agua, consumo mensual de energía, número de empleados, caudal del vertimiento, existencia de sistemas de pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y/o terciario²⁶ de aguas residuales en el establecimiento industrial comercial y de servicios, número de horas diarias con vertimiento y número de días a la semana de funcionamiento del establecimiento; denominada análisis discriminante.

El establecimiento de planes de muestreo y la utilización de las herramientas (modelo de regresión lineal múltiple y análisis discriminante), permitirán ir afinando los estimativos sobre carga y cumplimiento de la norma, y la disminución gradual del número de establecimientos industriales, comerciales y de servicios a monitorear, lo que permitiría menores costos en los procesos de control y seguimiento.

7.1 Planes de muestreo

7.1.1 Ventajas de los planes de muestreo

Las ventajas de implementar metodologías estadísticas en los procesos de selección de establecimientos industriales, comerciales y de servicios a ser monitoreados, tienen que ver principalmente con:

Plan de Muestreo Tipo A	Plan de Muestreo Tipo B
Realizar estimaciones de contaminantes totales y/o por actividad económica, con cierto nivel de precisión ¹ para lo cual se requiere medir el caudal y la concentración del contaminante y conocer el tiempo de vertimiento de las industrias seleccionadas en el Plan de Muestreo.	Realizar visitas a establecimientos industriales, comerciales y de servicios, y tomar únicamente información de las variables predictoras: consumo mensual de agua, consumo mensual de energía, número de empleados, caudal del vertimiento, existencia de sistemas de pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario de aguas residuales en el establecimiento industrial, número de horas diarias con vertimiento y número de días a la semana de funcionamiento del establecimiento.
Realizar comparaciones de las estimaciones entre diferentes fases de Seguimiento de Efluentes Industriales, Comerciales y de Servicios, lo cual contribuye a detectar cambios entre fases.	Ser fuente de información para detectar prioridades de acción y realizar control respecto a la gestión realizada por cada una de los establecimientos visitados.

Continúa en la página siguiente

Ser fuente de información para estimar factores de vertimiento ² por contaminante, empleando como variables de referencia, consumo de agua, número de empleados y valor de la producción expresada en unidades físicas.	Ser fuente de información para emplear los modelos estadísticos planteados en el plan de muestreo Tipo A.
Ser fuente de información para desarrollar modelos estadísticos al interior de cada actividad económica que permitan estimar la carga ³ de contaminantes y porcentajes de cumplimiento, a partir de variables predictoras como: consumo mensual de agua, consumo mensual de energía, número de empleados, caudal del vertimiento, existencia de sistemas de pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario de aguas residuales en el establecimiento industrial, comercial y de servicios, número de horas diarias con vertimiento y número de días a la semana de funcionamiento del establecimiento.	
Ser fuente de información para el cobro de las tasas retributivas.	

7.1.2 Descripción del marco muestral

Corresponde a la identificación de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, utilizando variables tales como: dirección, teléfono y tipo de actividad. Al listado de dichos establecimientos se le denomina el marco muestral; este marco también puede ser representado en un mapa, mediante el cual se lograría conocer la ubicación geográfica de cada establecimiento y su respectiva clasificación económica.

La industria se puede clasificar en dos grandes grupos: (i) la gran industria, cuyo número de establecimientos es obtenido de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) realizada por el DANE, a partir del censo de los establecimientos que cumplen con las características de tamaño, en cuanto al número de empleados y valor de la producción; y (ii) la pequeña industria, identificada como microestablecimientos industriales, comerciales y de servicios (establecimientos con menos de 10 empleados), obtenidos de la investigación *Encuesta Nacional de Microestablecimientos por Área* desarrollada por el DANE, valor estimado a partir de una muestra²⁷.

Para la ciudad de Bogotá el número de establecimientos de la gran industria para el año 2000 fue de 2.259 (9,4%), mientras que el valor estimado²⁸ de microestablecimientos para el año 2002 fue de 21.837 (90,6%).

En la *Tabla 46* se presenta el marco muestral para la gran industria asentada en Bogotá.

El marco muestral se considera como una población estratificada en donde el primer estrato está conformado por los establecimientos industriales que hacen parte de la Encuesta Anual Manufacturera y el segundo estrato por los establecimientos industriales, comerciales y de servicios considerados como microestablecimientos. Dentro de cada uno de los estratos existen divisiones o agrupaciones

Tabla 46. Conformación del marco muestral para la gran industria asentada en Bogotá

Fuente	CIIU a cuatro dígitos (grupo) Versión 2	Nº de establecimientos
Encuesta Anual Manufacturera	Actividad económica 1	205
	Actividad económica 2	176
	Actividad económica 76	3

(sub-estratos) que corresponden a los tipos de actividades económicas.

En la *Tabla 47* se presenta una nueva clasificación para la gran industria asentada en Bogotá, teniendo en cuenta el criterio de Unidades de Contaminación Hídrica establecido por el DAMA, en donde las industrias de alimentos y bebidas (desde el grupo 3111 hasta el 3134 de acuerdo a la CIIU revisión 2), son controladas bajo los parámetros establecidos en la UCH1 y el resto de industrias bajo los parámetros establecidos en la UCH2.

De acuerdo con lo anterior, el marco muestral está conformado por cuatro grupos: grupo 1: gran industria de tipo UCH1, grupo 2: gran industria de tipo UCH2, grupo 3: microestablecimientos de tipo UCH1 y grupo 4: microestablecimientos de UCH2 (Ver *Tabla 48*).

Por otra parte, durante el desarrollo de la *VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá* se realizaron 449 monitoreos a establecimientos industriales (71,7%) y 177 monitoreos a establecimientos comerciales y de servicios (28,3%). Del total de establecimientos industriales monitoreados, 105 pertenecen al grupo 1, 94 al grupo 2, 30 al grupo 3 y 220 al grupo 4 (Ver *Tabla 49*).

Tabla 47. Descripción de la Conformación del Marco Muestral para la Gran Industria Asentada en Bogotá, Teniendo en Cuenta el Criterio de Unidades de Contaminación Hídrica

Fuente	Clasificación de los establecimientos por Tipo de Unidad de Contaminación Hídrica	CIU a cuatro dígitos (Grupo) versión 2	N° de Establecimientos
Encuesta Anual Manufacturera	UCH 1 Fabricación de productos alimenticios e industria de bebidas	Actividad económica 1	35
		Actividad económica 2	23
		Actividad económica 14	6
	UCH 2 Resto de industria (1919)	Actividad económica 1	205
		Actividad económica 2	176
		Actividad económica 62	3

Tabla 48. Número de Establecimientos de la Gran Industria y Microestablecimientos por Grupos

Grupos	Grupo 1 EAM - UCH1	Grupo 2 EAM – UCH2	Grupo 3 MICRO – UCH1	Grupo 4 MICRO – UCH2
Tamaño	■ = 340 (9.4%)	■ = 1919 (90.6%)	■ = 8610 ¹ (39.4%)	■ = 13227 ² (60.6%)

En la Tabla 49 se presenta la relación por grupos entre los establecimientos identificados en la Encuesta Anual Manufacturera y los monitoreados durante el desarrollo de la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales.

