



Título del artículo.

**Frecuencia de *Escherichia coli* y otros indicadores de contaminación fecal en cuatro parques recreativos y la planta tratadora de agua en Chilpancingo, Guerrero, México**

Título del artículo en idioma inglés.

**Frequency of *Escherichia coli* and other indicators of fecal contamination in four recreational parks and the water treatment plant in Chilpancingo, Guerrero, Mexico**

Autor.

**Juan Carlos Cruz Martínez**

Referencia bibliográfica:

MLA

Cruz Martínez, Juan Carlos. "Frecuencia de *Escherichia coli* y otros indicadores de contaminación fecal en cuatro parques recreativos y la planta tratadora de agua en Chilpancingo, Guerrero, México". *Tlamati* 11.2 (2020): 12-18. Print.

APA

Cruz Martínez, J. C. (2020). Frecuencia de *Escherichia coli* y otros indicadores de contaminación fecal en cuatro parques recreativos y la planta tratadora de agua en Chilpancingo, Guerrero, México. *Tlamati*, 11(2), 12-18.

---

ISSN Revista impresa: 2007-2066.

ISSN Revista digital: En trámite

Publicado el 31 de diciembre del 2020

© 2020 Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección General de Posgrado e Investigación

Dirección de Investigación

*TLAMATI*, es una publicación semestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAGro. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.



## Frecuencia de *Escherichia coli* y otros indicadores de contaminación fecal en cuatro parques recreativos y la planta tratadora de agua en Chilpancingo, Guerrero, México

Juan Carlos Cruz Martínez\*

<sup>1</sup>Centro de Estudios Superiores Guerrero [CESGRO]. Sor Juana Inés De la Cruz #15 Barrio de Tequicorral, Chilpancingo de los Bravo, Gro. México. C. P. 39080. Tel: +52 (747) 47 2 24 69.

\*Autor de correspondencia  
 qbpjccm@gmail.com

### Resumen

*Escherichia coli* es utilizado como indicador de contaminación fecal y sus variantes patógenas diarrogénicas provocan brotes epidemiológicos y cuadros de diarrea. El objetivo del estudio fue determinar la frecuencia de *E. coli* en comparación con otros microorganismos patógenos usados como indicadores de contaminación fecal en muestras de suelo obtenidas de cuatro parques recreativos en la Ciudad de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México y muestras de agua de la planta tratadora de agua en el Barrio de Santa Cruz. Petaquillas, Guerrero, México, para analizar a través de reacción en cadena de la polimerasa y electroforesis, si las cepas aisladas en el estudio muestran genes específicos de virulencia. Las muestras de suelo y agua se recolectaron en frascos estériles para su posterior procesamiento por la técnica de dilución seriada, mientras las de agua se procesaron a través del método de filtrado Millipore. El aislamiento de las cepas se realizó en medios de cultivo sólido: Agar MacConkey y EMB y su identificación a través de pruebas bioquímicas convencionales. Se obtuvo un total de 49 cepas en los dos ambientes. Se encontró mayor frecuencia de *E. coli* y *Klebsiella pneumoniae* con 13 cepas en respectivamente en comparación a otros indicadores de contaminación fecal como *Proteus mirabilis* y *Proteus vulgaris* con una cada una. En el apartado molecular de las 13 cepas aisladas de *E. coli* no amplificaron con el regulon *AggR* lo que nos indica que no son variantes diarrogénicas de esta especie. Esto se debe a varios factores, desde ambientales, época del año y la depredación por otros microorganismos. Todas las muestras de los diferentes ambientes mostraron contaminación por microorganismos usados como indicadores de contaminación fecal, mostrándose con más frecuencia *E. coli*.

**Palabras clave:** *Escherichia coli*, indicadores de contaminación fecal, coliformes, ambientes .

### Como citar el artículo:

Cruz Martínez, J. C.. (2020). Frecuencia de *Escherichia coli* y otros indicadores de contaminación fecal en cuatro parques recreativos y la planta tratadora de agua en Chilpancingo, Guerrero, México. *Tlamati*, 11(2), 12-18.

