Calidad bacteriológica del agua en zonas marginadas de Ciudad Juárez que carecen de agua potable entubada

L.G. Bernadac-Villegas [1*], E. Flores-Tavizón[1], M. Domínguez-Acosta[1], S. Saúl-Solís[1], S. Alvarado-Soto[1], M.Y. Soto-Padilla[1], M.T. Alarcón-Herrera[2] y C.C. Hernández-Peña[3]

[1]*Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua.*
[2]*Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Unidad Durango, Ciudad Durango, Durango.*
[3]*Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua.*

Bacteriological quality of water in marginalized areas of Ciudad Juárez which lack proper potable water supply.

Abstract

In Juárez City 12% of the population do not count with an appropriate water provision, being the supplying with pipes or directly of the well without disinfecting the main and only means. It is by that to determine the bacteriological quality of the water is of vital importance for public health, especially in the marginalized zones of the city. This study was conducted in two different sites, the east side (Loma Blanca, San Isidro, San Agustin and Jesus Carranza) and the west side (Lomas de Poleo, Siglo XXI and Granjas Unidas). The determination of total and fecal coliform where made by two techniques, Multiple Tube Fermentation (MTF) and Autoanalysis Colilert (AC). In both cases the results were evaluated and compared with the standard Most Probable Number (NMP/100 ml). Of the 145 samples obtained throughout the project, there was presence of total coliform in 68.96% whereas for the fecal coliform only in 20.68%, being the locality of Siglo XXI the one that has higher pollution and San Agustín was the lower. Considering the previous results and the maximum permissible levels established by the NOM-127-SSA-1994, it was concluded that in the places of studies they were not within the established by the norm, since in most of the year they were seen outside the allowed range. It was also observed that the Colilert self-analysis technique is a rapid technique comparable to the Multiple Tube Fermentation technique to determine water quality in a shorter time.

Key words: coliforms, autoanalysis Colilert, multiple tube fermentation, water quality, Juárez City.

Resumen

En Ciudad Juárez el 12% de la población no cuenta con un suministro de agua apropiado, siendo el abastecimiento a base de pipas o directamente del pozo sin desinfectar los principales y únicos medios. Es por esto, que determinar la calidad bacteriológica del agua es de vital importancia para la salud pública, especialmente en las zonas marginadas de la ciudad. La zona de estudio se dividió en Este (Loma Blanca, San Isidro, San Agustín y Jesús Carranza) y Oeste (Lomas de Poleo, Siglo XXI y Granjas Unidas). La determinación de los coliformes totales como fecales se realizó mediante las técnicas de Fermentación por Tubos Múltiples (FTM) y por el Autoanálisis Colilert (AC). Para ambos casos los resultados fueron interpretados como Número Más Probable (NMP/100 ml). De las 145 muestras analizadas, el 68.96% presentó coliformes totales, mientras que el 20.68% dio positivo para coliformes fecales, siendo la localidad de Siglo XXI la que presentó mayor contaminación, mientras que San Agustín fue la de menor contaminación. Tomando en cuenta los resultados anteriores y los niveles máximos permisibles establecidos

*Autores de correspondencia
Email: luis.bernadac@uacj.mx
http://doi.org/10.33154/rlrn.2018.01.005
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

por la NOM-127-SSA-1994, se concluyó que en los lugares de estudios no estaban dentro de lo establecido por la norma, ya que en la mayor parte del año se veían fuera del rango permitido. Además se observó que la técnica de Autoanálisis Colilert es una técnica rápida equiparable a la técnica de Fermentación por Tubos Múltiples para determinar la calidad de agua en un tiempo más corto.

Palabras claves: coliformes, autoanálisis Colilert, fermentación por tubos múltiples, calidad de agua, Ciudad Juárez.

Introducción

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, por lo que es necesario establecer límites máximos permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas (NOM-127-SSA1). El incremento poblacional ha dado como resultado la contaminación de diversas formas de los cuerpos de agua. Dicha contaminación es la causa principal de distintas enfermedades infecciosas producidas por el consumo de agua contaminada, el cual se ha convertido en un problema a nivel mundial. Desde el inicio del siglo XX, las bacterias coliformes han sido utilizadas de manera internacional como indicadores de contaminación fecal en fuentes de agua (Singh y McFeters, 1992). Dicho esto, más de 1000 millones de personas en todo el planeta carecen de acceso de agua potable indispensable para el consumo humano, dando como resultado la prevalencia de enfermedades infecciosas transmitidas por el consumo de agua tales como diarrea, cólera, hepatitis A, tifoidea y disentería (Cosgrove y Rijsberman, 2000). Se estima que en América Latina y el Caribe, 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y para usos domésticos como la higiene personal (Mora, 1996). En nuestro país alrededor del 77% del agua con la que se cuenta es utilizada para uso agrícola y ganadero, el 13% es disponible para uso doméstico además de consumo humano, mientras que el 10% restante es utilizado por el sector industrial de nuestro país. Se estima que en el país el 84% de la población tiene acceso al uso de agua potable y solo el 67% cuenta con los servicios de drenaje público. En Ciudad Juárez el 88% de la población cuenta con agua potable, mientras que el resto se abastece principalmente de pipas y/o pozos, los cuales no cuentan con las medidas de higiene necesarios para llevar acabo su función (CNA, 2004). En la actualidad cerca del 4.5% de las enfermedades a nivel mundial se deben al consumo de agua no potable. El 60% de la mortalidad en infantes es causada principalmente por enfermedades infecciosas, parasitarias, la mayoría de las cuales tiene una estrecha relación con el consumo de agua. Estas enfermedades son causadas por diferentes tipos de microorganismos tales como bacterias, virus y protozoarios, las cuales pueden ser prevenidas con la previa desinfección del agua que es consumida (Postel, 2000). Se considera que la diarrea es la primera causa de muerte de niños entre 1 y 5 años, dando como resultado la defunción de aproximadamente 10 000 a 20 000 niños cada día, teniendo al consumo del agua contaminada como una de las principales vías de infección (Gleick, 2001). Dada la importancia que en la salud pública tiene la calidad del agua consumida por la población, en Ciudad Juárez es prioritaria la identificación de la calidad del agua para el consumo humano, principalmente en las zonas marginadas que no cuentan con sistemas de distribución de agua entubada. El objetivo fue la evaluación espacial y temporal de la calidad bacteriológica del agua para consumo humano en dos zonas marginadas (Este y Oeste) del municipio de Juárez perteneciente al Estado de Chihuahua mediante el uso de Autoanálisis Colilert y Fermentación por Tubos Múltiples. En ambas zonas se tiene la falta de agua potable entubada, por lo que el riesgo de contaminación de esta antes del consumo es alto. El suministro en la zona oeste es a través de pipas mientras que en la zona este el abastecimiento es directo de pozo sin desinfectar.

