

## Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución

Cecilia Jáuregui-Medina<sup>1\*</sup>, Santiago Ramírez-Hernández<sup>2</sup>, Miguel A. Espinosa-Rodríguez<sup>2</sup>, Raúl Tovar-Rodarte<sup>1</sup>, Beatriz Quintero-Hernández<sup>1</sup> e Imelda Rodríguez-Castañeda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas. Universidad Autónoma de Nayarit  
Blvd. Tepic-Xalisco. Cd. de la Cultura Amado Nervo. Tepic, Nayarit.*

<sup>2</sup> *Área de Ciencias Básicas e Ingenierías. Universidad Autónoma de Nayarit  
Blvd. Tepic-Xalisco. Cd. de la Cultura Amado Nervo. Tepic, Nayarit.*

Recibido 10 Noviembre 2006 revisado 17 Marzo 2007, aceptado 22 Marzo 2007

---

*Impact of wastewater discharges on the quality of Mololoa River (Nayarit, Mexico) and management proposals*

### Abstract

A relevant problem related to water in the suburbs located in Tepic-Xalisco, Nayarit Mexico is the pollution of the Mololoa River. Due to insufficient and inadequate treatment of the city's wastewater, the quality of Mololoa River's water is being constantly affected. In order to evaluate the effect of wastewater drainer some studies on the Mololoa River were developed. The water quality index (WQI) and the efficiency of wastewater treatment plant were obtained by using official data on strategic parameters. The flow was sampled and measured in three different points in reference to the drainer position: Up river (at Pantanal), down river (at La Escondida) and at the drainer position itself. With these data, the Streeter and Phelps' model for critic oxygen deficit was used to propose the maximum biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) that has been regulated by the city's laws.

The WQI up and down river at the drainer position was 62.5 and 36.3 respectively. In spite of the efforts of the city's authorities in the treatment of wastewater, the efficiency of wastewater treatment plant was not enough. Because of this, the tourism, agriculture and fishing are being affected as well, causing in the area a negative impact on the regional economical development. Finally, and considering the real drainer volume, the flow's characteristics and the use of the water, a water treatment plant is required to deplete a minimum volume of 1300 l/s with a maximum BOD of 17.25 mg/l is necessary to prevent a higher damage to the flow of Mololoa River.

With these results, a division of the wastewater treatment plant by areas is suggested, and the implementation of an environmental education, and an integral program to improve the civic culture related to water use. The development of an indicator system to evaluate the decisions made about water is proposed, and the development of a new project for drainage distribution system as well.

*Keywords:* impact, wastewater, Mololoa River.

### Resumen

Un problema relevante en relación con el agua en la zona conurbana Tepic-Xalisco es la contaminación del río Mololoa, debido al tratamiento insuficiente e inadecuado de las descargas de aguas residuales municipales, lo que ha provocado cambios significativos en la calidad del agua de la corriente. A partir de datos oficiales se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río, así como la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales. Para evaluar el impacto que genera la descarga de aguas residuales municipales se analizó y se midió el gasto de la corriente aguas arriba de la descarga, en la descarga misma y aguas abajo de la descarga. Con los gastos y calidad del agua del cuerpo receptor y de la descarga, se aplicó la expresión de déficit crítico de oxígeno del modelo de Streeter y Phelps y a partir de los datos obtenidos, se propone la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) máxima de descarga que debe regularse en la carga contaminante que se vierte en el río. El ICA del río a la altura de Pantanal, antes de su ingreso a la ciudad de Tepic, es de 62.5; mientras que a la altura de La Escondida, después de haber recibido la descarga de aguas residuales de la ciudad de Tepic, es de 36.3. Con respecto a la planta de tratamiento, existe un esfuerzo por parte del municipio por tratar el agua residual generada de la ciudad de Tepic; sin embargo, se concluye que no es suficiente. Como resultado de la contaminación que recibe el río, se afecta el turismo, la agricultura y la pesca de la zona de influencia, limitando con esto el desarrollo económico de la región. Considerando el volumen actual descargado, las características de la corriente y el uso del cuerpo de agua, se requiere una planta de tratamiento de agua para depurar un volumen