## Abstract

*Escherichia coli* is used as an indicator of fecal contamination. Its pathogenic diarrhea variants cause epidemiological outbreaks and diarrhea. Objective of the study was to determine frequency of *Escherichia coli* compared to other pathogenic microorganisms used as indicators of fecal contamination in soil samples, obtained from four recreational parks in the City of Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México and water samples from the water's treatment plant in Barrio de Santa Cruz. Petaquillas, Guerrero, México, in order to analyze through reaction polymerase chain (PCR) and electrophoresis, if strains isolated in this study show specific virulence genes. Soil and water samples were collected in sterile bottles for further processing by serial dilution technique, while water samples were processed through Millipore filtering method. Isolation of strains were carried out in solid culture media: MacConkey and EMB Agar, and their identification through conventional biochemical tests. A total of 49 strains were obtained in the two environments. A higher frequency of *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* was found with 13 strains respectively, compared to other indicators of fecal contamination such as *Proteus mirabilis* and *Proteus vulgaris*, with one each. In molecular section of 13 isolated strains of *Escherichia coli*, they did not amplify with *aggr* regulon, which indicates that they are not diarrheogenic variants of this species. This is due to several factors, such as environmental factors, time of year, and predation by others microorganism. All samples from different environments showed contamination by microorganisms used as indicators of fecal contamination, showing more frequently *Escherichia coli*.

**Key words:** *Escherichia coli*, indicators of fecal contamination, coliforms, environments.

## Introducción

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud [OMS] "...las enfermedades diarreicas causan más de la mitad de la carga mundial de las enfermedades de transmisión alimentaria, con 550 millones de personas que enferman y 230.000 que mueren cada año, principalmente a través de la diarrea infecciosa por la ingesta de agua o suelos contaminados, que sirven de vehículo para los microorganismos patógenos" (World Health Organization [WHO], 2021), tales como las variantes diarréogénicas de *Escherichia coli*.

En México, estas bacterias se han aislado en pacientes de diferentes edades (Cortés-Ortiz, Rodríguez-Angeles, Moreno-Escobar, Tenorio-Lara, Torres-Mazadiego, y Montiel-Vázquez, 2002).

En Chilpancingo, Gro., el reporte de incidencias provocadas por estos patógenos no se conoce, debido a que estas incidencias no necesitan ser reportados a las autoridades sanitarias conducentes, ya que la identificación de las variantes diarréogénicas de *E. coli* se basan en su detección a través de pruebas moleculares, mismas que no son realizadas con frecuencia. Esto resulta en uno de los principales problemas relacionados con estas incidencias, ya que cuando se presenta una infección por estos organismos, usualmente no se identifican los genes causantes de diarrea. Es para estos casos que las pruebas moleculares ayudarán para su identificación.

Esta investigación tuvo como objetivo el de contrastar la frecuencia de *E. coli* contra otros microorganismos patógenos usados como indicadores de contaminación fecal, como son: *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella* y *Citrobacter*. Esto permitió determinar la frecuencia de diferentes cepas recolectadas de diversos ambientes en el municipio de Chilpancingo de los Bravo, Gro., y así determinar la frecuencia con la cual aparecen las variantes diarréogénicas de *E. coli*, evaluando los riesgos para la salud.

## Materiales y Métodos

Se colectaron 40 muestras, de las cuales 20 fueron de suelo (parques recreativos) y 20 de agua (planta tratadora

de agua) en el municipio de Chilpancingo de los Bravo, Gro. Las muestras de agua y suelo fueron colectadas en un periodo comprendido de enero a junio del 2018, en frascos estériles con tapa de rosca y capacidad de 100 ml. El agua fue transportada en un termo con refrigerantes, donde se mantuvieron 4 °C como lo marca la secretaria de comercio en la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial [SECOFI], 1980). Así mismo, se hizo uso de un sistema *Global Positioning System* [GPS] para la ubicación geográfica de los sitios muestreados, incluidos las muestras de suelo, anotando en una bitácora la ubicación exacta de cada muestra. Posteriormente, las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Investigación de Análisis Microbiológicos de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicado en Chilpancingo.