Material y métodos

Descripción del área de estudio

El municipio de Juárez perteneciente al estado de Chihuahua se encuentra ubicado en la parte norte,

ubicado en la franja fronteriza con Estados Unidos. Su ubicación geográfica está entre los paralelos 31º47' y 31º07' de latitud Norte, así como los meridianos 106º 11' y 106º57 de longitud Oeste con una altitud de 1120 msnm (INEGI, 2000). Se seleccionaron 7 escuelas de nivel básico ubicadas en dos zonas marginadas y rurales del municipio de Juárez con y sin acceso al agua entubada desinfectada de la red general de la ciudad (Figura 1). La zona Este (Valle de Juárez) se caracteriza por ser un área en la que dada sus características es utilizada como zona para actividades agrícolas, donde se muestrearon las escuelas Lázaro Cardenas, Miguel Ahumada, Plan de Ayala, Ángel Posada; mientras que la zona Oeste abarca tres colonias (Lomas de Poleo, Siglo XXI y Granjas Unidas) las cuales se encuentran ubicadas en las faldas de la Sierra de Juárez, en esta zona se muestrearon las escuelas Alfredo Nava Sahagun, Carlos Salinas de Gortari y Domingo Bravo Oviedo.

Muestreo

Se llevaron a cabo 2 muestreos durante los meses de diciembre, febrero, marzo, abril, junio y octubre, para abarcar las 4 estaciones del año y así determinar la variación estacional y de haber alguna influencia en la calidad bacteriológica del agua. Durante cada muestreo se tomaron muestras de agua en recipientes de 100 ml (5-10 muestras por punto aproximadamente), se etiquetaron y se trasladaron a

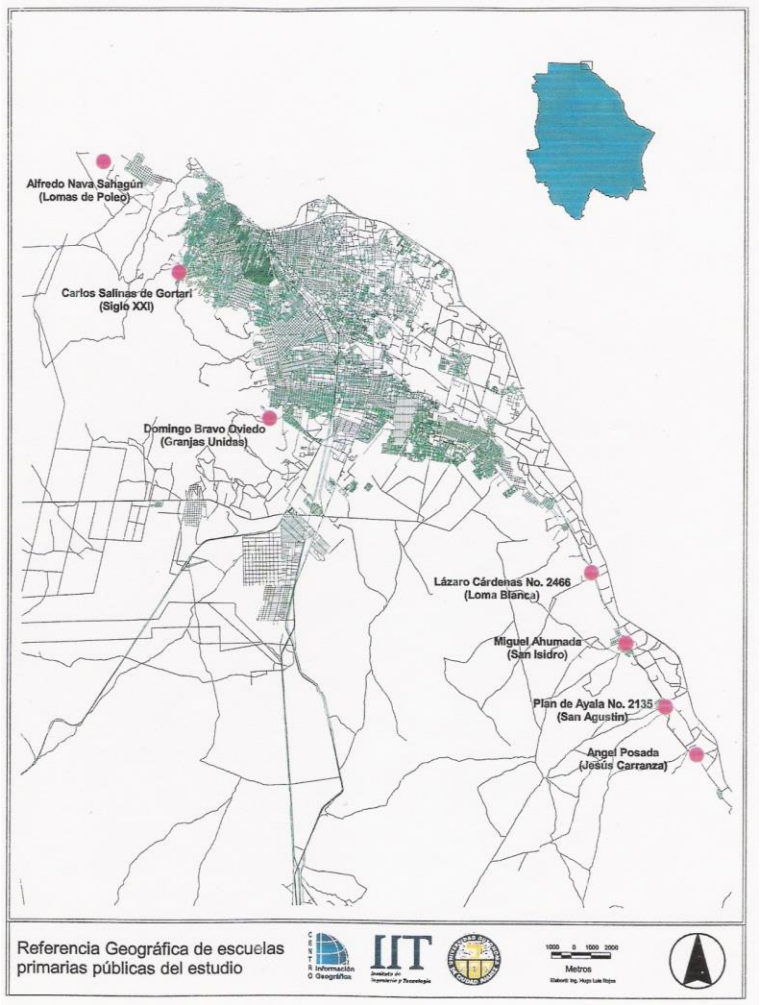


Figura 1. Puntos de muestreo de la zona Este y Oeste del municipio de Juárez.