---

\* Autor para correspondencia

E-mail: bqh2@hotmail.com; tel. y fax: 01(311) 211-88-00 ext. 8755

mínimo de 1300 l/s con una DBO<sub>5</sub> máxima en el efluente de 17.25 mg/l a fin de que no sufra más deterioro este cuerpo de agua. Se sugiere dividir por regiones el tratamiento de agua residual de la ciudad de Tepic; que se cumpla la normatividad en materia de descarga de aguas residuales; proyectar y desarrollar nuevos sistemas de drenaje y alcantarillado; así como implementar un programa integral de educación ambiental para mejorar la cultura del uso del agua y, finalmente, el desarrollo de un sistema de indicadores para la evaluación del desempeño de la toma de decisiones en materia de agua.

*Palabras clave:* impacto, aguas residuales, río Mololoa.

## Introducción

El deterioro general del agua en la subcuenca del río Mololoa, es producto de la presión que ejerce la población que radica en esta zona. La Región Centro de Nayarit (Figura 1), conformada por los municipios de Tepic y Xalisco, registró en el año 2000, un total de 342,840 habitantes asentados sobre una extensión territorial aproximada de 2,068

km<sup>2</sup> que representan el 7.4% de la superficie total del estado, constituyendo la región más pequeña en lo que a extensión territorial respecta y la más importante en términos económicos y sociales. De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000, aplicado por el INEGI, esta región, concentra el 37.26% de la población estatal. La cercanía de las cabeceras municipales de Tepic y Xalisco, propicia un suceso trascendente

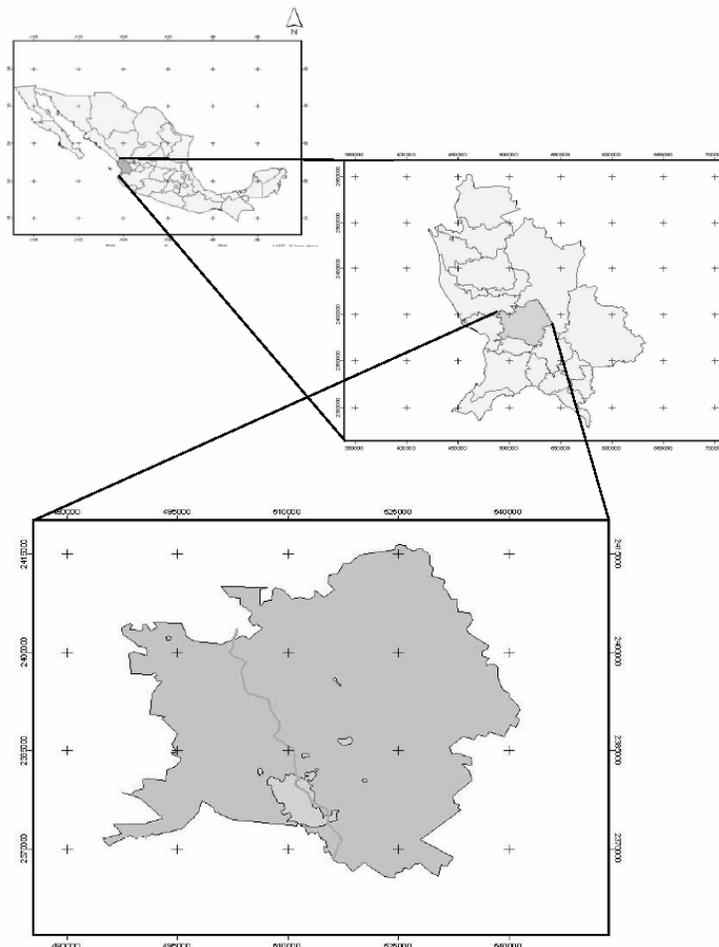


Fig. 1. Ubicación del río Mololoa (Nayarit, México)

manifestado en la conurbación Tepic-Xalisco. Durante la década pasada, esta región experimentó la tasa de crecimiento promedio anual poblacional (TCPA) más alta a nivel estatal siendo del orden de 2.9%. Este fenómeno de crecimiento poblacional impacta en los recursos naturales, en especial en el recurso agua, el cual presenta una serie de problemas de manejo tales como: la disminución de la capacidad de recarga del acuífero, crecimiento de los volúmenes de aprovechamiento para diferentes usos (urbano, industrial, agrícola, pecuario) y la contaminación del río Mololoa, principalmente por las descargas de aguas residuales en algunas de sus secciones.