Tabla 1. Frecuencia de microorganismos aislados en los dos ambientes (agua, suelo y lechugas) en Chilpancingo, Gro.

Microorganismos	n	%
<i>Escherichia coli</i>	13	27%
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	13	27%
<i>Klebsiella oxytoca</i>	5	10%
<i>Enterococcus faecalis</i>	7	14%
<i>Citrobacter koseri</i>	4	8%
<i>Salmonella</i> spp.	4	8%
<i>Proteus mirabilis</i>	1	2%
<i>Proteus vulgaris</i>	1	2%
<i>Serratia marcescens</i>	1	2%
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Frecuencia de cepas encontradas en los suelos de parques recreativos: Manuel S. Leyva, Juan Ruiz de Alarcón, Benito Juárez y CREA.

Cepas aisladas	Manuel S. Leyva		Juan Ruiz de Alarcón		Benito Juárez		CREA		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Escherichia coli</i>	1	4.5	2	9	-	-	1	4.5	4	18.3
<i>Proteus mirabilis</i>	-	-	1	4.5	-	-	-	-	1	4.5
<i>Citrobacter koseri</i>	-	-	3	13.5	-	-	1	4.5	4	18.3
<i>Klebsiella oxytoca</i>	3	13.5	1	4.5	1	4.5	-	-	5	22.7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	9	-	-	3	13.5	1	4.5	6	27.3
<i>Serratia marcescens</i>	-	-	1	4.5	-	-	-	-	1	4.5
<i>Proteus vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	1	4.5	1	4.5
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de suelo fueron recolectadas y transportadas de acuerdo con la Secretaría de Economía en la Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006, que indica que, para la toma de muestra se utilice una cuchara de acero inoxidable previamente esterilizada, vaciando alrededor de 50 g de la muestra de suelo en un frasco estéril de tapa de rosca roja. La recolección de las muestras de suelo se realizaron en los siguientes parques recreativos de Chilpancingo, Gro., como sigue:

- Manuel S. Leyva (17° 32' 41.0418", -99° 29' 55.0464")
- Benito Juárez (17° 33' 31.917", -99° 30' 20.52")
- Juan Ruiz de Alarcón (17° 32' 45.618", -99° 29' 59.5134")
- Unidad Deportiva Chilpancingo [CREA] (17° 32' 9.0162", -99° 29' 38.3238")

así como en la Planta Tratadora de Agua en el Barrio de Santa Cruz. Petaquillas, Gro. (17° 29' 26.718" -99° 28' 5.9838").

Para su procesamiento, se usó el método de diluciones seriadas, numerando cinco tubos de 16 x 150mm, adicionando 4.5 ml de agua destilada estéril en condiciones asépticas. Pesando 0.5 g de la muestra de suelo y adicionando al tubo 10-1, para ser homogenizando en vórtex y dejando sedimentar por dos minutos. Se realizaron las diluciones hasta 10-5 usando 0.5 ml como volumen de transferencia.

Se inocularon 100 µl de las diluciones 10-1, 10-3 y 10-5 en placas de agar MacConkey, extendiéndolas homogéneamente sobre la superficie con una varilla de vidrio en ángulo, previamente esterilizadas (desinfectada con alcohol y flameada), donde se dejó incubar a 37°C por 24 a 48 horas

Las muestras de agua fueron recolectadas y procesadas de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 (SECOFI, 1980), que indica que las muestras del influente

Tabla 3. Frecuencia de cepas aisladas de la planta tratadora de agua encontradas en los meses enero a abril del 2018.