laboratorio para llevar a cabo sus respectivos análisis. Para determinar la calidad bacteriológica del agua se implementó la técnica de Fermentación por Tubos Múltiples (FTM) la cuál requirió de los medios específicos para la determinación de bacterias coliformes totales y fecales. Como método alterno, se empleó la técnica de Autoanálisis Colilert (Laboratorios IDEXX de USA). En total fueron 145 muestras de agua que se obtuvieron durante el estudio. Las muestras obtenidas fueron tanto de las escuelas de las zonas de estudio como de las viviendas que colindan directamente con las escuelas implementándose el muestro por conveniencia.

Caracterización bacteriológica

La EPA ha establecido dos métodos estándares para la enumeración de coliformes en agua para consumo humano. Estos fueron la técnica de Filtración por Membrana y Fermentación por Tubos Múltiples. Posteriormente a esto la EPA propuso la prueba para determinación de coliformes basados en la técnica de Presencia-Ausencia además del Autoanálisis Colilert. Tanto la técnica de Filtración por Membrana, Tubos Múltiples y Presencia-Ausencia requieren de la fermentación de lactosa, la cual da como resultado la producción de colonias típicas de coliformes, gas o ácido y gas (Covert *et al*, 1989).

Técnica de fermentación por tubos múltiples (FTM)

Se inocularon volúmenes parciales (10 ml, 1 ml, 0.1 ml) de una muestra en una serie de nueve tubos de ensayo que contienen un medio de cultivo adecuado tanto de concentración doble como de concentración simple; se realizaron en esta técnica dos pruebas, una presuntiva y otra confirmativa (APHA, 2005). Para la prueba presuntiva se determinaron volúmenes determinados de muestra en caldo lactosado o caldo Iaurilsulfato-triptosa y se incubaron a 35 ± 0.5°C, durante 24-48 h. La formación de gas a partir de lactosa es prueba presuntiva de bacterias coliformes. Para agua potable se propuso usar las siguientes series: 10 ml en 3 tubos; 1 ml en 3 tubos y 0.1 ml en 3 tubos. La siembra de 10 ml de muestra se hizo en tubos con 10 ml del medio de cultivo a doble concentración. Para la prueba confirmativa se traspasó una pequeña cantidad de cultivo con caldo bilis-verde brillante 2%, los cuales se incubaron a 35 ± 0.5°C por 24 y 48 h en donde la generación de gas se consideró como prueba confirmativa. Para fines de agilizar el proceso de la técnica fue necesario realizar algunas modificaciones a la técnica. Se utilizaron cajas petri en vez de tubos de ensaye y se les añadió agar bacteriológico al 2%.

Autoanálisis Colilert (AC)

La técnica de Autoanálisis Colilert detecta simultáneamente los coliformes totales y fecales (*Escherichia coli*) en el agua basado en la tecnología de substrato definido (DST). A una muestra de 100 ml de agua se añadió el reactivo Colilert ® de IDEXX, se agitó y posteriormente se dejó incubar por 24 h a 35 ºC.

Recuento de coliformes totales y fecales

Los resultados obtenidos por la técnica de Fermentación por Tubos Múltiples y Autoanálisis Colilert son reportados en términos de Número Más Probable (NMP) de organismos presentes en 100 ml de agua (NMP/100 ml de agua). Este número es una estimación probabilística de la densidad media de coliformes en la muestra.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos durante el proyecto han sido analizados de manera electrónica mediante el programa estadístico MINITAB 18 (Minitab Inc., 2018), con el cual se puede determinar la diferencia significativa, en caso de que exista, entre las dos zonas estudiadas, así como en función de tiempo. Para esto se llevaron a cabo análisis de varianza (ANOVA) de una vía y análisis de multivariables agrupados (dendogramas).

Resultados

De las 145 muestras que se analizaron de las diferentes zonas donde se realizó el estudio, la presencia de coliformes totales fue de 68.96% en las muestras analizadas mientras que los coliformes fecales el 20.68% de las muestras analizadas resultaron positivas. Los resultados obtenidos para la determinación de coliformes totales y fecales durante las temporadas de verano e invierno se presentan en la tabla 1, donde se observa que durante todos los meses de muestreos las coliformes totales y fecales estuvieron presentes en todas las comunidades, presentando un amplio rango entre los puntos de muestreo de ambas zonas.

Tabla 1. Rangos de coliformes (NMP/100ml) presentes en agua de consumo durante la temporada de verano e invierno.

Meses	FTM		AC	
	CT	CF	CT	CF
Abril	*	*	2-2419	0-2419
Junio	3-2400	30-2400	5-2419	1-228
Octubre	3-2400	3-920	1-2419	3-81
Diciembre	3-2400	16-2400	1-2419	2-921
Febrero	*	*	1-2419	0-2419
Marzo	4-2400	6-2400	*	*

* No se implementó la técnica.

