

Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México

Martínez Romero A (1), Fonseca Gómez K (1), Ortega Sánchez JL (2); García-Luján, C (1).

1- Departamento de Postgrado e Investigación. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Artículo 123 s/n Colonia Filadelfia CP 35010; AP No. 51Gómez Palacio, Durango. México.

E-mail: quimicaaurora@hotmail.com

2- Departamento de Zonas Áridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. AP No. 8 Bermejillo, Durango. México

E-mail: joeortega11@hotmail.com

Resumen

El agua dio origen a la vida y la mantiene, regula el clima del planeta, esculpe y permite la existencia de los ecosistemas y de la humanidad. Evaluar la contaminación de los suministros de agua constituye una de las principales obligaciones de los profesionales de la salud pública. Durante más de medio siglo se ha empleado el grupo de las bacterias coliformes como un indicador del grado de contaminación y por lo tanto de la calidad sanitaria del agua. Para determinar la calidad del agua de la cuenca del río Nazas se seleccionaron siete sitios de muestreo donde se realizaron recuentos de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF). Para este trabajo se utilizó el método de sustrato cromogénico para identificar al grupo coliforme y así conocer la influencia de la actividad agrícola o de la afectación de los suelos a través del impacto de los nutrientes y la afectación ambiental. Los resultados de los análisis se incorporaron a una base de datos y se graficaron para observar el comportamiento de las bacterias coliformes durante todo el año. Se detectó la presencia de bacterias coliformes fecales, pero en una concentración por debajo de la que exige la NOM-ECOL-001-1996. Palabras clave: Agua, contaminación, grupo coliforme, indicador.

Monitoring of the microbiological quality of the water in the hydrological basin of the River Nazas, Mexico

Abstract

The water gave rise to life, maintains and regulates the planet's climate, sculpts and allows the existence of ecosystems and humankind. To assess the contamination of water supplies is one of the main duties of public health professionals. For more than half a century the coliform bacterial group has been used as an indicator of the degree of contamination, and thus of the sanitary quality of water. To determine the water quality in Nazas river basin seven sampling sites were selected where total coliform (TC) and fecal coliform (FC) counts were performed. For this study, the method of chromogenic substrate was used to identify the coliform group and the influence of agricultural activity or the involvement of the soil through the impact of nutrients and environmental damage. The analysis results were incorporated into a database and plotted to observe the behavior of coliform bacteria throughout the year. We found fecal coliform bacteria present, but in a concentration below the one stated in NOM-ECOL-001-1996. Keywords: Water, contamination, coliform group, indicator.

Introducción

El agua es indispensable. No tiene sustituto y no se conoce forma de vida que prescindiera de ella: bosques, ciudades, polos, zonas industriales, pastizales, plantíos, bebés, bacterias, ballenas, aviones y cohetes, todos, de una manera u otra, necesitan el agua. El cuerpo de un bebé tiene 83% de agua; un hombre adulto, 60%; una mujer, 45%, y una medusa, 95%. El agua dio origen a la vida y la mantiene, es un factor que regula el clima del planeta, esculpe y permite la existencia de los ecosistemas y de la humanidad (4).

La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante periodos previsibles de tiempo y se debe al crecimiento demográfico, desarrollo industrial y urbanización. Estos tres factores evolucionan rápidamente y se dan uno en función del otro. En décadas recientes miles de lagos, ríos y mares se han contaminado alarmantemente debido a las actividades humanas. Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales o artificiales, la contaminación natural es generada por el ambiente, y la artificial por las actividades humanas. La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan su contaminación están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor. "Calidad del agua" es un término usado para expresar apropiadamente el sustento del uso del agua para varios procesos (1).

A pesar del control y prevención que se persigue, en muchos países se reportan aguas contaminadas con coliformes, lo que hace que la calidad del agua no sea la deseada. Si bien

muchos países tienen agua en grandes cantidades, el aumento poblacional, la contaminación de las industrias, el uso excesivo de agroquímicos, la falta de tratamiento de aguas negras y la erosión de suelos por la deforestación hacen que ese recurso sea escaso. El agua pura es un recurso renovable. Sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente. La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda (6).