El río Mololoa a lo largo de su trayectoria recibe descargas de diferentes poblados tales como La Labor, San Leonel, Trigomil, Pantanal y San Cayetano. Sin embargo, la descarga de aguas residuales que más lo afecta es la proveniente de la ciudad de Tepic, ya que a su paso por ésta, el río recibe, principalmente, descargas de tipo municipal las cuales son parcial y deficientemente tratadas. La tabla 1 presenta datos de calidad del agua (correspondientes a febrero del 2003) de la descarga municipal de Tepic que se vierte al río.

En el caso de las aguas residuales de Xalisco, también son tratadas parcialmente y luego son vertidas a un arroyo torrencial el cual es afluente del río Mololoa por su margen izquierdo, dichas aguas se infiltran antes de llegar al río.

El rastro tiene un sistema de pretratamiento de separación de grasas, sólidos gruesos y sangre. A las aguas residuales de la zona industrial, se les da un pretratamiento para eliminar sólidos gruesos,

seguido de una sedimentación. El rastro descarga al drenaje de ciudad industrial y ésta descarga al emisor principal por el margen izquierdo del río Mololoa para ser incorporada a la planta de tratamiento de aguas residuales municipales (PTAR). Por su parte, las descargas de tipo industrial ubicadas en la ciudad de Tepic, se incorporan a la red de drenaje municipal.

El río registra una importante descarga proveniente de granjas porcinas, las cuales se encuentran ubicadas a un kilómetro, aproximadamente, antes de que el río ingrese a la ciudad de Tepic. Este tipo de descarga está constituida principalmente por materia orgánica y nutrientes, los cuales propician la proliferación de malezas acuáticas sobre el cauce del río.

Debido a la abundante y variada aportación de contaminantes a esta corriente, y siendo un cuerpo receptor de baja capacidad de dilución, se ha deteriorado considerablemente la calidad de sus aguas resultando desfavorable para el libre uso agrícola e inadecuada para el desarrollo de la vida acuática. De igual manera, contamina a su paso el medio ambiente por malos olores y deteriora la calidad de vida de las poblaciones ubicadas en sus márgenes o cercanías.

Existen malezas en ambos márgenes del río y tiraderos dispersos de basura en sus riberas (Figura 2), lo que puede llegar a ocasionar, por una parte, refugio y reproducción de fauna nociva y por la otra, pérdida de la calidad del paisaje.

Así mismo, existe eutrofización y proliferación de malezas acuáticas propiciando un hábitat favorable para el desarrollo de insectos vectores de

Tabla 1. Calidad de la descarga de aguas residuales que se vierten al río Mololoa (CNA, 2003).

| Parámetro                       | Importancia  | Descarga municipal                       |                        |
|---------------------------------|--|--|------------------------|
|                                 |  | Vertida a la altura de la presa el Punto | Efluente de la PTAR    |
| DBO (mg/l)                      | Medir la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar el material contaminante biodegradable. | 187.4                                    | 117.4                  |
| N – NH <sub>3</sub> (mg/l)      | Indica presencia de condiciones anaerobias en un cuerpo de agua.                                 | 18.19                                    | 9.71                   |
| Fósforo total (mg/l)            | El fósforo es uno de los principales nutrientes para la vida acuática.                           | 2.61                                     | 0.98                   |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml) | Son indicadores de contaminación de los cuerpos de agua por organismos patógenos.                | 2.4 x 10 <sup>10</sup>                   | 2.4 x 10 <sup>10</sup> |

PTAR,; planta de tratamiento de aguas residuales; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; NMP: número más probable



Fig. 2. Abundancia de hidrófitas en los márgenes del río Mololoa.

enfermedades.

El sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tepic, es el organismo operador encargado de tratar el agua residual generada de la ciudad de Tepic, para esto cuenta desde septiembre de 1992, con una PTAR (Jáuregui, 2004).