Fermentación por Tubos Múltiples (FTM).

El ANOVA (Figura 2) nos muestra que el método de FTM no presentó diferencia significativa en el grado de contaminación entre las localidades muestreadas, obteniéndose una F=1.02 y una P=0.424. La localidad Siglo XXI fue la que presentó mayor contaminación durante todo el estudio, así como la mayor variabilidad entre las muestras tomadas, aún cuando en todas ellas se presentaron valores mayores a los máximos permisibles en la NOM-127-SSA-1994, con una media de coliformes totales de 697 NMP/100 ml, esto en la zona Oeste (Tabla 2).

Tabla 2. Medias obtenidas por la técnica de Fermentación por Tubos Múltiples (FTM) y Autoanálisis Colilert (AC) para coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) en ANOVA.

Localidad	FTM		AC	
	CT	CF	CT	CF
Loma Blanca	58	4	83	7
San Isidro	69	4	334	0.1
San Agustín	6	0	41	161
Jesús Carranza	347	343	213	124
Lomas de Poleo	473	132	336	1
Siglo XXI	697	590	1028	441
Granjas Unidas	293	267	538	0.22

Ligeramente por debajo se encuentra la localidad de Lomas de Poleo, la cual presentó una media para coliformes totales de 473 NMP/100 ml, en esta misma zona, pero con una menor variación en los resultados de las muestras analizadas. Las demás localidades de las zonas Oeste y Este, presentaron niveles de contaminación coliformes totales de 6 a 347 NMP/100 ml y una menor variabilidad entre las muestras, siendo la localidad de San Agustín la que presentó menor contaminación de coliformes totales con una media de 6 NMP/100 ml.

En la figura 3 se observa la comparación por temporada de los muestreos de la zona Este y Oeste, donde se observa que la zona Este perteneciente al Valle de Juárez, no presentó diferencia significativa de contaminación durante los meses muestreados, sin embargo, se puede apreciar que el mes de diciembre fue el que presentó mayor contaminación en comparación de los tres muestreados en esta zona, con una media de 1100 NMP/100 ml. Por otro lado, la zona Oeste (la cuál abarca las colonias Siglo XXI, Lomas de Poleo y Granjas Unidas) se observó una mayor variación en las concentraciones de coliformes totales durante todos los meses de muestreos en las diferentes localidades de esta zona. Sin embargo, podemos apreciar que hubo una ligera diferencia en cuanto a presencia de contaminación, siendo el mes de junio el que presentó la mayor concentración de coliformes totales y el mes de diciembre el de menor concentración.

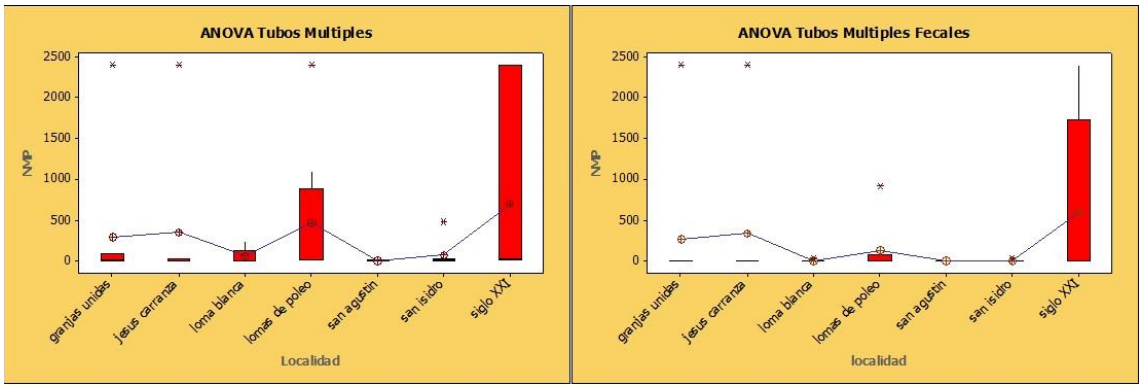


Figura 2. ANOVA fermentación por fermentación por tubos múltiples para coliformes totales (izquierda) y coliformes fecales (derecha).