7.1.3 Plan de Muestreo Tipo A

A continuación se presentan de manera detallada, los pasos a seguir para la definición del Plan de Muestreo – Tipo A. Este ejercicio se realizó para los establecimientos identificados en la Encuesta Anual Manufacturera pertenecientes al tipo UCH1 (340 establecimientos reunidos en 14 actividades económicas de acuerdo a la CIU, versión 2, a cuatro dígitos para el año 2000).

Los objetivos principales planteados para el desarrollo de este ejercicio, tienen que ver con: (i) estimar el total de carga DBO para la ciudad de Bogotá y (ii) estimar el total de carga de DBO por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios.

Paso 1 - Identificación del marco muestral

Consiste en tener disponible el listado de establecimientos industriales con una información mínima

sobre: identificación del establecimiento (razón social, dirección, teléfono) y Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas – CIU (rev. 2 o rev. 3).

Paso 2 - Características de la población

Consiste en realizar la estratificación de los establecimientos, de acuerdo con las actividades económicas presentes (Ver Tabla 50).

Paso 3 - Estimación de la variabilidad de cada estrato

Teniendo en cuenta que el objetivo del diseño muestral es la estimación promedio y total de carga de DBO por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios en la ciudad de Bogotá, se empleó la información de los vertimientos correspondientes a la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá. Esta información se utilizó para realizar la estimación de la variabilidad de carga de DBO por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios³⁰, para lo cual se empleó la desviación estándar como una medida de variabilidad (Ver Tabla 51).

Tabla 49. Número de establecimientos industriales visitados en la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales, Comparado con el número de establecimientos identificados en la Encuesta Anual Manufacturera²⁹ y en la Encuesta Nacional de Microestablecimientos por Área

Grupos	Grupo 1 EAM - UCH1	Grupo 2 EAM – UCH2	Grupo 3 ² MICRO – UCH1	Grupo 4 ³ MICRO – UCH2
Establecimientos EAM y ENMPA	340 (9.4%)	1919 (90.6%)	8610 (39.4%)	13227 (60.6%)
Establecimientos industriales monitoreados VI Fase	105	94	30	220
Establecimientos comerciales y de servicios Monitoreados VI Fase		96		81
Total establecimientos monitoreados VI Fase	105	190	30	301
Comparación (%)	30,9%	9,9%	0,3%	2,3%

Tabla 50. Número de establecimientos industriales identificados en la Encuesta Anual Manufacturera Clasificados como UCH1

Descripción de la actividad económica	CIU Versión 2	Número de establecimientos
Matanza de ganado, preparación y conservación de carnes	3111	35
Fabricación de productos lácteos	3112	23
Envasado y conservación de frutas, legumbres y vegetales en general	3113	16
Fabricación de aceite y grasas vegetales y animales, excepto la manteca de cerdo y otras grasas comestibles del ganado	3115	7
Productos de molinería	3116	30
Fabricación de productos de panadería	3117	126
Elaboración de cacao y fabricación de chocolate y artículos de confitería	3119	27
Elaboración de productos alimenticios diversos	3121	41
Elaboración de alimentos preparados para animales	3122	10
Elaboración de compuestos dietéticos y otros	3123	3
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas	3131	5
Industrias vinícolas	3132	8
Bebidas malteadas y malta	3133	3
Fabricación de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	3134	6
Total establecimientos		340

Fuente: Encuesta Anual Manufacturera, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, 2000.

Tabla 51. Establecimientos industriales identificados en la encuesta anual manufacturera clasificados como UCH1 y variabilidad al interior de cada estrato

Descripción de la actividad económica	CIU, Versión 2	Tamaño del estrato (Nh)	Peso del estrato (Wh)	Desviación estándar (carga de DBO) (sh)
Matanza de ganado, preparación y conservación de carnes	3111	35	0.10	3386.79
Envasado y conservación de frutas, legumbres y vegetales en general	3113	16	0.04	3329.66
Fabricación de aceite y grasas vegetales y animales, excepto la manteca de cerdo y otras grasas comestibles del ganado	3115	7	0.02	702.14
Fabricación de productos lácteos	3112	23	0.07	5211.83
Productos de molinería	3116	30	0.09	283.83
Fabricación de productos de panadería	3117	126	0.33	1056.22
Elaboración de cacao y fabricación de chocolate y artículos de confitería	3119	27	0.08	607.05
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas	3131	5	0.01	991.67
Industrias vinícolas	3132	8	0.02	63.33
Elaboración de productos alimenticios diversos	3121	41	0.12	3329.66
Elaboración de compuestos dietéticos y otros	3123	3	0.009	3329.66
Fabricación de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	3134	6	0.01	2611.58
Total		327	1.00	

Nota: No se incluye información de las actividades económicas 3122 y 3133, debido a que no se monitorearon vertimientos durante la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá de este tipo de actividades; por lo tanto para efectos de esta propuesta se supone que se incluyen todas los establecimientos que pertenecen a estas actividades, es decir, se realiza una inclusión forzosa de estas unidades muestrales, que corresponden a 13 establecimientos industriales.

Paso 4 - Fijar un error máximo admisible, nivel de confianza y costos de recolección por unidad

Para este ejercicio se fijó un error máximo admisible³¹ de 250 Kg/mes y un nivel de confianza del 95%. Los costos asociados al proceso de recolección y análisis de una muestra por Actividad Industrial, Comercial y de Servicios, se consideraron constantes al interior de cada estrato.

El tamaño de la muestra se realizó empleando la siguiente expresión (Cochran, 1977):



Donde:

h : corresponde a la designación de un estrato,

H : corresponde al número total de estratos, en este caso corresponde al número total de actividades económicas consideradas.

W_h : corresponde al peso del estrato h y se halla así:

$W_h = \frac{N_h}{N}$, donde N_h corresponde al tamaño del estrato h .

S_h : corresponde a la variabilidad del estrato h . (variabilidad de la variable vertimiento de DBO).

C_h : corresponde al costo por concepto de recolección y análisis de laboratorio por cada unidad muestreada.

e : corresponde al error máximo admisible que se fija para el cálculo de tamaño de muestra.

t : corresponde al valor asociado a un nivel de confianza, si el valor que se fija del nivel de confianza es 95%, el valor de t es 1.96.

N : corresponde al tamaño de la población (número total de establecimientos).

Utilizando la expresión anterior, el tamaño de la muestra (n) es de 106 establecimientos.

Si el valor del error máximo admisible disminuye y/o el nivel de confianza aumenta, se incrementaría el tamaño de la muestra.

Posterior al cálculo del tamaño de la muestra es posible estimar los costos atribuibles al proceso de muestreo empleando la siguiente expresión, la cual tiene en cuenta el costo por unidad muestreada al interior de cada estrato.