Para conocer el comportamiento de la calidad del agua en los cuerpos de agua superficial, en zonas costeras y en acuíferos, la Comisión Nacional del Agua (CNA) lleva a cabo mediciones periódicas a través de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua. La red primaria contó con 362 estaciones permanentes, de las cuales 205 se ubican en cuerpos de agua superficial, 44 en zonas costeras y 113 en acuíferos. Asimismo, la red secundaria contó con 276 estaciones semifijas o móviles, de las cuales 231 se ubican en aguas superficiales, 17 en zonas costeras y 28 en aguas subterráneas. Además, se tiene una red de referencia (estaciones "testigo" a partir de las cuales se da seguimiento a la evolución de la calidad del agua en los acuíferos) que opera con 104 estaciones únicamente para aguas subterráneas. Con el objeto de mejorar el criterio de evaluación de la calidad del agua, se ha considerado desarrollar durante el año 2004, un nuevo índice [En sustitución del Índice de Calidad del Agua (ICA)] o índices que en el futuro permitan considerar la mayoría de las condiciones de las estaciones de medición de la Red Nacional de Monitoreo. Mientras tanto, para evaluar la calidad del agua se ha decidido utilizar dos parámetros indicadores de la misma, que muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación por la presencia de centros urbanos e industriales que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable. Para ello, se consideró utilizar en principio a la Demanda Bioquímica de Oxígeno y a la Demanda Química de Oxígeno (DBO5 y DQO respectivamente), parámetros que permiten reconocer gradientes de agua que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de aguas residuales domésticas, industriales o de ambos tipos (5).

La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1200 millones de habitantes no tienen acceso a una fuente de agua potable segura. Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al año y 20% de todas las especies acuáticas de agua dulce están extintas o en peligro de desaparecer. El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente en capas de poco espesor, toma color azul cuando se mira a través de espesores de 6 a 8 m, porque absorbe las radiaciones rojas (4, 11). A la presión atmosférica normal (760 mm Hg), el punto de congelación del agua es a los 0°C y su punto de ebullición, a los 100°C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C y se expande al congelarse (6).

El agua dulce que se utiliza proviene de dos fuentes: agua superficial y agua subterránea (mantos freáticos), se encuentra en ríos, lagos, pantanos y rebalses o depósitos

artificiales. Las cuencas hidrológicas o colectoras, también llamadas cuencas de captación, son aquellas áreas de tierra que captan y llevan el agua de escurrimiento hasta las denominadas masas de agua superficial. Al agua que fluye por la superficie de la tierra hasta los cuerpos o masas de agua en la superficie se le conoce como escurrimiento superficial y al agua que fluye por los ríos hasta los océanos se le denomina escurrimiento fluvial. Se considera que el 69 % del agua que llega a los ríos en toda la Tierra proviene de la lluvia y de la nieve derretida en sus cuencas, y el agua restante proviene de descargas de agua subterránea. Las cuencas fluviales, alimentadas en gran parte por la lluvia, ocupan el 60 % del área de tierra firme y sustentan al 90 % de la población mundial (16).

En los ríos del país (Figura 1), escurren aproximadamente 399 km³ de agua anualmente, incluyendo las importaciones de otros países y excluyendo las exportaciones. Aproximadamente, el 87% de este escurrimiento se presenta en los 39 ríos principales que se indican a continuación, cuyas cuencas ocupan el 58% de la extensión territorial continental del país. El 65% del escurrimiento superficial pertenece a siete ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá, cuya superficie representa el 22% de la del país. Los Ríos Balsas y Santiago pertenecen a la vertiente del Pacífico y los otros cinco a la vertiente del Golfo de México. Por la superficie que abarcan destacan las cuencas de los Ríos Bravo y Balsas. Por su longitud destacan los Ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta (5).



Figura 1. Ríos de la República Mexicana.

