



## CARACTERIZACIÓN DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN EL RÍO ATOYAC, MÉXICO.

### Pilar Saldaña Fabela <sup>(1)</sup>

Maestría en Ciencias de la UNAM. Con experiencia en Estudios de Calidad del agua, Malezas Acuáticas, Limnología, Bioindicadores y Ecotoxicología. Jefe de Oficina del Departamento de Bioecología en el CIECCA de SARH, 1985-89. Investigador desde 1989-2001 en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Subcoordinadora de 2001 a la fecha. Autor de 28 Informes técnicos y 38 artículos en revistas nacionales e internacionales especializadas y 4 manuales.

### Ma. Antonieta Gómez Balandra <sup>(2)</sup>

Maestría en Recursos Ambientales por la Universidad de Salford. Experiencia en Evaluación de Impacto Ambiental en proyectos hidráulicos y hidroeléctricos. Profesora de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Autor de 16 informes técnicos, 42 artículos de congresos, revistas nacional e internacional. Participación en 3 libros relacionados con temas ambientales y participante del Programa LEAD Internacional.



1

Dirección 1 y 2. Paseo Cuauhnáhuac 8532, col. Progreso. C.P. 62550. Jiutepec, Morelos. Tel. 01 777 3 19 42 99. Fax 01 777 3 20 86 38. E mail: psaldana@tlaloc.imta.mx

### RESUMEN

Es claro que los problemas de contaminación en los cuerpos de agua, se deben principalmente a las descargas puntuales que son vertidas sin previo tratamiento, y a las que pasan por algún proceso de tratamiento remueven ligeramente los contaminantes, debido a una baja eficiencia de remoción, o bien a que el sistema de tratamiento no es el adecuado para el tipo de compuestos que se descargan. En México la normatividad establece que las descargas deben de cumplir con los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996, la cual enlista a ocho básicos, nueve metales pesados y un microbiológico. El objetivo del estudio fue el determinar la calidad del agua de las fuentes puntuales de contaminación que son aportadas al río Atoyac, Puebla y su cumplimiento con la normatividad vigente. Se realizaron muestreos de las descargas industriales para identificar aquellos parámetros que sobrepasaron la norma, asimismo, se incluyó el análisis de toxicidad con *Vibrio fischeri* para evaluar la mezcla de contaminantes de la descarga y contar con información de un parámetro que integra los probables efectos adversos que se presenten en cuerpo receptor. De las 23 descargas industriales evaluadas, en 18 (78%) no se cumplió con lo establecido en la norma, ya sea para alguno de los parámetros básicos como para metales pesados, lo cual indica que los sistemas de tratamiento no están removiendo o degradando la carga contaminante. De las 23 descargas industriales, en el 74% de ellas se presentaron niveles de toxicidad que oscilaron de 2 hasta 1165 UT y que las clasifican como tóxicas a altamente tóxicas. De este porcentaje el 46% (17 descargas) corresponden al giro industrial textil. En el 37% de las descargas de los giros, metalúrgico, químico, farmacéutico, alimenticio, entre otros también se detectó toxicidad y en el 16% restante no se detectó ningún efecto tóxico en los organismos de prueba. Tomando en cuenta los resultados obtenidos, es claro que las aportaciones de contaminantes que llegan al río Atoyac, Puebla, deterioran la calidad del agua del río y que las industrias están teniendo bajas eficiencias de remoción de contaminantes. Se recomienda adicionar el análisis de toxicidad dentro de la norma, para establecer un límite permisible que integre la mezcla de contaminantes que se descargan y que afectan al sistema acuático.