Donde:

C : corresponde al costo total de recolección

n_h : corresponde al tamaño de muestra al interior de cada estrato, teniendo en cuenta que:



C_h : corresponde al costo por concepto de recolección y análisis de laboratorio por cada unidad muestreada (vertimiento):

C_o : corresponde a los costos fijos sin tener en cuenta los costos de recolección al interior de cada estrato; pueden ser asociados a transporte y papelería, entre otros.

Paso 5 - Asignación de tamaño de muestra al interior de cada estrato

Una vez definido el tamaño de muestra (106), se procede a calcular el tamaño de muestra al interior

de cada estrato, para lo cual se utiliza la siguiente expresión: (Cochran, 1977).



Como resultado de la aplicación de la expresión anterior, en la *Tabla 52* se presenta el tamaño de muestra al interior de cada estrato. Se observa que para los estratos con menor variabilidad el tamaño de la muestra es mínimo (industrias vinícolas y productos de molinería) y que para aquellos con alta variabilidad, el tamaño de la muestra es mayor (fabricación de productos lácteos, en donde se requiere monitorear 21 de los 23 establecimientos identificados).

Por lo tanto, el tamaño de muestra total sería de 130 establecimientos, teniendo en cuenta que se adicionarían los 13 de inclusión forzosa, referidos en el paso 3.

Paso 6 - Selección de establecimientos industriales

Esta etapa consiste en seleccionar aleatoriamente del listado de establecimientos industriales³² el tamaño de la muestra al interior de cada estrato, por ejemplo, para la actividad económica: Envasado y conservación de frutas, legumbres y vegetales en general (CIUU 3113) se seleccionarían 9 de 16 establecimientos. La selección aleatoria consiste en generar 9 números aleatorios de 1 a 16. Este proceso se realizaría para cada Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales. Es importante, anotar que el tamaño de la muestra puede cambiar para cada fase, puesto que la desviación estándar de cada estrato podría cambiar (*Ver Tabla 53*), es decir, la actualización de tamaño de muestra depende de los resultados de la fase inmediatamente anterior, por lo tanto, si la variabilidad de la carga de DBO aumenta en el estrato h en la fase actual, se incrementaría el tamaño de muestra en el estrato h en la fase siguiente. La selección aleatoria implicaría que durante el desarrollo de cada fase, algunos establecimientos podrían hacer parte de una o varias muestras seleccionadas para cada fase de Seguimiento de Efluentes Industriales.

Paso 7 - Estimación de la carga total

Empleando la información recolectada a partir del diseño muestral propuesto, denominado muestreo aleatorio estratificado, descrito en los pasos anteriores, se procede primero a estimar el promedio de carga de DBO al interior de cada estrato y luego el total de DBO empleando la siguiente expresión:

Tabla 52. Número de establecimientos industriales identificados en la Encuesta Anual Manufacturera Clasificados como UCH1 y Tamaño de Muestra

Descripción de la actividad económica	CIU, versión 2	Tamaño del estrato (Nh)	Desviación estándar (carga de DBO) (sh)	Tamaño de muestra	Ajuste ¹ del tamaño de muestra
Matanza de ganado, preparación y conservación de carnes	3111	35	3386.79	20.30	20
Envasado y conservación de frutas, legumbres y vegetales en general	3113	16	3329.66	9.12	9
Fabricación de aceite y grasas vegetales y animales, excepto la manteca de cerdo y otras grasas comestibles del ganado	3115	7	702.14	2.84	3
Fabricación de productos lácteos	3112	23	5211.83	20.53	21
Productos de molinería	3116	30	283.83	3.46	3
Fabricación de productos de panadería	3117	126	1056.22	22.79	23
Elaboración de cacao y fabricación de chocolate y artículos de confitería	3119	27	607.05	2.81	3
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas	3131	5	991.67	2.85	3
Industrias vinícolas	3132	8	63.33	2.09	2
Elaboración de productos alimenticios diversos	3121	41	3329.66	23.38	23
Elaboración de compuestos dietéticos y otros	3123	3	3329.66	3.71	3 ²
Fabricación de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	3134	6	2611.58	2.68	3
Total		327		106.6	117



Donde:

–

X_n : corresponde al promedio estimado de DBO al interior del estrato h , empleando la información de los establecimientos industriales de acuerdo al tamaño de muestra.

N_n : corresponde al tamaño del estrato, es decir, el total de establecimientos que conforman el estrato.

7.1.4 Plan de Muestreo Tipo B o precontrol ambiental

Para este plan se emplea, como variable de diseño, el porcentaje de cumplimiento de la norma de DBO. Al igual que para el Plan de Muestreo Tipo A, a continuación se presentan de manera detallada, los pasos a seguir para la definición del Plan de Muestreo – Tipo B.

Paso 1 - Identificación del marco muestral

Igual que para el muestreo Tipo A.

Paso 2 - Características de la población

Igual que para el muestreo Tipo A.

Paso 3 - Estimación del porcentaje de cumplimiento de la norma de DBO

Para este diseño muestral se empleó, como variable, el cumplimiento de la norma de DBO al interior de cada estrato, valor obtenido de la información recolectada en la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá.

Tabla 53. Descripción del proceso continuo para hallar el tamaño de muestra en cada fase

Fases	VI	VII	VIII
Desviación estándar en el estrato h			
Tamaño de muestra del estrato h			

Paso 4 - Fijar un error máximo admisible y nivel de confianza

Para este ejercicio se fijó un error máximo admisible de $\epsilon = 0,05$ y un nivel de confianza del 95% ($Z_{\alpha/2} = 1.96$). El tamaño de la muestra se realizó empleando la siguiente expresión:



Donde:

h : corresponde a la designación de un estrato, $h = 1, 2, \dots, H$

H : corresponde al número total de estratos; en este caso corresponde al número total de actividades económicas consideradas.

W_h : corresponde al peso del estrato h y se calcula así: $W_h = \frac{N_h}{N}$, donde N_h corresponde al tamaño del estrato h.

P_h : corresponde al porcentaje de cumplimiento de la norma de DBO en el estrato h.

q_h : corresponde al porcentaje de incumplimiento de la norma de DBO en el estrato h; por lo tanto, $q_h = 1 - P_h$.

e : corresponde al error máximo admisible que se fija para el cálculo de tamaño de muestra; se expresa como porcentaje.

z: corresponde al valor asociado a un nivel de confianza, si el valor que se fija del nivel de confianza es 95%, el valor de z es 1.96.

N: corresponde al tamaño de la población (número total de establecimientos).

n_o : corresponde a un límite superior de tamaño de muestra.

n: corresponde al tamaño de muestra.

Utilizando la expresión anterior, el tamaño de la muestra (n) es de 72 establecimientos.