El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades, el agua se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos (8). Se considera que el agua está contaminada, cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición, lo

cual provoca la pérdida de su potabilidad (6). La falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año en el mundo (8).

Según la CONAGUA (2004), los principales contaminantes del agua son: Los agentes patógenos, bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua, provenientes de desechos orgánicos. Los desechos orgánicos, que pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos, aumentando la demanda de oxígeno. Las sustancias químicas inorgánicas, ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo), que envenenan el agua. Los nutrientes vegetales, que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas, que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta). Las sustancias químicas orgánicas, petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes, sedimentos o materia suspendida, y partículas insolubles de suelo que enturbian el agua y que son la mayor fuente de contaminación. Las sustancias radiactivas, que pueden causar defectos congénitos y cáncer. El calor y los ingresos de agua caliente, que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables (5).

Existe una clasificación en cuanto a la descarga de contaminantes: Las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas como fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc. Las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa (5). La contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir por fuentes no puntuales y por fuentes puntuales, la principal fuente no puntual de contaminación del agua es la agricultura (16).

La contaminación de agua procedente de fuentes no localizadas, conocida anteriormente con el nombre de contaminación "difusa", es resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. Por el contrario, la contaminación procedente de fuentes localizadas está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas de agua receptoras, por ejemplo, mediante cañerías de descarga en las que se pueden fácilmente cuantificar y controlar. Es claro que la contaminación de fuentes no localizadas es mucho más difícil de identificar, medir y controlar. Por lo general, los tipos de prácticas agrícolas y las formas de utilización de la tierra, entre las que se encuentran las operaciones de alimentación animal (de engorde), se consideran como fuentes no localizadas.

El control de las fuentes delimitadas en los países que tienen programas eficaces en este sentido, se lleva a cabo mediante el tratamiento de efluentes de acuerdo con los reglamentos aprobados, por lo general, en el marco de un sistema de permisos de descarga. Por el contrario, para el control de las fuentes no localizadas, en particular en la agricultura, se ha recurrido ante todo a iniciativas de educación, promoción de prácticas adecuadas de ordenación y modificación del aprovechamiento de la tierra. Por otro lado, la intrusión de agua salada en los acuíferos de agua dulce está afectando a un número cada vez mayor de

individuos, al igual que los otros efectos de las deficiencias en la gestión de los recursos hídricos, la presión causada por el aumento de la población y la degradación ambiental (5).

La mayoría de la materia orgánica que contamina el agua procede de desechos de alimentos, de aguas negras domésticas y de fábricas y es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Ese proceso de descomposición ocurre tanto en el agua como en la tierra y se lleva a cabo mediante reacciones químicas que requieren oxígeno para transformar sustancias ricas en energía en sustancias pobres en energía. El oxígeno disuelto en el agua puede ser consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática (16).

Se considera que el número de microorganismos portadores de enfermedades en el agua es proporcional al número total de microorganismos y que una cantidad total baja representa un menor riesgo sanitario. Sin embargo, se han dado casos en que enfermedades virales han sido transmitidas por aguas que cumplen estrictamente con las normas de control de bacterias. Por consiguiente, la presencia de cualquier impureza típica de las aguas negras, inclusive si no son perjudiciales en sí mismas, implica que el agua en que se encuentran no deja de ser fuente peligrosa de enfermedades. El agua contaminada puede estar sucia, mal oliente, ser corrosiva, de mal sabor o poco apta para el lavado. Sin embargo, para el hombre el efecto más perjudicial del agua contaminada ha sido la transmisión de enfermedades por microorganismos que pueden habitar en ella. Por ejemplo, la fiebre tifoidea causada por la bacteria *Salmonella typhi*, el cólera causado por la bacteria *Vibrio cholerae*, la disentería provocada por parásitos como la ameba *Entamoeba histolítica* y la bacteria *Shigella*, la gastroenteritis causada por virus, bacterias y protozoarios, la hepatitis infecciosa causada por el virus de la hepatitis y la poliomiелitis causada por el virus de la poliomiелitis (16). La observación general No. 15 sobre el derecho al agua del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales señala en cuanto a calidad del agua, que para uso personal o doméstico debe ser salubre, y que por tanto no debe contener microorganismos o sustancias químicas o radiactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además, debe tener color, olor y sabor aceptables (5).