**PALABRAS CLAVES:** Fuentes puntuales de contaminación, calidad del agua, toxicidad.

## **INTRODUCCIÓN**

Es claro que los problemas de contaminación en los cuerpos de agua, se deben principalmente a las descargas puntuales que son vertidas sin previo tratamiento, y a las que pasan por algún proceso de tratamiento remueven ligeramente los contaminantes, debido a una baja eficiencia de remoción, o bien a que el sistema de tratamiento no es el adecuado para el tipo de compuestos que se descargan. Para que tanto las industrias como los municipios mejoren sus sistemas de tratamiento y/o en su caso inviertan en infraestructura que les asegure la remoción de los contaminantes, el estudio de clasificación del cuerpo receptor debe realizarse caracterizando todas las fuentes de contaminación que son aportadas al río, así como determinar la calidad del agua del río antes y después de la descarga para establecer la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo de agua, como lo estipula la Ley de Aguas Nacionales en su artículo 87 (CNA, 2004) y sus Reglamentos. Por otro lado, el cuerpo de agua de acuerdo a sus usos y aprovechamientos se clasifica estableciéndose los límites máximos permisibles de contaminantes como lo marca el artículo 278-A de la Ley Federal de Derechos (CNA, 2005). Con la información generada de las fuentes puntuales y la comparación de los límites máximos permisibles de la normatividad vigente (NOM-001-SEMARNAT-1996), se estima la carga de contaminantes que recibe el río para determinar la capacidad de asimilación del río. La clasificación del cuerpo receptor identificará los tramos de mayor contaminación y las descargas que están impactando la calidad del agua, de tal forma que se detecte la descarga o descargas que deterioran la calidad del cuerpo de agua y se determine el tratamiento más adecuado, así como mediante la publicación de la Declaratoria de Clasificación en el Diario Oficial de la Federación, los generadores de las descargas tanto privadas como públicas o municipales se involucren para mejorar las condiciones de calidad del agua del cuerpo receptor a nivel de subcuenca y cuenca.

## **OBJETIVO**

Determinar la calidad del agua de las fuentes puntuales de contaminación que son aportadas al río Atoyac y su cumplimiento con la normatividad vigente.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

El Estado de Puebla se localiza en la región administrativa IV Balsas que está constituida por la región hidrológica No. 18. Tiene una superficie hidrológica de 117,405 km<sup>2</sup>, distribuidos en tres subregiones de la siguiente manera: Alto Balsas 50,409 km<sup>2</sup>, Medio Balsas 31,951 km<sup>2</sup> y Bajo Balsas 35,045 km<sup>2</sup>. La caracterización de las descargas se realizó en el Alto Balsas, el cual recibe la mayoría de las descargas de la cuenca y en donde se ubican tres Estados del centro del país, de éstos el de Puebla cuenta con varios parques industriales que se ubican en dicha zona. En el estado de Puebla se estima un volumen de descarga de aguas residuales que afectan a los ríos Atoyac y Alseseca de 119.4 Mm<sup>3</sup> al año. En materia de administración del agua, de acuerdo con la información obtenida del Padrón de Usuarios del Agua, existen registrados en el REPDA, en la región 8,214 usuarios de aguas superficiales, que aprovechan en 12,832 instalaciones y se tiene registrado un volumen anual cercano a los 42,684 Mm<sup>3</sup> que no corresponden a los resultados del Balance, de este universo de usuarios, 2,256 tienen títulos de concesión, por un volumen anual de aproximadamente 1,612 Mm<sup>3</sup>.

En materia de aguas residuales, el padrón registra 1,756 usuarios, con 7,453 descargas que al amparo de 110 permisos por 153,640 Mm<sup>3</sup>, vierten anualmente a diversos cuerpos receptores un volumen anual aproximado de 727,319 Mm<sup>3</sup> (CNA, 1999).

El río Atoyac se forma a partir de los deshielos que descienden, desde altitudes superiores a los 4 000 m del flanco oriental del volcán Iztaccíhuatl, en los límites de los estados de México y Puebla. En su recorrido recibe varias aportaciones relevantes por una y otra margen, como son los ríos Nexapa, Mixteco, Acatlán, Zahuapan, Alseseca y otros. En la ciudad de San Martín Texmelucan, Pue., las aguas de dicha corriente y sus afluentes se aprovechan en las actividades agrícolas, domésticas e industriales (INEGI, 1987).