Paso 5 - Asignación de tamaño de muestra al interior de cada estrato

Una vez definido el tamaño de muestra (72), se procede a calcular el tamaño de muestra al interior de cada estrato, para lo cual se utiliza la siguiente expresión:



terior de cada estrato, para lo cual se utiliza la siguiente expresión:

Como resultado de la aplicación de la expresión anterior, en la *Tabla 54* se presenta el tamaño de muestra al interior de cada estrato.

Por lo tanto, el tamaño de muestra total sería de 85 establecimientos, teniendo en cuenta que se adicionarían los 13 de inclusión forzosa, al igual que en el Plan de Muestreo Tipo A.

Paso 6 - Selección de establecimientos industriales

Igual que para el muestreo tipo A

Paso 7 - Estimación del porcentaje de cumplimiento de la norma de DBO

Con la información recolectada al interior de cada estrato, se procede a estimar el porcentaje de cumplimiento de la norma de DBO, empleando como variables predictoras: consumo mensual de agua, consumo mensual de energía, número de empleados, caudal del vertimiento, existencia de sistemas de pre-tratamiento, tratamiento primario,

Tabla 54. Número de establecimientos industriales identificados en la encuesta anual manufacturera clasificados como UCH1 y tamaño de muestra

Descripción de la actividad económica	CIIU, Versión 2	Tamaño del estrato (Nh)	Porcentaje de cumplimiento (DBO)	Porcentaje de incumplimiento (DBO)	Tamaño de la muestra con ajuste ¹
Matanza de ganado, preparación y conservación de carnes	3111	35	71.2	28.8	7
Envasado y conservación de frutas, legumbres y vegetales en general	3113	16	45.5	54.5	4
Fabricación de aceite y grasas vegetales y animales, excepto la manteca de cerdo y otras grasas comestibles del ganado	3115	7	81.8	18.2	2
Fabricación de productos lácteos	3112	23	40.0	60.0	5
Productos de molinería	3116	30	10.0	90 ²	4
Fabricación de productos de panadería	3117	126	64.3	35.7	27
Elaboración de cacao y fabricación de chocolate y artículos de confitería	3119	27	66.7	33.3	6
Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas	3131	5	33.3	66.7	2
Industrias vinícolas	3132	8	87.5	12.5	2
Elaboración de productos alimenticios diversos	3121	41	45.5	54.5	9
Elaboración de compuestos dietéticos y otros	3123	3	45.5	54.5	2
Fabricación de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	3134	6	90 ³	10.0	2
Total		327			72

secundario y terciario de aguas residuales en el establecimiento industrial, número de horas diarias con vertimiento y número de días a la semana de funcionamiento del establecimiento industrial.

La estimación se realiza empleando la metodología de Análisis Discriminante. Esta metodología permite asignar a un establecimiento en uno de los dos grupos, el grupo de cumplimiento de la norma o el grupo de incumplimiento de la norma. Esta asignación se realiza dependiendo de la información de las variables predictoras, las cuales pueden cambiar de una actividad a otra.

La metodología de Análisis Discriminante³³ se ilustra en el numeral 7.3, como una de las alternativas para estimar el porcentaje de establecimientos que cumplirían o incumplirían la norma; en particular, la metodología se ilustra para la actividad de Curtido y preparado de cueros.

7.2 Modelo de regresión lineal múltiple

El modelo de regresión múltiple ha sido desarrollado para la actividad industrial de Curtido y Preparado de Cueros; actividad para la cual se realizaron más de doscientos monitoreos. Este modelo permite tener una aproximación en la estimación de la carga de DBO (kg/mes), empleando como variables predictoras preliminares: consumo mensual de agua, consumo mensual de energía, número de empleados, caudal del vertimiento, existencia de sistemas tratamiento, número de horas diarias con vertimiento y número de días a la semana de funcionamiento del establecimiento industrial.

En la *Figura 25* se presentan los pasos que se deben seguir para el desarrollo del modelo.

Paso 1. Selección de datos

Para la construcción del modelo se consideraron 163 datos, de los cuales se seleccionarán aleatoriamente 15, que serán utilizados en la validación del modelo.

Paso 2. Análisis exploratorio

Con el objeto de analizar la interdependencia entre las variables predictoras preliminares de la actividad seleccionada, se realizó con los 163 datos un análisis de componentes principales.

Una vez realizado este análisis y con el fin de seleccionar los datos por incluir en el modelo, se de-

sarrolló un análisis de clasificación, del cual se obtuvo como resultado la eliminación de 5 datos atípicos, por lo que finalmente se utilizaron 158 datos (143 para la construcción del modelo y 15 para la validación).

Paso 3. Construcción del modelo

Para la construcción del modelo se utilizó la siguiente expresión:



Donde:

- Y: corresponde a la variable carga de DBO (kg/mes)
 - X_1 : corresponde a la variable caudal (lt/seg)
 - X_2 : corresponde a la variable consumo de agua (m^3 /mes)
 - X_3 : corresponde a la variable existencia de sistema de tratamiento primario en la descarga; así, esta variable puede tomar dos valores posibles:
 - X_3 : 1: presenta sistema de tratamiento primario
 - 0: no presenta sistema de tratamiento primario
 - ϵ : corresponde a la estructura de error, la cual se supone con distribución de probabilidad normal.
- y $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ corresponden a los parámetros del modelo.

Teniendo en cuenta que cada una de las variables posee una distribución de frecuencias sesgada, se aplicó la transformación logaritmo para buscar “normalidad” en cada una de ellas. Esta transformación temporal deberá ser nuevamente revertida en el momento de comparar la escala real con la estimada.

Paso 4. Estimación de parámetros

Los valores estimados para los parámetros del modelo fueron:



De acuerdo con lo anterior, los valores de carga de DBO se expresan de la siguiente manera:



En la *Figura 26* se comparan los valores reales y estimados en la escala logarítmica para todos los datos incluidos dentro del modelo.

Figura 25. Descripción de los pasos a seguir para el desarrollo del modelo de regresión lineal múltiple

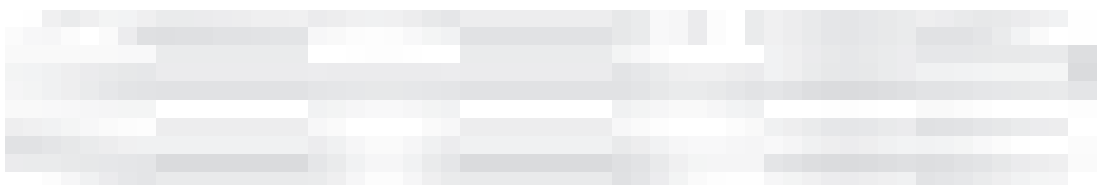


Figura 26. Comparación entre valores reales vs. valores estimados



Tanto los datos reales como los estimados a partir de las variables predictoras fueron clasificados en cuatro niveles (36 datos en los tres primeros niveles y 35 en el cuarto nivel). Los rangos de valores de la carga de DBO (kg/mes) para cada nivel se presentan en la *Tabla 55*.