En México, existen normas tanto mexicanas (NMX) como oficiales mexicanas (NOM) que se utilizan en la determinación de parámetros de laboratorio, mediante las técnicas que se deben emplear para llegar a un valor que será comprobado con el límite máximo permitido que marcan las mismas normas. De igual manera describen los equipos e instrumentos que se deben emplear en el análisis (7). El agua para consumo humano tiene que ser de buena calidad y respetar los estándares que fija la NOM 127-SSA1-1994, norma que habla de salud ambiental, agua para uso y consumo humano, y de límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 18 de enero de 1996 y entró en vigor el 19 de enero del mismo año. Aunque los estándares que se establecen para la calidad del agua no están actualizados, hay

diversos estudios que demuestran que los límites permisibles en esta norma no son cumplidos (5). Las normas oficiales son: NOM-ECOL-001-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales (2, 9). NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua- que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales (9, 14). NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización (3, 9). NMX: Calidad del agua-determinación del número mas probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (Termotolerantes) Y *Escherichia coli* presuntiva (9, 20).

En el artículo 1 del título primero "Disposiciones Preliminares" Capítulo Único establece que: La "Ley de Aguas Nacionales" es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los EUM en materia de aguas nacionales; sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (15).

El hombre vive en relación íntima con los microorganismos sobre su piel y en su sistema digestivo. En estado de salud, los humanos y los microbios viven juntos para beneficio mutuo. Sin embargo, algunas personas sanas viven en armonía con organismos que pueden resultar patógenos para otros. Por ejemplo, algunas personas están adaptadas a las aguas con bacilos que provocan disentería en otras personas. Por otra parte, resulta muy fácil contaminar el agua con microorganismos como las bacterias intestinales por lo que es muy difícil mantener el agua potable libre de bacterias intestinales y además, eliminarlas no es posible, ni benéfico y resulta muy costoso (16).

El objetivo de este trabajo fue monitorear la calidad microbiológica de la cuenca hidrológica del Río Nazas, en Méjico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Comarca Lagunera se encuentra localizada en la parte central de la porción norte de México. Ubicada entre los meridianos 101°03'09" y 104°46'12" de longitud oeste y 24°22'21" y 26°52'54" latitud norte. Su altura media sobre el nivel del mar es 1139 m. Su topografía es en términos generales plana y de pendientes suaves que varían de 0.2 a 1 m/Km generalmente hacia norte y noreste. La temperatura media anual es de alrededor de 20°C, alcanzando una temperatura máxima extrema de 42° C en el verano y una mínima extrema de -7°C durante el invierno. Su clima es considerado de tipo árido caliente y desértico de acuerdo a la clasificación del climatólogo francés E. de Marttone.

Su precipitación media anual es de 220 ml, presentándose el periodo principal de lluvias durante el verano y el otoño. Esta zona es irrigada por dos ríos: Nazas y Aguanaval, el primero de ellos se forma a partir de la confluencia del Río Oro, (también conocido como Sextín) y del Río Ramos en el municipio de Indé, Durango. Se inicia en dicha entidad hasta su desembocadura en la Laguna de Mayrán en el municipio de San Pedro de las Colonias,

Coahuila, recorriendo una distancia total de alrededor de 150 km. Sus principales afluentes son: Río San Juan, Río del Peñón, arroyo de Naitcha y arroyo de Cuencamé. A lo largo de su cauce se encuentran las presas Lázaro Cárdenas, también llamada “El Palmito” y la Francisco Zarco también conocida como “Las Tórtolas” (17).