El gasto de la descarga de aguas residuales conducidos a través del colector principal, es de aproximadamente 1000 l/s. Sin embargo, como la planta está diseñada para tratar un volumen máximo de 540 l/s, el resto (460 l/s), se vierten sin tratamiento directamente al río Mololoa a la altura de la presa "El Punto" ubicada a 2 km antes de la PTAR (CNA, 1996b; CNA, 2001).

Aunado a ello, la PTAR tiene construido un sistema de pretratamiento, tratamiento primario y cloración, careciendo de un tratamiento secundario (biológico), lo que hace que este sistema sea muy ineficiente; además de presentar graves problemas en la operación y mantenimiento del equipo.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto de la descarga de aguas residuales en la contaminación del río Mololoa y hacer sugerencias

de manejo acordes con la problemática.

### Material y Métodos

Para evaluar el grado de contaminación que tiene el río Mololoa se calculó, a partir de datos oficiales, el ICA antes de su ingreso a la ciudad de Tepic y después de recibir la descarga de aguas residuales generada por la misma. También a partir de datos oficiales, se calculó la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales.

Para evaluar el impacto que genera la descarga de aguas residuales municipales se analizó y se midió el gasto aguas arriba de la descarga, en la descarga misma y aguas abajo de la descarga.

Con los gastos y calidad del agua del cuerpo receptor y de la descarga, se determinaron los coeficientes del modelo matemático y la capacidad de asimilación del río aplicando la expresión de déficit crítico de oxígeno del modelo de Streeter y Phelps, y a partir de los datos obtenidos, se propone la DBO<sub>5</sub> máxima de descarga que debe regularse en la carga contaminante que se vierte en el río, a fin de que éste no sufra deterioro en su ecosistema y sea adecuado para el riego agrícola.

## Resultados y Discusión

El ICA es el valor en una escala de 0 a 100% que proporciona el grado de contaminación de un cuerpo de agua (un mayor valor de ICA indica una mejor calidad del agua) y se obtiene de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA) a partir de un promedio ponderado de los índices de calidad individuales de 18 parámetros.

Asociado al valor numérico del ICA, están definidos 6 rangos de calidad del agua. En función de esta clasificación, se han establecido los criterios de uso del recurso así como los límites aconsejables a cada uno de ellos.

En la tabla 2 se muestra la escala de calidad del agua para uso agrícola y se excluyen los otros usos porque no son relevantes, dado que el uso principal del río Mololoa es el de riego agrícola.

Se consideraron registros bimensuales realizados por la CNA y se calcularon sus promedios anuales para los años 1992, 1994, 1996 y 2000. A partir de estos valores promedios, se calculó el ICA del río a la altura de Pantanal, antes de su ingreso a la ciudad de Tepic, el cual resultó en 62.5 en promedio para los 4 años. Este valor se interpreta como agua levemente contaminada utilizable en la mayoría de los cultivos.

Usando la misma metodología que en el caso anterior, se calculó el ICA del río, a la altura de La Escondida, después de haber recibido la descarga de aguas residuales de la localidad de Tepic, el cual dio como resultado un ICA de 36.3 en promedio para los mismos años, lo que indica una agua contaminada para uso agrícola que requiere tratamiento para la mayoría de los cultivos.

Cabe señalar que el ICA para ambas estaciones fue similar en los años 1992, 1996 y 1998. Sin embargo, se presentó un valor atípico en 1994 en donde el ICA de la estación La Escondida descendió a 28.9, considerándose fuertemente contaminada y siendo apta únicamente para cultivos muy resistentes.

Con respecto al año 2000, la estación Pantanal alcanzó un ICA de 70.4, incrementándose en prácticamente 10 con respecto a años anteriores; mientras que para ese mismo año, la estación La Escondida, se mantuvo prácticamente igual al promedio reportado.