## METODOLOGÍA

Se analizó la información contenida en el REPDA del estado de Puebla, en los estudios de clasificación de los ríos Atoyac y Alseseca, así como en los permisos de descarga y títulos de concesión existentes en la Gerencia Estatal. Se procedió a clasificar la información de acuerdo al giro industrial y posteriormente de acuerdo al cuerpo receptor. Estas clasificaciones permitieron establecer los volúmenes descargados por cada uno de ellos, así como la importancia de los giros por volumen de generación.

En el campo se geoposicionaron las descargas y se verificó su origen. Una vez localizados los puntos de las principales descargas contaminantes a los cuerpos de agua, se llevaron a cabo recorridos de campo identificando a los usuarios que originan la contaminación, levantando el croquis del origen, recorrido y destino de las descargas, donde se señale el cuerpo de agua principal al que confluyen (Figura 1).

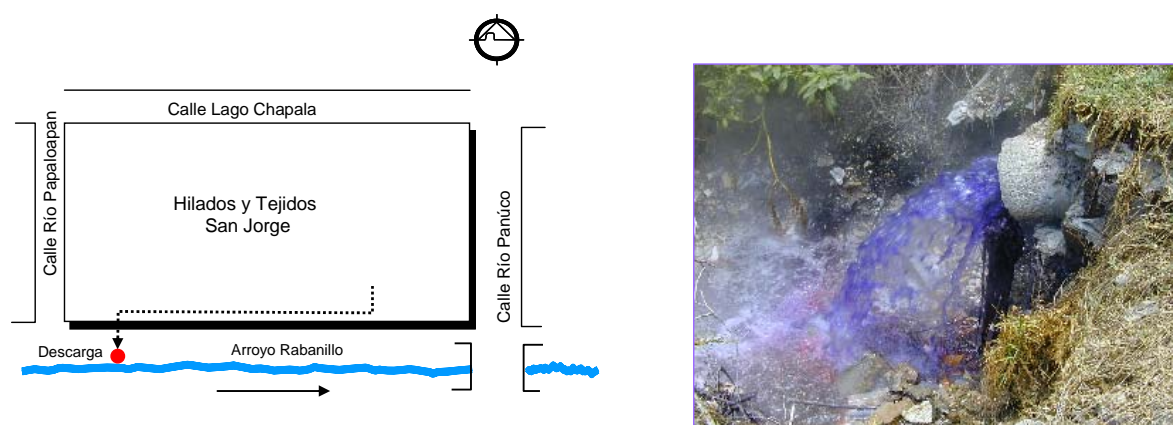


Figura 1. Croquis de localización de la descarga y cuerpo receptor.

Con las localizaciones y selección de las descargas, se llevó a cabo un muestreo instantáneo de aguas residuales más importantes que se detectaron en los puntos de vertido al cuerpo receptor. En cada una de las descargas se tomaron parámetros de campo como oxígeno disuelto, conductividad, temperatura del agua y pH. Así mismo, se tomaron las muestras de agua para el análisis de DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total, fósforo total, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc; los cuales cubren los requerimientos para las descargas que son vertidas a un cuerpo receptor y que se establecen en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Adicionalmente se determinaron DQO y el análisis de toxicidad utilizando a la bacteria *Vibrio fischeri*, dado que la primera nos da información del grado de sustancias recalcitrantes que no son biológicamente degradadas y la segunda nos brinda información de los efectos que causa la descarga en la población bacteriana y que por la mezcla de contaminantes que se aportan al río, se pueden esperar efectos adversos significativos en la fauna y flora acuática.

En las tablas 1 y 2 se presentan los equipos empleados y los métodos de referencia de los análisis realizados.

Tabla 1. Métodos utilizados en la determinación de parámetros ambientales.