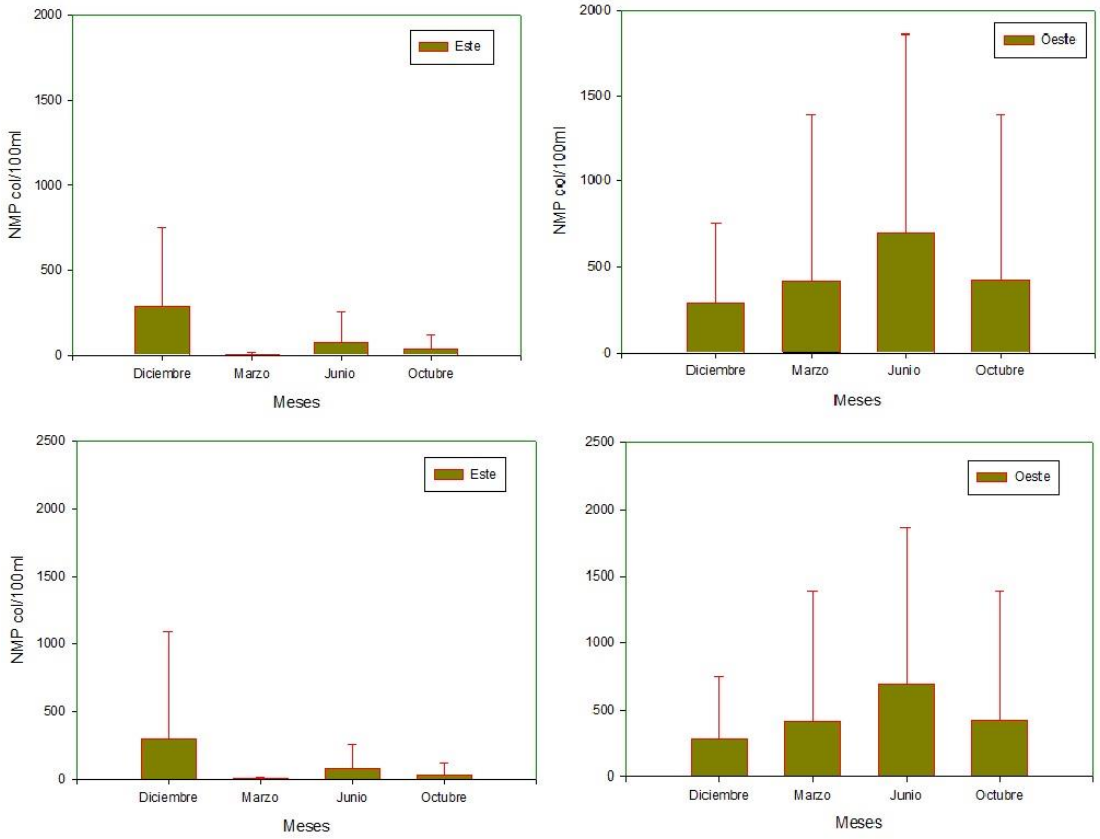


Figura 3. Comparación zona Este y Oeste por Fermentación por Tubos Múltiples coliformes totales (parte superior) y coliformes fecales (parte inferior).

Para el caso de los coliformes fecales, los cuales estuvieron presentes en un 20.68% de las muestras analizadas, se observa que para la técnica de FTM no existe diferencia significativa entre las zonas analizadas, donde el análisis de ANOVA nos dio una F = 1.07 y P = 0.394. Sin embargo, y coincidiendo con el análisis para coliformes totales, la localidad de Siglo XXI presentó los valores más elevados para este parámetro, con una media de coliformes fecales de 590 NMP/100 ml (Tabla 2), así como la mayor variación entre los datos (Figura 2). Cabe mencionar que durante todos los meses de muestreos los valores para coliformes fecales que presentaron los sitios de muestreos no se encontraban dentro de los niveles máximos permisibles (Tabla1). En la figura 3 se muestra la comparación por temporada muestreada para ambas zonas, apreciándose que para coliformes fecales no existe una diferencia significativa entre ambas zonas, Sin embargo, se puede observar que la zona Oeste presenta una mayor contaminación que la zona Este, en al que solo el mes de diciembre presentó un valor elevado, mientras que para la zona Oeste el mes de junio fue el que presentó la media más elevada de coliformes fecales (Tabla 2), aunque en esta misma zona no existe gran diferencia con respecto a los demás meses analizados.

Autoanálisis Colilert (AC)

El análisis de varianza (Figura 4) para el caso de AC no mostró diferencia significativa, al igual que en la técnica anterior, pero observó que en todas las localidades se encuentra contaminación para las muestras tomadas durante el año de cada uno de los puntos (Tabla 1), donde el análisis de ANOVA mostró una F = 2.85 y P = 0.014. La localidad de Siglo XXI presentó el mayor índice de contaminación con una media de coliformes torales

de 1065 NMP/100 ml, así como la mayor variabilidad en las muestras tomadas durante todo el año en este punto. Mientras que San Agustín fue el punto en que se presentó una media menor con 53 NMP/100 ml (Figura 5), en ambos casos los resultados fueron similares a los obtenidos por la técnica de FTM, pudiendo observar que ambos métodos de análisis se obtienen las mismas tendencias en el grado de contaminación que se presentan en los sitios de muestreos.

La figura 5 muestra el análisis de comparación entre las zonas Este y Oeste con respecto al tiempo en

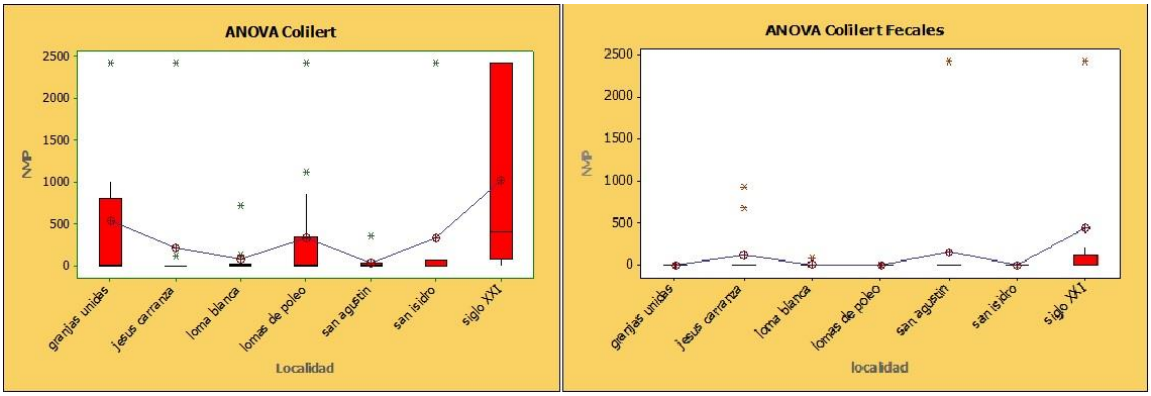


Figura 4. ANOVA Colilert para coliformes totales (Izquierda) y coliformes fecales (derecha).