Cuadro 1: Sitios de monitoreo.

| RED | EDO | NOM_EST | CUENCA | MUNICIPIO | TIPO | LONGITUD | LATITUD |
|-----|------|--------------------|--------------------|--------------|--------|-------------|-----------|
| 1 | COAH | LA FLOR | R. Aguanaval | TORREÓN | RÍO | -103°17'02" | 25°04'05" |
| 1 | DGO | CANÓN DE FERNÁNDEZ | R. Nazas-Torreón | LERDO | RÍO | -103°45'56" | 25°16'31" |
| 1 | DGO | AGUSTIN MELGAR | R. Nazas-Rodeo | NAZAS | RÍO | -103°03'57" | 25°15'49" |
| 1 | DGO | SARDINAS | P. Lázaro Cárdenas | SAN BERNARDO | RÍO | -105°34'13" | 26°05'01" |
| 1 | DGO | EL PALMITO | P. Lázaro Cárdenas | INDÉ | RÍO | -104°59'49" | 25°35'06" |
| 2 | ZAC | SAN FERNANDO | R. Nazas-Torreón | LERDO | RÍO | -103°31'53" | 25°30'34" |
| 2 | DGO | RODEO | R. Nazas-Rodeo | RODEO | RÍO | -104°31'20" | 25°08'20" |
| 2 | DGO | CUENCAMÉ | R. Nazas-Torreón | CUENCAMÉ | ARROYO | -103°42'00" | 25°52'00" |

Para conocer la evolución de la calidad del agua en el sistema fueron seleccionados ocho sitios de muestreo (Cuadro 1), localizados a lo largo del Río Nazas. La figura 2 muestra un mapa del área sujeta a estudio. Las muestras fueron tomadas una vez cada dos meses, entre las 8 y las 18 h aproximadamente, en el periodo de un año.

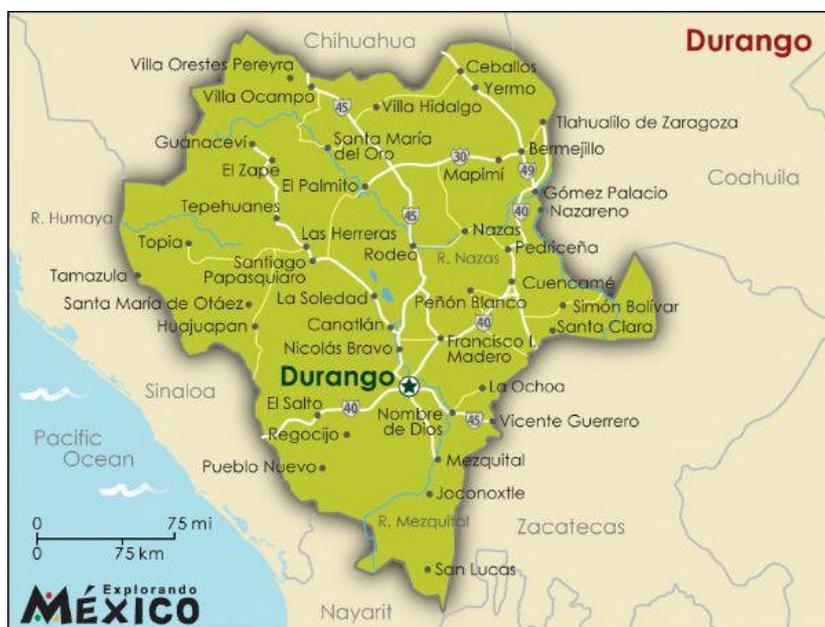


Figura 2. Área sujeta a estudio.