PARAMETRO	EQUIPO	RANGO	PRECISION
Potencial de Hidrógeno	Potenciómetro Orion	0-14 unidades	± 0.02 un.
Oxígeno disuelto, temperatura y conductividad	Oxímetro YSI 85	0 a 20 mg/L 0 – 200% aire sat. 0 - 100 °C -2 a 50 °C	± 0.3% mg/L ± 0.2% sat. de aire ± 0.05 de 0 - 70 °C ± 1, más el error de la sonda

Tabla 2. Métodos utilizados en la determinación de parámetros fisicoquímicos, y toxicológicos de calidad del agua.

PARAMETRO	METODO Y REFERENCIA
Sólidos suspendidos totales (SST)	NMX-AA-34, 1981
Plomo, zinc, cobre, arsénico, mercurio, cadmio, níquel, cobre	Espectrofotometría de absorción atómica. Standard Methods, 1992, 18, ed.
Fósforo Total	NMX-AA-29,1982
Nitrógeno total Kjeldahl	IMTACAQAF6-27
Demanda Química de Oxígeno	NMX-AA-30-1981
Demanda Bioquímica de Oxígeno	NMX-AA-28-1981
Sólidos sedimentables	NMX-AA-4-1977
Toxicidad	Toxicidad aguda con <i>Photobacterium phosphoreum</i> . Microtox® NMX-AA-112-1995-SCFI

Como parte importante del análisis en las descargas se analizó toxicidad mediante el protocolo aprobado por la normatividad nacional que es la Norma Mexicana NMX-AA-112-1995-SCFI, la cual es de aplicación voluntaria.

La prueba de toxicidad utiliza a la bacteria luminiscente *Vibrio fischeri* (antes *Photobacterium phosphoreum*) y consiste en que cuando existe la presencia de uno o varios tóxicos en la muestra (descarga) la emisión de luz que produce este organismo decae de forma proporcional a la concentración del o los contaminantes de la muestra. El efecto es calculado en términos porcentuales respecto al abatimiento de la emisión luminosa. Posteriormente se calculan las unidades de toxicidad dividiendo cien entre la concentración efectiva media (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de toxicidad basada en Unidades de Toxicidad (UT).

Toxicidad (UT)	Clasificación	Concentración efectiva (CE <sub>50</sub> ) %
> 4	Muy tóxico	>75
2 - 4	Tóxico	50 - 75
1.33 – 1.99	Moderadamente tóxico	25 – 50
< 1.33	Ligeramente tóxico	< 25

Finalmente, de acuerdo con los resultados de laboratorio, se clasificaron a las empresas a partir de los valores de toxicidad, además de comparar los resultados instantáneos de los contaminantes básicos con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

## RESULTADOS

De las 522 descargas registradas en el Estado de Puebla, se tienen que 168 corresponden a industrias y 132 a municipales que vierten sus aguas residuales a un cuerpo receptor, las restantes lo hacen al subsuelo, infiltración o pozos de absorción.

De las descargas municipales e industriales que se generan en el municipio de Puebla y que descargan al río Atoyac o al río Alseseca o ha Barrancas y que confluyen a alguno de estos dos cuerpos receptores se tienen 115 descargas registradas.

Los principales giros industriales en la zona de estudio son textil, petroquímico, automotriz, metalmecánica, bebidas y químico (Figura 2).