En la *Tabla 56* se presenta por niveles la relación encontrada entre los valores estimados y los valores reales.

Del análisis de la *Tabla 56* se puede observar que de los 36 valores reales correspondientes al nivel A, el modelo alcanza a estimar con alguna precisión el 61,1% de estos datos. Para el nivel D, se

observa que el modelo alcanza a estimar con buena precisión el 65,7% de los datos.

Los niveles B y C son los que tienen menor habilidad en la estimación, alcanzando solamente una precisión del 38,9% y 27,8% de los datos.

Paso 5. Verificación de supuestos

Con el objeto de establecer la viabilidad y aplicabilidad del modelo se deben verificar tres supuestos:

- (i) Verificar que los residuales tengan distribución normal.
- (ii) Verificar que los residuales no sean correlacionados.
- (iii) Verificar que la varianza de los residuales sea constante.

El residual se define como:

$$r_i = y_i - \hat{y}_i$$

Donde:

r_i : Es la diferencia entre el valor *real* i -ésimo y el valor *estimado* i -ésimo por el modelo.

y_i : Corresponde al logaritmo de la concentración de DBO medida

\hat{y}_i : Corresponde al logaritmo de la concentración de DBO estimada por el modelo.

Paso 6. Validación del modelo

Consiste en estimar a partir de las variables predictoras, el valor de la carga de DBO para los 15 datos seleccionados previamente para la validación del modelo y compararlos con los valores reales obtenidos en el monitoreo.

En la *Figura 27* se presenta la comparación de los valores reales vs. los valores estimados de carga de DBO en la escala logarítmica; en la *Tabla 57*, la comparación de los valores en escala real, donde se puede observar que los valores más altos medidos coinciden con los valores más altos estimados, aunque exista diferencia en el orden de magnitud.

Tabla 55. Rangos de valores de la carga de DBO (kg/mes) para cada nivel

Nivel	Valores reales	Valores estimados
A	$0 \leq DBO \leq 32.18$	$0 \leq DBO \leq 37.07$
B	$32.18 < DBO \leq 147.74$	$37.07 < DBO \leq 90.83$
C	$147.74 < DBO \leq 624.33$	$90.83 < DBO \leq 191.10$
D	$DBO > 624.33$	$DBO > 191.10$

Tabla 56. Relación por niveles entre valores estimados vs. valores reales

Relación entre valores estimados vs. reales					
Valores estimados	Valores reales				Total
	A	B	C	D	
A	22	9	2	2	35
	61.1	25.00	5.6	5.7	
B	10	14	8	4	36
	27.8	38.9	22.2	11.4	
C	2	5	10	6	23
	5.6	13.9	27.8	17.1	
D	2	8	16	23	49
	5.6	22.2	44.4	65.7	
Total	36	36	36	35	143
	25.1	25.1	25.1	24.5	100

Figura 27. Comparación entre valores reales vs. los valores estimados de la carga de DBO en la escala logarítmica



Tabla 57. Comparación entre valores reales vs. valores estimados

Muestreo	Real	Estimado	Residual
1	175,7	107,8	67,9
2	9,5	28,9	-19,4
3	21,0	39,4	-18,4
4	3,7	54,2	-50,5
5	33,8	27,3	6,5
6	19,3	40,0	-20,7
7	60,3	55,8	4,5
8	8,5	44,1	-35,6
9	0,7	2,9	-2,2
10	10,5	41,2	-30,7
11	6257,7	1720,5	4537,2
12	43,5	43,2	0,3
13	3347,1	10768,8	-7421,7
14	310,1	132,2	177,9
15	4252,0	4866,0	-614,0

Al igual que para los 143 datos incluidos en el modelo, los datos reales y estimados fueron clasificados por niveles (4 para los niveles A a C y 3 para el nivel D). Los rangos de valores de la carga de DBO (kg/mes) para cada nivel se presentan en la *Tabla 58*.

En la *Tabla 59* se presenta, por niveles, la relación encontrada entre los valores estimados y los valores reales.

Tabla 58. Rangos de valores de la carga de DBO (kg/mes) para cada nivel (valores reales y valores estimados)

Nivel	Valores Reales	Valores Estimados
A	$0 \leq DBO \leq 9.45$	$0 \leq DBO \leq 40.44$
B	$9.45 < DBO \leq 33.75$	$40.44 < DBO \leq 45.10$
C	$33.75 < DBO \leq 310.08$	$45.10 < DBO \leq 133.17$
D	$DBO > 310.08$	$DBO > 133.17$

Del análisis de la *Tabla 59* se puede observar que de los 4 valores reales correspondientes a los niveles A y C, el modelo alcanza a estimar con alguna precisión el 50,0% de estos datos. Para los niveles B y D, se observa que el modelo alcanza a estimar con una buena precisión el 75% y el 100% de los datos, respectivamente.

Ejemplo:

Para un establecimiento industrial se tiene la información de las siguientes variables predictoras:

Nombre del establecimiento: AACA

Actividad económica CIIU versión 3 A.C.: 1910

Descripción de la actividad: Curtido y preparado de cueros

X_1 : Caudal medido durante la visita (lt/seg): 0.09^{34}

X_2 : Consumo de agua mensual (m^3 /mes): 35

X_3 : No existe un sistema de tratamiento primario: 0

Tabla 59. Relación por niveles entre valores estimados vs. valores reales

Relación entre valores reales vs. estimados					
Valores estimados	Valores reales				Total
	A	B	C	D	
A	2	1	0	0	3
	50	25	0	0	
B	0	3	1	0	4
	0	75	25	0	
C	2	0	2	0	4
	50	0	50	0	
D	0	0	1	3	4
	0	0	25	100	
Total	4	4	4	3	15
	26.67	26.67	26.67	20	100

El primer paso consiste en aplicar la transformación logaritmo base “e” (neperiano) a los datos de las variables consumo de agua y caudal; por lo tanto; se obtienen los siguientes valores:

Logaritmo de caudal, es decir, logaritmo de (0.09 + 1): 0.08
 Logaritmo de consumo de agua: 3.55

El segundo paso es emplear la información de los parámetros estimados (), para calcular la carga de DBO en la escala logarítmica:



El tercer paso es llevar este dato a la escala real:

$$\exp(3.34) = 28.3 \text{ kg/mes}$$

Como se adicionó uno al valor del caudal para efectos de la aplicación de la función logaritmo, el valor estimado de carga es de:

$$(28.3 - 1) = 27.3 \text{ Kg/mes}$$

Comparado este valor con el valor real medido de 34,7 kg/mes, se obtiene un acierto en la estimación del 78,6%.

7.3 Análisis discriminante

Al igual que el modelo de regresión lineal múltiple, el análisis discriminante fue desarrollado para la actividad de Curtido y Preparado de Cueros y teniendo en cuenta el valor de la norma de DBO establecidos por el DAMA (1000 mg/l), creando dos grupos cumplimiento e incumplimiento de la norma.