Para este trabajo se contó con el equipo disponible en el Laboratorio regional de calidad del agua de la Comisión Nacional del agua – gerencia regional cuencas centrales del norte, bajo la supervisión del Ing. Rubén Flores Garza y el Jefe del laboratorio Ing. Teodoro

Gutiérrez de la Rosa. Los análisis microbiológicos realizados fueron los siguientes: Bacterias coliformes totales y fecales, por técnicas oficiales y por el "Standard Methods" (10). Las muestras que se analizaron fueron específicamente de agua del Río Nazas, se tomaron en frascos estériles, utilizando guantes de látex, la toma de muestra se realizó lo más alejado posible de la orilla del río, sumergiendo el frasco aproximadamente unos 20 cm por debajo de la superficie sin abrirlo, a esa profundidad se abrió poco a poco y se dejó llenar sin quitar la tapadera completamente hasta la marca de 100 ml, se cerró y se conservó en hielo con gel refrigerante para su traslado al laboratorio, para evitar que los microorganismos se siguieran reproduciendo. El método que se utilizó para hacer las determinaciones es el método del Sustrato Definido (Método Oficial AOAC 991.15). (l s.)

Sella los dispositivos Quanti-Tray en 20 s: Diseño de acero Inoxidable. Incluye inserto de 51 celdas y de 49 celdas grandes y 49 celdas chicas, manual y cables de alimentación. El dispositivo Quanti-Tray para recuento bacteriano con Colilert® esterilizado con ETO (Oxido de etileno) (21). Recipientes desechables de poliestireno, de alta transparencia recomendados para el Colilert®. No son autofluorescentes, 120 ml, estériles, reciclables, a prueba de alteraciones, con línea de llenado a 100 ml. Duración en almacenaje hasta 12 meses a 2-8 °C. Frasco con 100 ml de comparador fluorescente y amarillo en el límite de sensibilidad, para distinguir por comparación los resultados positivos dudosos de los negativos. Duración en almacenaje: hasta 6 meses a 4-30°C. Colilert® es una prueba para coliformes totales y E.coli aprobada por EPA, que produce resultados en 24 h. Se utilizó una lámpara UV fluorescente de 6 v de onda larga (365 nm) con bombilla, medidas: 9 x 7 x 27 cm. El incubador de dos repisas con termómetro de 30 a 65°C con incrementos de 0.5 °C. Colilert® es una alternativa conveniente al procedimiento de referencia ISO para la detección de coliformes y E. coli en el agua. Se ha demostrado que el procedimiento de referencia ISO no detecta una proporción significativa de coliformes y E. coli en agua potable. Colilert/QuantiTray™ es una alternativa más conveniente (18). (Nimela, Lee y Fricker 2003). Éste fue un análisis descriptivo, no experimental, en el que se realizó una comparación entre los datos obtenidos (resultado del monitoreo de las estaciones: La Flor, Cañón de Fernández, Agustín Melgar, Sardinias, El Palmito, San Fernando, Rodeo y Cuencamé), en este caso el límite máximo permisible, para las descargas de aguas residuales vertidas en aguas y bienes nacionales, el cual es de 1000 coliformes fecales número mas probable (NMP) por cada 100 ml para el promedio mensual, expresado en la NOM-001-ECOL-1996 (2).

Resultados y Discusión

El Cuadro 2 indica los niveles de contaminación por coliformes totales presente en el mes en que se monitoreó cada estación, y el resultado de la cuenta obtenida, la cual se expresa en NMP/100 ml. En el Cuadro 3, se muestra la cantidad de coliformes fecales expresada en NMP/100 ml después de exponer a la luz UV de λ de 365 nm las muestras con detección de coliformes totales, igualmente se indica la estación y el mes de monitoreo.

Podemos observar que aunque hay presencia de E. coli , todas las muestras están por debajo de lo que indica la NOM-001-ECOL-1996.

Cuadro 2: Coliformes totales detectados (NMP/100 ml)

| Estaciones Mes | Sardinas | Palmito | Rodeo | Agustín Melgar | Cañón de Fernández | Cuencamé | La Flor | San Fernando |
|-------------------|----------|---------|---------|-------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------|
| Marzo | 365.4 | >2419.2 | 2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 |
| Mayo | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 |
| Julio | >2419.2 | 4.1 | 214.3 | 365.4 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 |
| Septiembre | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 |
| Noviembre | 325.5 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 | >2419.2 |

Con la cuenta con el método Colilert® para coliformes totales (Cuadro 2) se detectó contaminación por coliformes totales en el 100% de las muestras, siendo las estaciones Cañón de Fernández, Cuencamé, La Flor y San Fernando las que sobrepasaron el límite máximo de detección por este método durante todo el año.