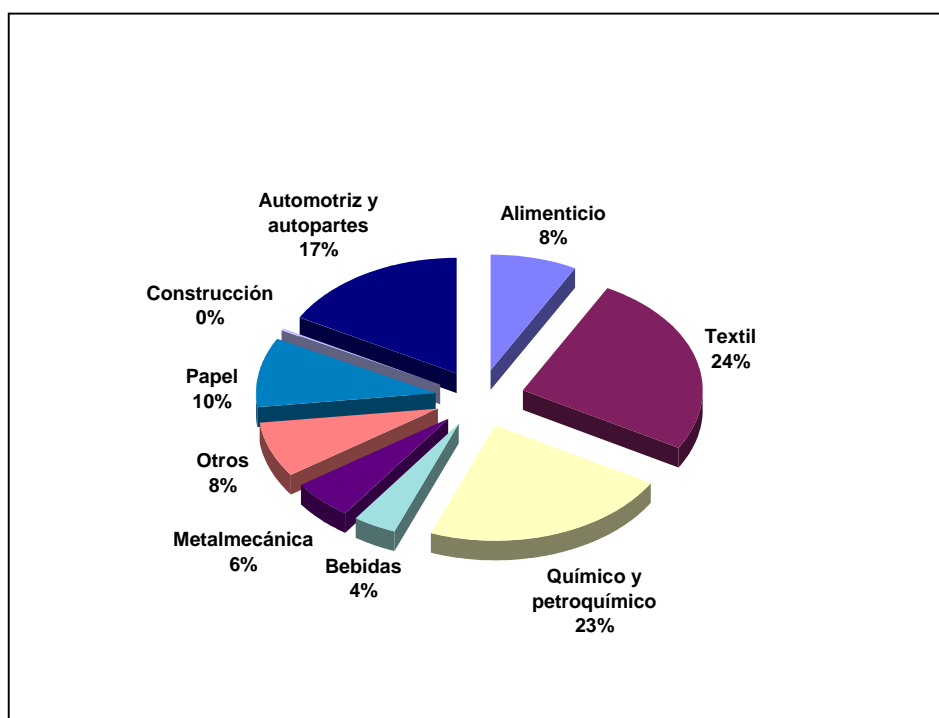


Figura 2. Principales giros industriales en la cuenca del río Atoyac.

Describiendo los giros por importancia, en cuanto al volumen de descarga producido, se tiene que el giro textil es el principal generador de aguas residuales. De acuerdo a la información disponible, se tienen registradas 48 descargas de este tipo, cuyo volumen de descarga se estima en aproximadamente 6340 m<sup>3</sup>/d.

De los resultados obtenidos en el río Atoyac, 18 descargas industriales (78%) sobrepasan lo establecido en la norma señalada y en la tabla 4 se presentan los límites máximos permisibles que deben de cumplir.

Los principales parámetros que se rebasan fueron: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) seguida por los sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, sólidos sedimentables, plomo, cromo, fósforo total, cadmio y zinc (Tabla 5).

Tabla 4. Límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996

G y A	SS T	DBO <sub>5</sub>	N-Tot	P-Tot	As	Cd	CN <sup>-</sup>	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
15	75	75	40	20	0.1	0.2	1.0	4.0	0.5	0.005	2.0	0.2	10

Tabla 5. Industrias que exceden los parámetros básicos y metales de la NOM-001-SEMARNAT-1996 en el Río Atoyac

Industria	NT	PT	SST	DBO <sub>5</sub>	S. Sed.	Plomo	Cromo	Cadmio	Zinc
Industrias Viter	X			X					
Covadonga	X			X	X				
La Gaviota	X		X	X		X			
Aceitera El Paraíso	X		X	X	X				
IMEXA	X	X	X	X		X			
El Rastro	X		X	X	X				
Tenería Continental	X		X			X	X		
CIBA GEIGY	X			X	X				
Chip's Ricolino			X	X	X				
Tejidos y Acabados M y M			X	X	X				
Acabados Texmelucan			X	X		X			
Polímeros del Centro			X						
Santa Julia Cerámica			X			X			
Terminal Final				X	X				
AZT International				X					
Qualitel				X					
Crisol				X					
De Acero				X		X	X	X	X

De las 23 descargas industriales, en el 74% de ellas se presentaron niveles de toxicidad que oscilaron de 2 hasta 1165 UT y que las clasifican de tóxicas (2 UT) hasta altamente tóxicas (> 4 UT). De este porcentaje el 46% (17 descargas) corresponden al giro industrial textil. En el 37% de las descargas compuestas por los giros, metalúrgico, químico, farmacéutico, alimenticio, entre otros, también se detectó toxicidad y en el 16% de las descargas no se detectó ningún efecto tóxico en los organismos de prueba.