El modelo propone construir una función discriminante empleando p variables predictoras, así:



Paso 1. Selección de variables predictoras con capacidad de discriminar

Esta etapa consiste en observar cual(es) de las variables predictoras utilizadas tienen la capacidad de discriminar de la mejor manera los dos grupos (cumplimiento o incumplimiento de la norma).

Para la actividad económica Curtido y preparado de cueros, se empleó como variable predictora, la variable caudal (lt/seg).

En el gráfico de cajas (Ver Figura 28) se observan los posibles valores y niveles para cada variable³⁵ teniendo en cuenta los dos grupos señalados. El símbolo identificado con una “+” corresponde al valor del promedio de caudal para uno de los grupos, mientras que los símbolos “?” corresponden a valores atípicos. Se observa la presencia de valores atípicos de caudal en el grupo dos que se representan en el gráfico con el símbolo “?”, es decir, valores aproximadamente mayores que 0,9 lt/seg.

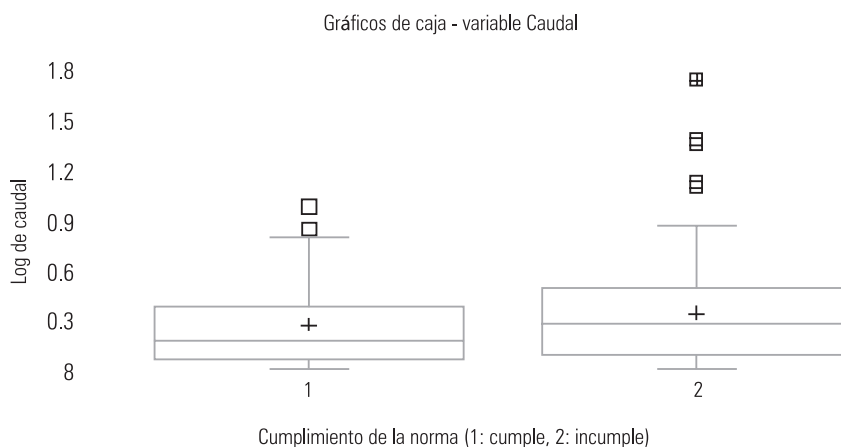
Paso 2. Verificación de supuestos

Para desarrollar el análisis discriminante tipo lineal, se requiere que la variable predictora cumpla los siguientes supuestos:

- (i) Homogeneidad de varianzas en el interior de cada grupo.
- (ii) Normalidad de la variable que discrimina en el interior de cada grupo.

Para aquellos casos en los que la variable predictora no satisfaga el primer supuesto se requerirá desarrollar un análisis discriminante tipo cuadrático.

Figura 28. Comparación de los valores de caudal (log) teniendo en cuenta el análisis discriminante de cumplimiento e incumplimiento de la norma



Paso 3. Bondad de ajuste – habilidad para discriminar

El resultado del análisis discriminante para los 143 vertimientos considerados aplicando la variable predictora caudal, muestra que de los 65 datos reales que cumplen la norma DBO, la función discriminante acierta en 53 casos (81,5%), mientras que para los datos reales que incumplen la norma (78), la función acierta en 18 (23,1%).

Teniendo en cuenta estos resultados, la función discriminante tiene mayor capacidad para diferenciar los casos de cumplimiento de la norma, que los de incumplimiento.

Paso 4. Validación de la función discriminante

Consiste en validar los resultados de la función discriminante para un número de datos seleccionados previamente para este fin. Los resultados mostraron que para los datos reales que cumplen la norma, la función discriminante acierta el 100%, mientras que para los datos reales que incumplen la norma, el nivel de acierto es del 60%.

Bibliografía

- Bogotana de Aguas –BAS-. *Folleto informativo PTAR, El Salitre*, 2001.
- Brown, C., 1998: *Applied Multivariate Statistics in Geohydrology and Related Sciences*, Springer - Verlag, Germany.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS- Proyecto Regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial, Lima, Impresiones CEPIS, 2000.
- Chatterjee, S., Price, B., 1977: *Regression Analysis by Example*, John Wiley & Sons, New York, USA.
- Cohran, W., 1977: *Técnicas de Muestreo*, Compañía Editorial Continental S.A, México.
- Crivisqui, E., 1993: *Análisis factorial de Correspondencias: Un Instrumento de Investigación en Ciencias sociales*, Bruselas, LMTD, Université Libre de Bruxelles, Asunción, Universidad Católica de Asunción.
- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, *Resolución 1074 del 28 de octubre de 1997*, por la cual se establecen los estándares ambientales en materia de vertimientos.
- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, *Resolución 339 de 1999*, por la cual se implementan las unidades de contaminación hídrica, UCH 1 y UCH 2, para el Distrito Capital.
- Engineering Statistics Handbook en internet*: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/boxplot.htm>
- GTZ. *Manual de disposición de aguas residuales*. Lima, Impresiones Cepis, 1998.
- Lebart, L., Morineau, A., & Warwick, KM., 1984: *Multivariate Descriptive Statistical Analysis*, Wiley & Sons., New York, USA.
- Leon G. y Moscoso J. *Curso de tratamiento y uso de aguas residuales*. CEPIS, Lima, 1996.
- Mashav, Cinadco. *Curso Internacional sobre tratamiento, almacenamiento y uso de aguas servidas para el agro*. Shefayim, 1999.
- McDonald, L., Manly, B., 2002: *Workshop on Environmental Statistics*, Memorias del Simposio de Estadística, Estadística Aplicada a Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Colombia
- Mendoca Sergio, 2000. *Sistemas de lagunas de Estabilización*. Bogotá, Acodal, Editorial Mc Graw Hill.
- Metcalfe y Eddy, 1998, *Ingeniería de Aguas Residuales*. Bogotá, Mc Graw Hill
- Ministerio de Agricultura, *Decreto 1594 del 26 de Junio de 1984*, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I del Decreto- Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Ministerio de Desarrollo Económico. *Inventario nacional del sector de agua potable y saneamiento básico*. Tomo I. Bogotá, 1998
- Ministerio del Medio Ambiente, *Decreto 901 del 1 de Abril de 1997*, por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.
- Ministerio del Medio Ambiente, *Resolución 273 del 1 de abril de 1997*, por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).
- Organización Mundial de la Salud. *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura*. Serie de informes técnicos 778. Ginebra, Suiza, 1989.
- Ospina, D., *Muestreo Básico y Aplicaciones* (parte teórica), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas y Estadística.
- Rodríguez Gómez, Juan Camilo, 1988: *El Agua en la Historia de una Ciudad*.
- Romero Humberto, *Water Pollution Control, Estudio de caso, El Valle de Mezquital*, México D.F., PNUMA, CCAIS, OMS, 1997.
- Software SAS, Procedimiento GENMOD. *The Industrial Pollution Projection System en internet*: <http://www.worldbank.org/nipr/ipps/index.htm>
- Van der Steen, Peter, “Waste stabilization pounds”. En: *Memorias Curso sistemas integrados sostenibles para el tratamiento de aguas residuales*, Cali, IHE Delft-Universidad del Valle, 2001.