En otros muestreos que la CNA ha realizado a lo largo de la corriente de manera puntual y al comparar los resultados con los "Criterios ecológicos de calidad del agua" para uso de riego, se observa que los fosfatos y coliformes fecales se encuentran por arriba de los niveles máximos

Tabla 2. Escala de la calidad del agua para uso agrícola (ICA).

| Rango de ICA | Estado                    | Uso: Agrícola  |
|--------------|---------------------------|--|
| 90-100       | Excelente                 | No requiere tratamiento para riego.                              |
| 70-90        | Aceptable                 | Tratamiento menor en cultivos que requieren alta calidad de agua |
| 50-70        | Levemente contaminada     | Utilizable en mayoría de cultivos.                               |
| 30-50        | Contaminada               | Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.           |
| 20-30        | Fuertemente contaminada   | Solo para cultivos muy resistentes (forrajes)                    |
| 0-20         | Excesivamente contaminada | Inaceptable para riego   |

Tabla 3. Calidad del agua del río Mololoa comparada con algunos criterios de calidad ambiental.

| Sitio de Muestreo   | Fecha        | Criterios de Calidad del Agua |                               |                                    |
|---|--------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
|   |              | OD<br>(mg/l)                  | P(PO <sub>4</sub> )<br>(mg/l) | Coliformes Fecales<br>(NMP/100 ml) |
|   |              | Mínimo 3.2<br>(mg/l)          | Máximo 0.1<br>(mg/l)          | Máximo 1000<br>(NMP/100 ml)        |
| Río Mololoa (1800 m aguas arriba del cruce del ferrocarril) | 15 Jun/1998  | 0.3                           | 6.75                          | 2.3 x 10 <sup>6</sup>              |
| Río Mololoa (a la altura con el cruce del ferrocarril)      | 15 jun/1998  | 0                             | 3.15                          | 1.5 x 10 <sup>6</sup>              |
| Río Mololoa (100 m después de Fracc. Los Limones)           | 1 Mar/1999   | 4.5                           | 0.34                          | 900                                |
| Río Mololoa (1000 m después de Fracc. Los Limones)          | 1 Mar/1999   | 3.7                           | 0.32                          | 7,500                              |
| Río Mololoa (La Escondida)                                  | 28 Mar/2006  | 2.02                          |                               | 2.0 x 10 <sup>7</sup>              |
| Río Mololoa (La Escondida)                                  | 24 Mayo/2006 | 2.7                           |                               | 8.8 x 10 <sup>6</sup>              |

OD: oxígeno disuelto; P(PO<sub>4</sub>): ortofosfato; NMP: número más probable

Tabla 4. Datos correspondientes al mes de abril del tramo de estudio.

| Sitios de Muestreo                      | DBO (mg/l) | OD (mg/l) | Temperatura (°C) | Presión Barométrica (mmHg) | Gasto (l/s) |
|---|------------|-----------|------------------|----------------------------|-------------|
| Río Mololoa<br>Puente El Iztete         | 6.5        | 5.4       | 21.5             | 682                        | 431         |
| Río Mololoa<br>Presa El Punto           | 6.2        | 5.1       | 21.5             | 682                        | 431         |
| Descarga municipal 1<br>Río Mololoa     | 175        | 0.6       | 32               |                            | 703         |
| después de descarga 1                   | 110.3      | 0.2       | 28               |                            |             |
| Efluente de PTAR                        | 160.1      | 0.5       | 32               |                            | 597         |
| Río Mololoa<br>después de descarga PTAR | 123.8      | 0.2       | 22.7             | 689                        | 1731        |

PTAR, planta de tratamiento de aguas residuales; DBO, demanda bioquímica de oxígeno; OD, oxígeno disuelto

permisibles. El oxígeno disuelto por su parte, se encuentra por abajo del mínimo que la CNA tiene establecido para el uso mencionado, como se puede apreciar en la tabla 3.

Lo anterior se presenta sistemáticamente a partir del tramo que comprende la ciudad de Tepic y aguas abajo, como resultado de las descargas de aguas residuales que se vierten al río.

Con respecto a la PTAR, la CNA reportó en febrero del 2003 un valor de DBO<sub>5</sub> del influente de 187.4 mg/l y de 117.4 mg/l para el efluente, por lo que la eficiencia en base al DBO<sub>5</sub> fue de 37.35%. Sin embargo, en marzo del mismo año los datos reportados fueron de 114.2 mg/l y 100.1 mg/l para el influente y efluente respectivamente, esto representa apenas un 12.35% de eficiencia, lo que denota inconsistencia en la misma. Lo anterior indica un efluente, deficientemente tratado, el cual

es vertido al río Mololoa, donde posteriormente sus aguas mezcladas son utilizadas principalmente con fines de riego agrícola.