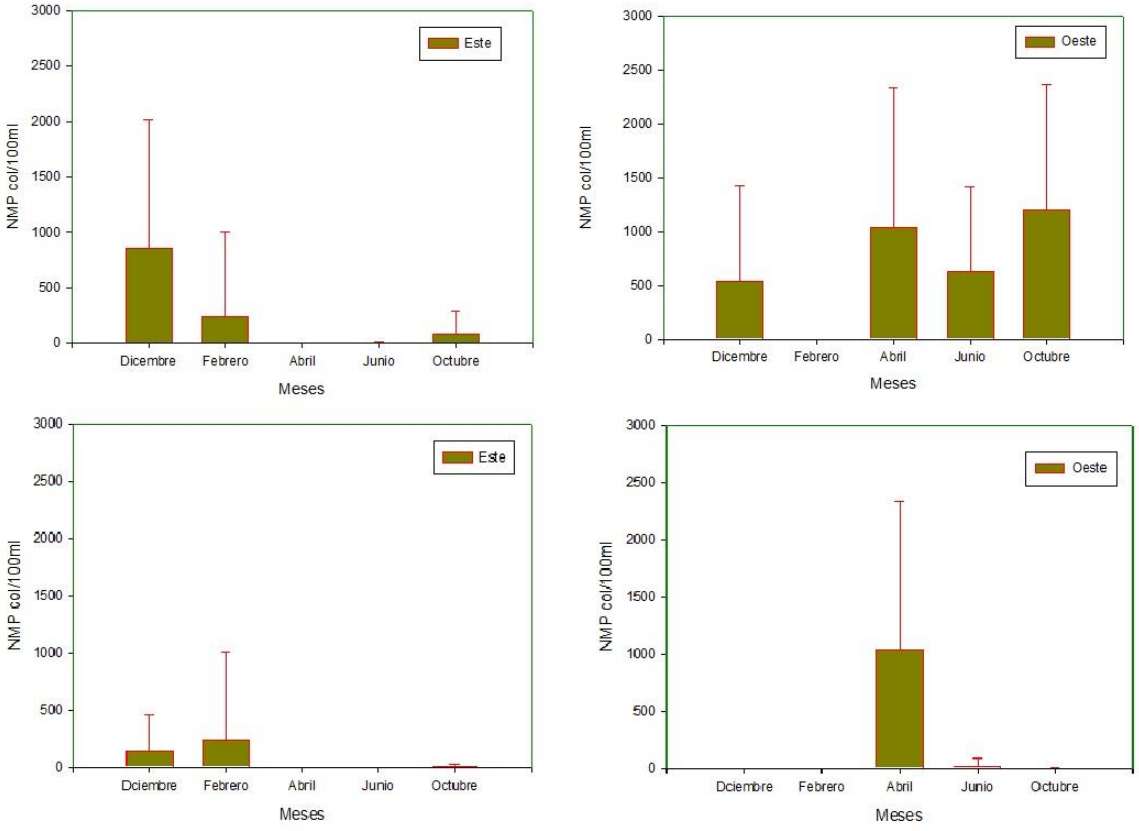


Figura 5. Comparación zona Este y Oeste por autoanálisis Colilert de coliformes totales y coliformes fecales.

que se tomaron las muestras, en donde se observa que tanto el mes de febrero como el de diciembre fueron los meses que presentaron una mayor contaminación en la zona Este. Al igual que en la técnica de FTM existe una gran variación en cuanto a los resultados obtenidos. Por otro lado, en la zona Oeste se encontró que existe poca diferencia en cuanto al grado de contaminación que presentó durante el tiempo de muestreo, siendo el meses de abril y octubre los que presentaron mayor contaminación, mientras que el mes de febrero no se observó contaminación.

En el caso de coliformes fecales, el análisis de varianza (Figura 2) muestra que no existe ninguna diferencia significativa entre todas las localidades muestreadas, siendo la localidad de Siglo XXI la que presentó ligeramente mayor contaminación con una media para coliformes fecales de 441 NMP/100 mL, con respecto a las demás localidades debido a que presentó una gran variación en los resultados. En la figura 5 se presenta el análisis temporal para coliformes fecales por el método de AC, en donde solamente los meses de diciembre y febrero presentaron contaminación por coliformes fecales en la zona Este. Por lo contrario, para la zona Oeste el mes de abril fue el más contaminado. Lo anterior puede atribuirse a que el hecho de que los coliformes fecales son altamente sensibles a diferentes factores, entre ellos los ambientales, por lo que la temperatura pudo haber influido en su inactivación.

Comparación multivariable de las localidades y técnicas.