Notas

- 1 La actividad de Tratamiento y revestimiento de metales, trabajos de ingeniería mecánica en general, realizados a cambio de una retribución o por contrata, presenta, en promedio, tres vertimientos por establecimiento, originados por los procesos que se deben realizar para el desarrollo de esta actividad y por la carencia de un sistema centralizado de tratamiento de aguas residuales industriales.
- 2 En este análisis el número de empleados tenido en cuenta para cada establecimiento fue suministrado por la persona encargada de atender la visita.
- 3 Los datos de consumo de agua y energía para cada establecimiento tenido en cuenta en este análisis, fueron obtenidos de la factura de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y de la Empresa de Energía, respectivamente, los cuales fueron suministrados por la persona encargada de atender la visita.
- 4 Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 2000 - Sección II - Título E
- 5 Ídem.
- 6 Ídem.
- 7 Definición según el RAS 2000 - Sección II - Título E.
- 8 No se cuenta con datos sobre el caudal re-circulado del 32% de ellos. La información sobre caudal re-circulado fue suministrada por la persona encargada de atender la visita.
- 9 Puente Aranda, Kennedy y Fontibón pertenecen a la cuenca del río Fucha.
- 10 Descripción y seguimiento de los parámetros generadores de unidades de contaminación hídrica, UCH, de los sectores productivos de la ciudad de Bogotá D.C., María Fernanda Folleco Villarreal. 2002
- 11 Aplicando la misma densidad al área total de las localidades, el número de habitantes es de 2'000.000. En este mismo caso las proyecciones, para el año 2002, de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) fueron de 1'900.000.
- 12 MOLINA L., OSORIO J., URIBE E. Cerros, Humedales y Áreas Rurales. DAMA. 1997.
- 13 Estas obras en su mayoría ya fueron culminadas.
- 14 En la foto se puede observar la forma como son retirados los lodos presentes en el río, los cuales son generados por procesos de sedimentación debido a las bajas velocidades del río y la amplia sección de éste.
- 15 Los resultados de caudal del río y caudal de los vertimientos no pueden ser relacionados, debido a que los aforos para ambos casos fueron realizados en fechas diferentes.
- 16 La carga presuntiva o superficial de zinc es de 0.4 a 0.6 mg habitante/día. Adicionalmente las llantas contienen ciertas cantidades de zinc, el cual es arrastrado por acción del agua lluvia.
- 17 MOLINA L., OSORIO J., URIBE E. Cerros, Humedales y Áreas Rurales. DAMA. 1997.
- 18 Los resultados obtenidos de caudal del río y de los vertimientos no son comparativos, debido a que las fechas de realización de los aforos fueron diferentes; por lo que no pueden ser relacionados.
- 19 En la foto se puede observar que el río Fucha lleva un fuerte color azul oscuro, procedente de un vertimiento 200 metros arriba del sitio donde fue tomada la foto.
- 20 Aplicando la misma densidad al área total de las localidades, el número de habitantes es de 2'000.000. En este mismo caso las proyecciones, para el año 2002, de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) fueron de 1'900.000.
- 21 Los resultados obtenidos de caudal del río y de los vertimientos no son comparativos, debido a que las fechas de realización de los aforos fueron diferentes, por lo que no pueden ser relacionados
- 22 En aguas residuales domésticas una carga de 12 gr de nitrógeno, por persona, al día implica un consumo de 55 gr de oxígeno en los procesos de oxidación del nitrógeno a nitritos, lo que origina una disminución del Oxígeno Disuelto y un aumento de la DBO.
- 23 Este análisis es efectuado sobre la carga total de DBO y SST y no tiene en cuenta el número de vertimientos, ni los sectores muestreados a lo largo de las diferentes fases.
- 24 La gran industria corresponde a establecimientos industriales con más de 10 empleados y con un valor de producción definido por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) anualmente. Para el año 2000 el límite establecido para el valor de la producción fue de \$ 88'200.000.
- 25 Para los análisis se utilizaron los datos más recientes reportados por el DANE (año 2000) con base en la Encuesta Anual Manufacturera. Se supone que no existe mucha variación entre los datos del año 2000 y los del año 2002, año en el cual se realizó la VI fase del programa de seguimiento de efluentes Industriales y sus Corrientes Superficiales, si se tiene en cuenta la variación observada en los datos reportados por el DANE para la gran industria en Bogotá para los años 1.999 y 2.000, en donde se registraron un total de 2.293 y 2.259 establecimientos, respectivamente.
- 26 Una unidad productiva puede tener más de una descarga para la cual puede existir o no existir sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- 27 En el caso de los microestablecimientos, las estimaciones que se realizan en esta investigación se basan en la densidad de establecimientos por manzana, de acuerdo a una construcción del marco muestral por observación (visita de campo).
- 28 Es importante señalar que de acuerdo con la investigación "Encuesta Nacional de Microestablecimientos por Área" desarrollada por el DANE, el coeficiente de variación estimado que representa el nivel de precisión de la estimación es muy alto (47.11%), por lo tanto es recomendable emplear este valor con restricción. Esta limitación se debe a que el diseño muestral empleado tiene como objetivo principal dar estimaciones a nivel nacional y no a niveles de desagregación por ciudad y dentro de la ciudad a nivel de actividad económica. La estimación del número de microestablecimientos corresponde al año 2002.
- 29 La información de la Encuesta Anual Manufacturera corresponde al año 2000 y la información de la VI Fase corresponde al año 2002. Se supone que para esta comparación no existen cambios significativos entre los dos años.
- 30 La información de la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales se recolectó teniendo en cuenta el sistema de clasificación CIU, versión 3, y la información de la Encuesta Anual Manufacturera está expresada en el CIU, versión 2; por lo tanto para estimar la variabilidad al interior de cada estrato se realizó la equivalencia entre las dos clasificaciones.
- 31 Este error admisible se fijó arbitrariamente; una manera alterna de hallar un tamaño de muestra es iniciar el proceso de cálculo con el valor del presupuesto disponible.
- 32 Para esta etapa es necesario contar con el listado de establecimientos industriales identificados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE o de manera alterna se podría emplear el listado de establecimientos industriales suministrado por la Cámara de Comercio, o en su defecto sería necesario tener un marco construido por el Departamento Administrativo del Medio Ambiente, DAMA.
- 33 El análisis discriminante que se plantea se define empleando únicamente variables predictoras cuantitativas, por lo tanto, las variables cualitativas como existencia en el establecimiento de sistemas de tratamiento se emplearían con propósitos de seguimiento y control.
- 34 Antes de aplicar la transformación logaritmo a los datos, se sumó el valor de 1 a las variables caudal, debido a que un valor menor de 1, originaría valores negativos al aplicar la función logaritmo.
- 35 Previamente se aplicó la transformación logaritmo al caudal para obtener simetría en la distribución de la variable.