Los ríos son capaces de autodepurarse por la acción de los organismos vivientes que consumen materia orgánica y por el proceso de sedimentación que facilita la formación del lecho del río. En el momento en que ocurre la descarga de aguas residuales, inicia la descomposición biológica en la cual se consume oxígeno, disminuyendo así la concentración de oxígeno disuelto. Un modelo comúnmente usado para estudios de calidad del agua en ríos es el resultado de los trabajos de Streeter y Phelps (Metcalf, 1994). A partir de datos de calidad del agua obtenidos por la CNA, de temperatura y presión barométrica en campo, así como los gastos de la corriente y de la descarga correspondientes al mes de abril del 2003 (tabla 4),

Tabla 5. Comparación de datos obtenidos en laboratorio y por modelo.

|   | Abril 2003 |       |           |      | Mayo 2003  |       |           |      |
|---|------------|-------|-----------|------|------------|-------|-----------|------|
|   | DBO (mg/l) |       | OD (mg/l) |      | DBO (mg/l) |       | OD (mg/l) |      |
|   | Lab.       | Mod.  | Lab.      | Mod. | Lab.       | Mod.  | Lab.      | Mod. |
| Río Mololoa<br>puente El Iztete                         | 6.5        |       | 5.4       |      | 4.3        |       | 2.5       |      |
| Río Mololoa<br>presa El Punto                           | 6.2        | 6.2   | 5.1       | 5.3  | 4.1        | 4.1   | 2.5       | 2.8  |
| Río Mololoa<br>después de descarga 1                    | 110.3      | 108.2 | 0.2       | 0    | 152.4      | 154.1 | 0.3       | 0    |
| Río Mololoa en La Escondida<br>después de descarga PTAR | 123.8      | 124.4 | 0.2       | 0    | 165.8      | 166.4 | 0.5       | 0    |

DBO, demanda bioquímica de oxígeno; OD, oxígeno disuelto

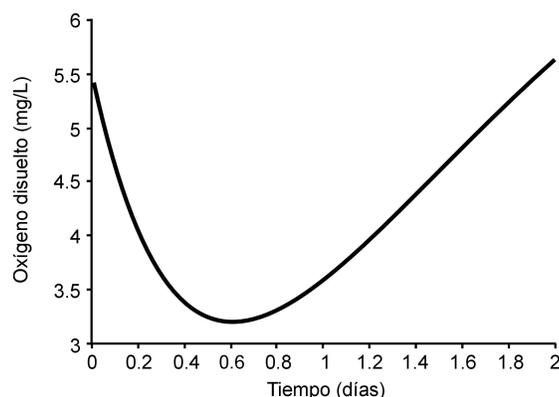


Figura 3. Curva de oxígeno disuelto que garantice el mínimo permisible.

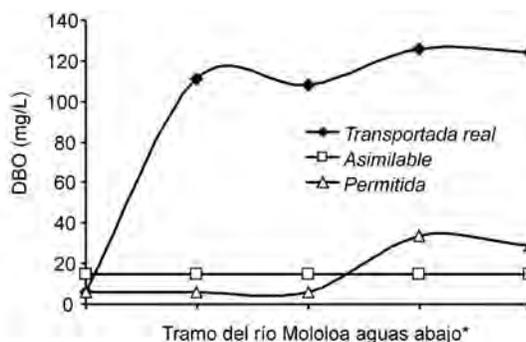


Figura 4. Carga transportada real, asimilable y permitida en el tramo del río bajo estudio en el mes de abril del 2003. (\*puntos mostrados en la Tabla 4, excepto la descarga municipal, de manera consecutiva).

se hace el cálculo de la carga máxima contaminante como  $DBO_5$  que puede asimilar el río.

La capacidad de asimilación nos indica la cantidad de contaminantes oxidables que pueden ser asimilados por un cuerpo receptor, sin que se produzcan efectos adversos que en un momento dado puedan influir en las condiciones naturales de la flora y la fauna que ahí se desarrolla. Es indudable, que sin esta cualidad las aguas de los ríos, lagos o costas estarían saturadas de desechos y resultarían inútiles para cualquier uso.