La figura 6 nos muestra la comparación multivariable de las distintas localidades muestreadas y analizadas por ambas técnicas. Como se puede observar en dicha figura, la localidad de San Agustín perteneciente a la zona Este fue la que mostró menor similitud (34.03%) con respecto a las demás localidades. Las localidades de Loma Blanca (zona Este), Granjas Unidas y Lomas de Poleo (zona Oeste) se encuentran agrupadas en el mismo conjunto presentando las primeras dos una similitud del 98.75% con respecto a la última de 93.73%. Por último, las localidades de San Isidro y Jesús Carranza (zona Este) presentan similitud del 98.12% entre ambas localidades y 52.15% con respecto a Siglo XXI (zona Oeste) siendo esta la localidad que presentó mayor contaminación registrada durante todo el estudio.

En la tabla 3 se presentan los distintos índices de contaminación registrados a lo largo de los meses del estudio por cada localidad muestreada. Las cifras remarcadas se indica cuando se encuentran por encima de los límites máximos permisibles estipulados por la NOM-127-SSA-1994.

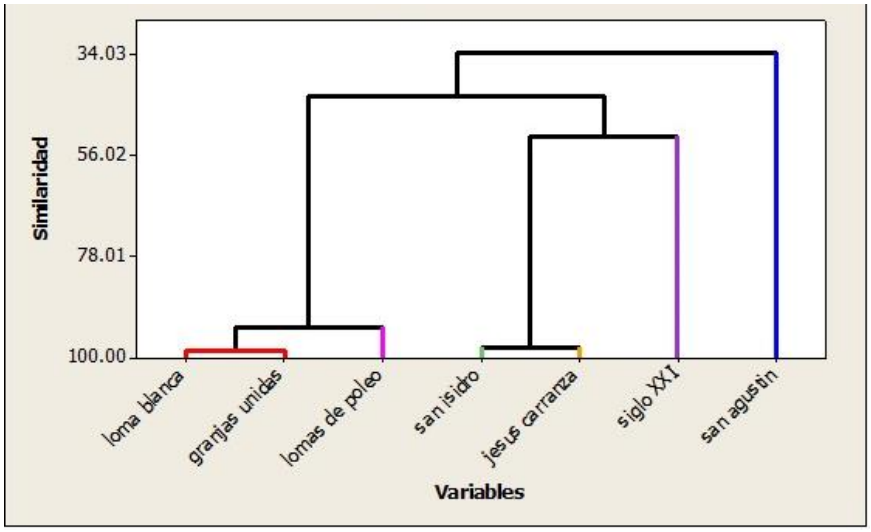


Figura 6. Dendograma de correlaciones entre las distintas localidades.

Tabla 3. Índices de contaminación por localidad/mes que están por encima de lo establecido por la NOM-127-SSA-1994.

Localidad	Mes de muestreo					
	Diciembre	Febrero	Marzo	Abril	Junio	Octubre
Loma Blanca	68	1	0	0	115	184
San Isidro	810	4	17	1.5	240	35
San Agustín	83	806	7	0	7	2
Jesús Carranza	1411	1	2	0	23	21
Lomas de Poleo	420	0	14	1	260	1443
Siglo XXI	1052	0	1212	2419	1032	58
Granjas Unidas	161	0	20	0	665	932

Discusión

Las zonas estudiadas en este proyecto son localidades marginadas o rurales que no cuentan con sistema de distribución del agua, y por consiguiente, el riesgo es de enfermedades transmitidas por el agua es mayor. De las 145 muestras analizadas el 68.96% presentaron contaminación a coliformes totales, mientras que para coliformes fecales, solo se obtuvo en un 20.68%. Comparando con un estudio realizado por Nogueira *et al*. (2003) en Brasil, donde se analizaron tanto zonas urbanas como rurales hubo contaminación por coliformes totales (83%) y fecales (48%) solo que en este caso el número de muestras fue de 3073 durando el proyecto 3 años, y concluyeron que los índices de contaminación obtenidos en todo su proyecto fueron de muestras de agua que no presentaron ningún tratamiento previo a su consumo. La NOM-127-SSA-1994 establece que los niveles máximos permisibles de coliformes tanto totales como fecales no deben superar los 2 NMP/100 ml y 0 NMP/100 ml respectivamente. Para nuestro caso, todas las localidades estudiadas superaron en al menos un mes de los 6 que se abarco los limites establecidos por dicha norma. LeChevallier *et al*. (1996), concluyeron que los meses más críticos en cuanto a contaminación se refiere se encontraban desde el mes de abril hasta noviembre siendo estos considerados los más cálidos del año. Nuestros resultados concuerdan con los autores anteriores, ya que los meses en los que se encontró una mayor contaminación fueron los meses de verano (abril, junio y octubre), sin embargo, también el mes de diciembre fue anómala, ya que los resultados obtenidos superaron las expectativas planteadas con un índice de contaminación más alto de lo normal. Esto se puede atribuir a que, en el año 2005, año de realización del proyecto, ha sido considerando como uno de los más anormales en cuanto a factores climatológicos se refiere (NWS, 2006). Mazari-Kiriart (1999), en un estudio realizado en el área metropolitana de la ciudad de México obtuvo que el 60% de las muestras analizadas presentaron contaminación de acuerdo a la NOM-127-SSA-1994, sin embargo si se toma en cuenta otros parámetros microbiológicos tales como bacterias patógenas o estreptococos fecales el índice de contaminación aumentaría hasta el 95%, lo cual para nuestro estudio se esperaría lo mismo ya que al igual que estos investigadores dichos parámetros no se tomaron en cuenta, por lo que si existe un riesgo potencia de contraer enfermedades a causa del consumo de agua. Además de esto, y de acuerdo con el estudio anterior, basándonos en el número de muestras obtenidas a lo largo del estudio, podemos llegar a encontrar alrededor de 84 especies diferentes de microorganismos, la mayoría de los cuales son considerados como parte de la flora intestinal de animales como humanos, mientras que otra parte pueden ser patógenos que dañen la salud humana. Algunas de estas bacterias son amenazas potenciales a la salud humana, los efectos de enfermedades varía dependiendo del volumen de agua ingerida por la persona, así como de su estado inmunológico que presente en ese momento, siendo los niños menores de 5 años y personas de la tercera edad, así como personas inmunodeficientes las que presentan mayor susceptibilidad. Cabe mencionar que las comunidades marginadas o rurales son las mas susceptibles a la contaminación del agua, dado que son las que cuentan con menor o ningún tipo de técnicas de desinfección para este recurso. Para los casos de las zonas de estudio, se presentó contaminación del agua en cifras que superan por mucho lo permitido por la Norma Oficial Mexicana, por lo que debe pensarse en la difusión e implementación de métodos a nivel comunitario y/o familiar de desinfección, mientras que no se cuente con agua entubada y tratada. La técnica Colilert fue la más adecuada para realizar este tipo de análisis,