Por otro lado, los resultados de la cuenta realizada bajo la luz UV de una λ de 365 nm para determinar la presencia de coliformes fecales (E. coli) (Cuadro 3), demostraron que en la mayoría de las muestras hay presencia de E. coli pero ésta no sobrepasa el límite máximo permitido por la norma. La única estación con un valor crítico fue la estación Sardinas en el mes de julio, la cual presentó 920.8 NMP/100ml. Sin embargo, se observa que la estación Rodeo a finales de año (monitoreo de noviembre) presentó un aumento significativo en el número de bacterias E. coli /100 ml, la estación Cuencamé presentó su nivel mas alto en el mes de julio, la estación La Flor inició en el mes de marzo con un número de coliformes fecales/100 ml superior al determinado en los monitoreos siguientes, la estación San Fernando presentó niveles en promedio superior al los de las demás estaciones aunque en el mes de mayo se detectó un número de bacterias E. coli muy por debajo a los otros meses, la estación Cañón de Fernández y Agustín Melgar mantuvieron un nivel promedio durante todo el año aunque en esta última se detectó ausencia de E. coli en el monitoreo del mes de marzo y la estación El Palmito fue la estación con el NMP/100ml más bajo de todas las estaciones durante todo el año.

Cuadro 3: Coliformes fecales detectados (NMP/100 ml)

| Estaciones Mes | Sardinas | Palmito | Rodeo | Agustín Melgar | Cañón de Fernández | Cuencamé | La Flor | San Fernando |
|-------------------|----------|---------|-------|-------------------|-----------------------|----------|------------|-----------------|
| Marzo | 11.0 | 1.0 | 3.0 | 0.0 | 4.1 | 8.5 | 157.6 | 157.6 |
| Mayo | 39.7 | 0.0 | 41.0 | 47.2 | 6.3 | 29.2 | 12.8 | 2.0 |
| Julio | 920.8 | 0.0 | 10.6 | 46.2 | 11.9 | 105.9 | 32.8 | 109.0 |
| Septiembre | 13.2 | 6.0 | 3.0 | 12.0 | 19.9 | 66.9 | ND | 147.0 |
| Noviembre | 1.0 | 1.0 | 238.2 | 16.1 | 16.8 | 17.3 | 7.4 | 119.1 |

Según Harrigan, en análisis de agua, la presencia de *E. coli* indica contaminación fecal, y hay una correlación positiva entre la concentración de organismos y la cantidad de contaminación (13). Se han hecho este tipo de estudios en diferentes ríos del país. Pérez-López y colaboradores hicieron un estudio del Río Tunal en Durango, en el cual ellos encontraron que de 18 sitios, 8 se presentaron como anóxicos (bajo oxígeno disuelto), y mostraron cantidades no permisibles de coliformes fecales, lo cual indica que han recibido descargas de agua residual doméstica, y establecieron que el agua residual de la ciudad de Durango es la que más altera la calidad del agua del Río El Tunal (19).

Otro estudio realizado en la zona sur del país por Arturo Guzmán Quintero y otros a la cuenca del Río Texcoco, demostró la presencia de coliformes fecales, que rebasó por mucho el límite permisible estipulado por la norma (12). En contraste, en este estudio, los niveles de coliformes fecales estuvieron por debajo de lo estipulado por la norma. Esto puede indicar que las descargas vertidas en el río no provienen de agua residual doméstica, y que las descargas que desembocan en el río cumplen con lo que indica la norma. Se confirma la hipótesis de que el agua en las estaciones de la cuenca hidrológica del Río Nazas está contaminada por bacterias coliformes fecales (*E. coli*), pero éstas no sobrepasan el límite máximo permitido por la NOM-001-ECOL-1996.