A partir de los cambios de DBO entre los dos primeros sitios mostrados en la tabla 4, se estimó la constante de desoxigenación  $K_d$  a  $21.5^\circ\text{C}$ . A

continuación, se calibró el modelo de acuerdo a la velocidad de la corriente utilizando un valor de constante de autodepuración ( $f = 1.7$ ) (Unda, 2000).

Con los coeficientes obtenidos de la calibración del modelo matemático ( $(K_d)_{21.5} = 0.942$  y  $f = 1.7$ ), los resultados para los meses de abril y mayo de 2003 de  $DBO_5$  y de oxígeno disuelto (OD) medidos en el laboratorio y los obtenidos por medio del modelo, difieren muy poco (tabla 5), por lo que puede considerarse que el modelo se calibró correctamente (Castelan, 1994 y Chapra 1997).

Para obtener la capacidad de asimilación se tomaron los criterios de calidad del agua de CNA

que establecen para uso de riego agrícola una concentración mínima de OD de 3.2 mg/l.

Se utilizó el software MAPLE 6, para determinar el valor  $DBO_5$  de la corriente al inicio del tramo ( $L_0$ ) que garantice que la concentración de OD no sea menor que el valor mínimo permisible (3.2 mg/l), siempre que se mantengan las condiciones del río, encontrándose que una  $L_0=14.5$  mg/l asegura el comportamiento de oxígeno mencionado (figura 3). La concentración de  $DBO_5$  en el río, antes de recibir la primera descarga municipal, era de 6.2 mg/l, lo que indica que la carga transportada por este cuerpo de agua era menor que la de asimilación de 14.5 mg/l. Después de recibir la primera descarga, el río incrementó su carga contaminante a 110.3 mg/l de  $DBO_5$  lo que corresponde a una carga transportada muy superior a la asimilable. Esto concuerda con el estudio de clasificación del río Mololoa realizado por la CNA en 1996 donde los valores de  $DBO_5$  reportados para antes y después de la primera descarga son de 8.4 mg/l y 91 mg/l, respectivamente.

La carga transportada por el río, después de recibir la segunda descarga municipal proveniente de la PTAR, se incrementó a 123.8 mg/l de  $DBO_5$ .

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, establecen que todos los usuarios de cuerpos receptores propiedad de la nación deben contar con el permiso de descarga correspondiente, dentro del cual se determinan las condiciones particulares de descarga. El sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Tepic, cuenta con un permiso para descargar 450 l/s de aguas residuales al río Mololoa, con una  $DBO_5$  máxima de 60 mg/l (CNA,1994b); sin embargo, la CNA reportó en el 2003 una descarga al río de aproximadamente 1300 l/s con un rango de  $DBO_5$  entre 100.1 y 142.8 mg/l. Si la PTAR cumpliera con lo establecido en el permiso de descarga, el río alcanzaría una carga transportada de 33.6 mg/l de  $DBO_5$ , valor superior al de la capacidad del río para asimilar aguas residuales.

En la figura 4 se puede observar la carga transportada real por el río Mololoa en el mes de abril del 2003, que contrastada con lo que debería ser, de acuerdo con lo establecido en el permiso de descarga de aguas residuales, es muy superior y refleja el grado de contaminación al río.

De acuerdo a la capacidad de asimilación y a la carga contaminante transportada por el río Mololoa, se concluye que éste tiene agotada su capacidad de autodepuración a partir de que recibe la primera descarga.

El río en su punto posterior a la descarga de la PTAR lleva un caudal de 1731 l/s con una  $DBO_5$  de 123.8 mg/l. Para que la PTAR sea lo suficientemente eficiente para que en esa parte, el río contenga una  $DBO_5$  menor de 14.5 mg/l, ésta deberá tratar un flujo superior a los 1300 l/s y lograr que su efluente tenga una  $DBO_5$  máxima de 17.25 mg/l.

*Propuestas de acción.* Es conveniente, de acuerdo con estudios de CNA, realizar el tratamiento de las aguas residuales por zonas y hacer que las empresas que descargan a la red de drenaje, cumplan con la NOM-002-SEMARNAT-1996.

Legislar la obligatoriedad del tratamiento de aguas residuales en nuevos fraccionamientos, así como el tratamiento de aguas grises en viviendas particulares.