debido a que minimiza el tiempo de trabajo a 24 h y los resultados son confiables y similares a otras técnicas oficiales. Por otro lado, la técnica de Tubos Múltiples presenta algunos inconvenientes de trabajo, resaltando la alta cantidad de material e incapacidad de realizar numerosos análisis, y el tiempo en que se obtienen los resultados, pudiendo tardar entre 4 a 9 días por análisis.

Conclusiones

Aun cuando no existió una diferencia significativa con respecto a contaminación por mes, podemos concluir que los meses de verano presentaron mayor contaminación del agua por localidad. Basándonos en la NOM-127-SSA, la cual hace referencia a los límites máximos permisibles de contaminación por coliformes en agua para consumo humano, se puede concluir que todas las localidades en al menos un mes superaron dicho límite, por lo que sí existe contaminación del agua en las zonas estudiadas. Debido a los resultados obtenidos de calidad bacteriológica del agua en las áreas muestreadas, es de alta importancia contar con una alternativa de desinfección, para evitar enfermedades diarreicas transmitidas por aguas contaminadas.

Referencias

American Public Health Association (APHA) (2005) Standard method for examination of water and wastewater, 21st edn. APHA, AWWA, WPCF.

Centro para la Prevención de Enfermedades (CDC). 2004. Tecnologías Alternativas para el Tratamiento del Agua. Manual del Sistema de Agua Segura. Departamento de Saludo y Servicios Humanos. http://www.cdc.gov/spanish/agua-segura/s-alt_water.htm

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2004. Estadísticas del Agua en México. Un producto del Sistema Unificado de Información Básica del Agua (SUIBA).

Cosgrove, W.J. y Rijsberman, F.R., 2000. Making Water Everybody's Business. Earthscan Publications Ltd, London.

Covert, T.C., Shadix, L.C., Rice, E.W., Haines, J.R. y Freyberg, R.W., 1989. Evaluation of the Autoanalysis Colilert Test for Detection and Enumeration of Total Coliforms. American Society for Microbiology. Vol. 55;p. 2443-2447.

Gleick, P.H., 2001. Making Every Drop Count. Scientific America. 248: 41-45.

Instituto Nacional de Estadística, Geografia e Informática. 2010. Sistemas para la Consulta de Información Censal (SCINCE) por colonias.

LeChevallier MW, Welch NJ, Smith DB. 1996. Full Scale Studies Factors Related to Coliform Regrowth in Drinking Water. American Society for Micorbiology, Applied and Environmental Microbiology, July 1996. p. 2201-2211.

Mazari-Kriart, M., Torres-Beristain, B., Velázquez, E., Calva, J.J. y Pillai, S.D. 1999. Bacterial and viral indicators of fecal pollution in Mexico City's Southern aquifer. Journal of Environmental Science and Health, Part A. Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 34(9):1715-1735 https://doi.org/10.1080/10934529909376924

Mora, D. 1996. Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe. Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable. Lima, CEPIS.

National Weather Service (NWS). 2006. 2005 Weather Review. http://www.nws.noaa.gov/.

Nogueira, G., Nakamura, C.V., Tognim, M.C.B., Abreu-Filho, B.A. y Dias-Filho, B.P., 2003. Microbiological quality of drinking water of urban and rural communities, Brazil. Revista de Saúde Pública, 37(2):232-236. https://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102003000200011

Norma Oficial Mexicana, 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.

Postel, S. 2000. Entering an era of water scarcity: The challenges ahead. Ecological Applications, 10: 941-948.

Singh, A. y McFeters, G.A. 1992. Detection Methods for Water Borne Pathogens, in: R. Mitchell (ed.) Environmental Microbiology, 1st ed. New York, Liss.