De las 23 fuentes puntuales de contaminación caracterizadas por giro industrial y que sobrepasaron los límites permisibles de los parámetros básicos, el giro textil es el que no cumple con un mayor número de los límites permisibles, seguido del alimenticio y el de curtiduría que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Número de descargas que sobrepasan los límites de la NOM-001-SEMARNAT-1996

GIRO INDUSTRIAL	RÍO ATOYAC						
	NT	PT	SST	S.sed	DBO <sub>5</sub>	pH	T°
Textil	3		4	3	10	1	2
Alimenticia	3	1	4	3	4		
Curtiduría	1		1		1		
Farmacéutica	1			1	1		
Metalúrgica					1	1	
Química			1				
Armadora					1		
Cerámica			1				

Es importante hacer notar que aún cuando el parámetro de color no está contemplado en la norma (NOM-001-SEMARNAT-1996), en especial en esta subcuenca, resulta indispensable regularlo para mejorar la calidad del agua, ya que la coloración del cuerpo receptor durante los muestreos fue variando a simple vista desde rojo, amarillo y azul marino. Por lo que sería conveniente que se revisara la regulación de este parámetro en la norma de descargas, o bien se estableciera en las condiciones particulares de descarga o en la revisión de los títulos de concesión.

El parámetro de toxicidad también sería conveniente que se regulara como un parámetro integrador del efecto de la mezcla de todos los compuestos que son descargados por las industrias.

El tramo del río que corresponde a la zona urbano industrial y que es en donde se concentran los Parques Industriales, barrancas y afluentes, es en donde las fuentes puntuales de contaminación impactan la calidad del agua, identificándose que en pocos sistemas de tratamiento se disminuye ligeramente la contaminación, debiéndose promover una mejora sustancial en los sistemas de tratamiento.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el río Atoyac el principal giro industrial que rebasó los parámetros de norma fue el textil seguido del alimenticio.

Los límites máximos permisibles de los parámetros básicos de la norma, en la mayoría de las fuentes puntuales se rebasan, por lo que sus sistemas de tratamiento no disminuyen la carga orgánica.

A nivel de la subcuenca, para que el cuerpo receptor reciba un aporte de contaminantes que pueda degradar, las fuentes puntuales como mínimo deben de cumplir con la norma vigente.

Se recomienda que para la industria textil y alimenticia, al menos en la zona de la subcuenca del Atoyac, se exija el control del parámetro de color y se establezca un límite para tratar de restaurar la calidad del agua del cuerpo receptor que actualmente se encuentra muy afectado por este parámetro.

Con los resultados de toxicidad se podría considerar que si una descarga es tóxica, entonces está no podría ser liberada al cuerpo receptor, ya que esto ocasionaría un impacto a las comunidades acuáticas y por lo tanto la descarga significaría un riesgo ecológico significativo para la vida acuática. Por su importancia la toxicidad ha sido incorporado en muchos estándares de calidad del agua de varios países como Estados Unidos, Canadá y en algunos países Europeos, por lo que es de suma importancia que el análisis de toxicidad sea tomado en cuenta dentro de la normatividad mexicana y después de un análisis por giro industrial establecer e incorporar algún valor límite que pueda ser cumplido por las industrias para evitar el deterioro en la calidad del agua de los cuerpos receptores, proteger a las comunidades de los sistemas acuáticos y en la mayoría de los casos tratar de recuperar la calidad del recurso hídrico.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Diario Oficial de la Federación, *Criterios Ecológicos de Calidad del Agua*, 13 de diciembre, México, 1989.
2. Diario Oficial de la Federación, NOM-001-SEMARNAT-1996, Norma Oficial Mexicana, Que establece los límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.
3. Comisión Nacional del Agua (CNA), *Ley Federal de Derechos en Materia de Agua*, México, 2005.
4. CNA, 1999, *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*, México, 2004.
5. CNA, 1998, Gerencia Estatal en INEGI, *Anuario estadístico del estado de Puebla*, México, 1998.
6. CNA, 1999, *Lineamientos Estratégicos de la Región IV, Balsas*, México 1999.