Que las autoridades hagan cumplir las buenas prácticas agrícolas sobre la calidad del agua que se utiliza para riego de cultivos de hortalizas, cuyo consumo sea en fresco y esté en contacto con el suelo, a fin de evitar riesgos a la salud humana.

Rehabilitar y ampliar la red de drenaje y alcantarillado de forma que sea suficiente y se mantenga en buen estado.

Que se implementen acciones permanentes de mantenimiento y conservación de la corriente del río Mololoa tales como desazolve, retiro o control de malezas acuáticas, desmonte de ambos márgenes, así como la vigilancia para evitar que existan tiraderos dispersos de basuras en sus riberas.

Es urgente un programa integral de educación ambiental sobre el uso responsable del agua, sensibilizando a la población sobre su valor estratégico y económico para asumir la responsabilidad sobre su cuidado.

Debe incluirse el tema en los programas educativos en sus distintos niveles, requiriéndose para esto la capacitación de maestros desde educación básica hasta superior.

Deberá impulsarse, desde los distintos niveles de

gobierno la investigación sobre la caracterización, diagnósticos, tratamientos, organización de la gestión del recurso y todo lo relacionado con el mismo.

### Conclusiones

La fuente contaminante más significativa del río Mololoa es la descarga de aguas residuales provenientes de la ciudad de Tepic, ya que el tratamiento que recibe es insuficiente e inadecuado para el volumen de agua residual generado, afectando la agricultura y pesca de la zona de influencia, limitando con esto su desarrollo económico.

Es necesario que la planta de tratamiento de aguas residuales implemente la infraestructura necesaria y el sistema de tratamiento adecuado para tratar todo el volumen de la descarga generada, o bien sectorizar la ciudad y realizar el tratamiento de las aguas residuales de forma adecuada en diferentes

puntos.

Por otra parte, es necesario implantar sistemas de pretratamiento a las descargas de usuarios a la red de drenaje, promover el reuso del agua, y sobre todo, establecer programas permanentes para su uso eficiente.

Finalmente, se genera la necesidad de disponer de un sistema de indicadores relativos al agua de la subcuenca del río Mololoa, para dar seguimiento a la disponibilidad del recurso, su calidad, su abasto y la evaluación del desempeño de la toma de decisiones de los organismos operadores y normativos.

Si no se toman las medidas correctivas necesarias, la calidad del agua de esta corriente no se recuperará, sino por el contrario, continuará su deterioro por el incremento natural que con el paso del tiempo manifiestan las descargas municipales e industriales transformando esta corriente en un cuerpo de agua sin vida.

### Bibliografía

- Castelan C. J. E. 1994. "Elaboración del programa computarizado SICLACOR" (Sistema de clasificación de corrientes) para determinar la capacidad de autopurificación del río Santiago por las descargas de aguas residuales que recibe a lo largo de su recorrido. ESlyA. IPN. México, D.F.
- Chapra S. 1997. Surface Water-Quality Modeling. WCB McGraw-Hill, New York.
- Comisión Nacional del Agua. 1992. Sistema Estatal de Monitoreo.Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 1994. Sistema Estatal de Monitoreo.Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 1994b. Expediente de permisos de descarga de aguas residuales. Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 1996. Sistema Estatal de Monitoreo.Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 1996b. Estudio de clasificación del río Mololoa. Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 1998. Sistema Estatal de Monitoreo.Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 2000. Sistema Estatal de Monitoreo.Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. Registros de campo.. Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Comisión Nacional del Agua. 2003. Registros de campo. Gobierno Federal. México. Gerencia Estatal en Nayarit.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. XII Censo General de Población y Vivienda. Gobierno Federal. México.
- Jáuregui-Medina,C. 2004. Evaluación de la capacidad de asimilación del río Mololoa con respecto a la descarga en el emisor de aguas residuales municipales. Tesis de Maestría, Unidad Académica de Ciencias e Ingenierías de la Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.
- Metcalf & Eddy Inc. 1994. Ingeniería Sanitaria. Tratamiento evacuación y reutilización de aguas residuales. Ed. Labor S.A. España.
- Unda, O.F. 2000. Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. Limusa Noriega Editores.

---

Este trabajo fue seleccionado de los presentados en el II Congreso Regional de Ciencias Ambientales celebrado en Ciudad Obregón, México, en Noviembre de 2006.