Glosario

Aguas residuales: Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

Ambiente aerobio: Proceso que requiere, o no es destruido por la presencia de oxígeno.

Ambiente anaerobio: Proceso desarrollado en ausencia de oxígeno molecular.

Ambiente anóxico: Ambiente bioquímico en el cual no existe oxígeno molecular pero existe oxígeno en forma combinada, como nitratos y nitritos.

Análisis de regresión (lineal múltiple): Modelo estadístico que explica la alteración de una variable teniendo en cuenta la información de otras variables cuantitativas, denominadas predictoras o explicativas.

Análisis discriminante: Modelo estadístico que clasifica a un elemento en uno de dos o más grupos previamente establecidos; el proceso de clasificación se realiza teniendo en cuenta la información de otras variables denominadas predictoras o explicativas.

Bacteria: Organismo microscópico unicelular, rígido, carente de clorofila, que desempeña una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.

Biodegradación: Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

Carga orgánica: Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Carga superficial: Caudal o masa de un parámetro por unidad de área y de tiempo, que se emplea para dimensionar un proceso de tratamiento ($m^3/(m^2 \text{ día})$, kg DBO/(ha día).

Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU): Establece una clasificación uniforme de las actividades económicas del país, siendo un instrumento fundamental del proceso de producción de estadísticas para cada uno de los sectores económicos.

Coniformes: Bacterias gram negativas de forma alargada, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 o 37 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44 o 44.5 °C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.

Concentración: Concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido; la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

Cuenca: Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente que confluyen en un curso mayor que, a su vez,

puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas

Desinfección: Destrucción de bacterias y virus de origen fecal en las aguas residuales, mediante un agente desinfectante.

Desviación estándar: Medida estadística de variabilidad. Para una muestra de n datos, la desviación estándar de una muestra se denota como e indica la fluctuación de los datos respecto al promedio de la muestra y se estima como la raíz cuadrada de la varianza.

Diseño Muestral: Conjunto de etapas que se planean para el cálculo de un tamaño de muestra, teniendo en cuenta características de la población, costos de recolección de la información, nivel de precisión y nivel de confianza. El diseño permite realizar estimaciones de parámetros de interés a nivel poblacional.

Estrato: Corresponde a una separación o división de los elementos que conforman una población en grupos que no se superponen o trasladan y que se caracterizan por ser grupos homogéneos respecto a su varianza y heterogéneos entre ellos, es decir, si se comparan dos o más grupos.

Filtro anaerobio: Columna colmada con varios tipos de medios sólidos usados para el tratamiento de la materia orgánica carbonácea en aguas residuales.

Filtro percolador: Tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto, en la gran mayoría de los casos, de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, de alta relación área/volumen, sobre el cual se aplican las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles. Este es un sistema de tratamiento aerobio.

Límite inferior asociado a un valor atípico: Se denota como y permite definir un valor atípico inferior si un valor de la variable es menor que -1.5.

Límite superior asociado a un valor atípico: Se denota como y permite definir un valor atípico superior si un valor de la variable es mayor que +1.5.

Lodo: Suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

Lodos activados: Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

Metales pesados: Elementos tóxicos que tienen un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a $5,0 \text{ g/cm}^3$. Por ejemplo: plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel y zinc.

Marco muestral: Hace referencia al conjunto de elementos que conforman una población, generalmente éste corresponde a un listado de elementos o unidades geográficas. A partir de este listado se extrae una muestra para propósitos de estimación.

Muestra compuesta: Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

Muestra integrada: Análisis de muestras instantáneas tomadas simultáneamente en diferentes puntos o tan cerca como sea posible. La integración se hace de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra.

Oxígeno disuelto: Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/l.

pH: Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno, en moles por litro.

Planta de tratamiento (de agua residual): Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

Población equivalente: Población estimada al relacionar la carga total o volumen total de un parámetro en un efluente (DBO, sólidos en suspensión, caudal) con el correspondiente aporte per capita (kgDBO/hab/día), l/hab/día.

Pre-tratamiento: Proceso de tratamiento localizado antes del tratamiento primario.

Primer cuartil o percentil 25: Corresponde a una medida estadística de localización empleada para una variable tipo cuantitativa. Para una muestra de n datos, el primer cuartil corresponde a un valor de tal forma que el 25% de los datos de la muestra son menores o iguales a este valor .

Rango intercuartílico: Medida estadística relacionada con la variabilidad o fluctuación de los datos; esta estadística, que se denota , se estima como la

diferencia entre el valor del tercer cuartil y primer cuartil y es útil para comparar dos o más muestras de datos.

Re-circulación: Es la incorporación al proceso productivo de cierta cantidad de agua que ha sido previamente utilizada dentro de éste.

Sedimentación: Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto con los sólidos sedimentables precipita materia orgánica del tipo putrecible.

Segundo cuartil o mediana: Corresponde a una medida estadística de localización empleada para una variable tipo cuantitativa. Para una muestra de n datos, el segundo cuartil corresponde a un valor , de tal forma, que el 50% de los datos de la muestra son menores o iguales a este valor .

Sólidos sedimentables: Materia sólida que sedimenta en un periodo de 1 hora.

Tercer cuartil o percentil 75: Medida estadística de localización empleada para una variable tipo cuantitativa. Para una muestra de n datos, el tercer cuartil corresponde a un valor , de tal forma, que el 75% de los datos de la muestra son menores o iguales a este valor .

Tratamiento primario: Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual.

Tratamiento secundario: Tratamiento directamente responsable de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos y utiliza microorganismos para la degradación de la materia orgánica.

Tratamiento Terciario: Proceso fisicoquímico o biológico usado para alcanzar un grado de tratamiento superior al del tratamiento secundario.

Toxicidad: Propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

Unidades de Contaminación Hídrica (UCH): Resultante de la relación del valor de la norma de vertimientos respecto al resultado de la caracterización, siendo clasificados en dos grupos.

UCH 1: Grupos empresariales que no vierten sustancias de interés sanitario.

UCH 2: Grupos empresariales que vierten sustancias de interés sanitario.

Valor atípico o Outlier: Corresponde a un valor de una variable tipo cuantitativo que es menor que un umbral o límite inferior y se llamará atípico inferior o que es mayor a un umbral o límite superior y se llamará atípico superior.

Variabilidad: Fluctuación de los datos respecto a una medida estadística de localización; una alternativa de estimar la variabilidad es mediante la varianza.

Varianza: Medida estadística de variabilidad. Para una muestra de n datos, la varianza de una muestra

se denota como s , e indica la fluctuación de los datos respecto al promedio de la muestra.

Vertimiento: Cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

Vertimiento no puntual: Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso; tal es el caso de vertimientos provenientes de los humedales, escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

Volumétrico: El aforo volumétrico consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de éste. Es útil para el aforo de vertimientos puntuales de pequeño tamaño.

Zona de mezcla: Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.