Para evitar la contaminación del agua se deben aplicar las normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua para consumo humano no sea dañina; el agua no tiene sustituto y no se conoce forma de vida que prescindiera de ella. Es importante recordar lo siguiente: nadie está exento de estar en constante relación con el agua, por lo tanto, debemos realizar esfuerzos para que a mediano plazo se pueda conocer la influencia de la actividad agrícola o de la afectación de los suelos a través del impacto de los nutrientes y la afectación ambiental mediante indicadores biológicos y toxicológicos.

El agua es el elemento fundamental para la vida, pues donde hay agua se pueden desarrollar diferentes formas de vida. Dada su importancia merece toda nuestra atención, a fin de crear una cultura del cuidado del agua, pues aunque las reservas totales de agua parecen infinitas, el agua potable es un recurso escaso y vulnerable.

Referencias

1. Bartram, J., and R. Ballance. 1996. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater.
2. Carabias, L. J. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-001-1996. Diario Oficial de la Federación.
3. Castellanos, C. J. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación.
4. CEMDA. 2006. El agua en México: lo que todas y todos debemos saber. México D.F. CEMDA.
5. CONAGUA. 2004. Situación de los recursos hídricos. En Estadísticas del agua en México. CONAGUA. México:22-50.
6. Creative, C. 2005. Contaminación y purificación del agua. <http://contaminacion-purificacion-agua.blogspot.com/20050901archive.html>.
7. Cruz, C., P. Robles, V. Flores, R. Valladares, G. Juárez, and B. Castañeda. 2003. Determinación de la calidad sanitaria del agua del río de Inxhuacán de los Reyes, Veracruz.
8. CYTED. 2001. Agua potable para comunidades rurales, rehuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. En Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. CYTED:155-67.
9. Enciso, M. 2004. Ley General de Salud. Distribuidora y Editora Mexicana S.A de C. V.
10. Greenberg, A., L. Clesceri, and A. Eaton. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater 18 ed.
11. Grimalt, A. 2007. Propiedades físicas y químicas del agua. <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=646:646>.
12. Guzmán-Quintero, A., O. L. Palacios-Vélez, R. Carrillo-González, J. Chávez-Morales, and I. Nikolskii-Gavrilov. 2007. La contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texcoco, México. *Agrociencia* 41:385-93.
13. Harrigan, W. F. 1998. Laboratory Methods in food Microbiology, 3a. ed. Academic Press, Great Britain.
14. Jáquez, C. J. 2001. Norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000 Diario Oficial de la Federación.
15. Ley. 1992. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación.
16. Lomelí, M. G., and R. Tamayo. 2006. Contaminación del agua. http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/CAgua.html.
17. Miranda-Wong, R. 2008. Caracterización de la producción del cultivo algodón (Gossypium hirsutum) en la comarca lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios* 12:696-705.
18. Niemela, S. I., J. V. Lee, and C. R. Fricker. 2003. A comparison of the International Standards Organisation reference method for the detection of coliforms and Escherichia coli in water with a defined substrate procedure. *J Appl Microbiol* 95:1285-92.

19. Pérez-López, M. E., M. E. Burciaga-Siqueiros, E. Medina-Herrera, A. Martínez-Prado, and G. González-Sánchez. 2003. Evaluacion del contenido de oxígeno y coliformes fecales en el agua del rio el tunal en Durango Mexico.

http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/Ciudad%20Obregon/CONTAMINACION_AMBIENTAL/CA079.doc.

20. Saez-Puello, C. 1987. Norma Mexicana: Calidad del agua-determinacion del numero mas probable (NMP) de coliformes fecales (termotolerantes) y E. coli.

21. Terragno, R., N. Cerdá, O. López, and I. Valdés. 2004. Esterilización con oxido de etileno. AAM 163.



ISSN 1666-7948

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista **QuímicaViva**

Número 1, año 8, Abril 2009

quimicaviva@qb.fcen.uba.ar