Cepas	Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Escherichia coli</i>	-	-	1	3.7	1	3.7	7	26
<i>Enterococcus faecalis</i>	1	3.7	3	11.1	2	7.4	1	3.7
<i>Salmonella spp.</i>	1	3.7	3	11.1	-	-	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	3.7	3	11.1	1	3.7	2	7.4
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>10.1</b>	<b>10</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>14.8</b>	<b>10</b>	<b>37.1</b>

Fuente: Elaboración propia

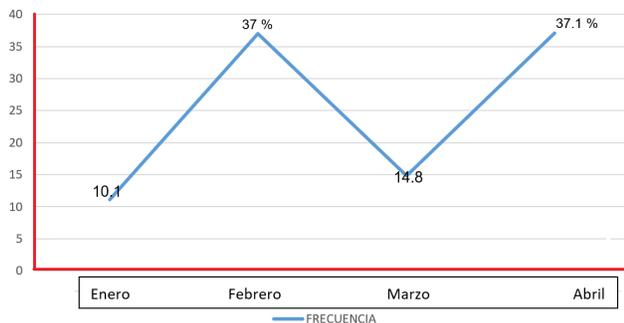


Figura 1. Frecuencias de microorganismos aislados en las muestras de agua, recolectadas en los meses de enero-abril del 2018.

deben tomarse en un frasco estéril con tapa roja, siendo abierto dentro del agua y transportado en un termo con refrigerante a 4 °C.

El procesamiento se realizó por la técnica de filtrado Millipore siguiendo la hoja técnica del Sistema de filtración Microfil, a través de un filtro de membrana de 4,5 µm, tomando 10 ml de la muestra de agua residual y vertiéndolos en 90 ml de agua estéril, dentro del embudo del filtro y exponiéndolo al vacío. Posterior a eso, con pinzas flameadas se colocó el filtro en Agar MacConkey, dejándola incubar a 37°C por 48 horas.

Después de obtener crecimiento en las placas de agar MacConkey, se realizó una tinción de Gram y mediante pruebas bioquímicas convencionales se identificaron las diferentes bacterias aisladas de las placas. Las muestras positivas para *E. coli* se sembraron en placas de agar Eosina azul de metileno [EMB] para asegurar su pureza. Las colonias que presentaron verde brillante metálico fueron sembradas en agar Tripteína Soya para su conservación en refrigeración, para la posterior extracción de su material genético.

El Ácido desoxirribonucleico [ADN] de *E. coli* se obtuvo aislando cinco colonias de un cultivo de agar MacConkey dpor un lapso de 24 horas en 1000 µl de agua destilada estéril, centrifugándose durante diez minutos a 10,000 rpm hasta formar un pellet bacteriano, lavándose con agua destilada estéril. El pellet fue incubado por 10 minutos a 37 °C en 300 µl de solución de lisis que consistía en: 0.2 g lisozima, 25 mM Tris, base pH 8.0 10 mm de ácido etilendiaminotetraacético [EDTA]. Se agregó a 300 µl de fenol-cloroformo-alcohol-isoamílico, centrifugándose por 10 minutos a 15,000 rpm precipitando el sobrenadante en etanol e incubando el precipitado por 15 minutos. Finalmente, la hidratación del ADN se realizó re suspendiéndolo en 20 µl de agua estéril (Kuhnert y Hacker, 1996).

Cada tubo para procesar las muestras a través de la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa [PCR] contenía: 23 µl de mezcla de reacción que comprende en concentraciones finales: Tris-HCl (pH 8.3), 10 mM; KCl, 50 mM; MgCl<sub>2</sub>, 2 mM; gelatina, 100 µg/ml; glicerol, 5% (vol/vol); dATP, dCTP, dGTP y dTTP (Roche), 200 µM cada uno; AmpliTaq polimerasa (Gibco-BRL), 1 U / 25 µl. También se incluyó una mezcla de oligonucleotidos y una porción de 2 µl ADN bacteriano. Las soluciones se sometieron a las siguientes condiciones de ciclado: 50 °C

(2 min, 1 ciclo); 95 °C (5 min, 1 ciclo); 95, 55 y 72 °C (45 s a cada temperatura, 40 ciclos); y una etapa de extensión final (10 min, 72 °C) en un termociclador Bio-Rad.

Después de la electroforesis en un gel de agarosa al 2.5% en un tampón Tris-acetato-EDTA, utilizando 4 µl de la mezcla de PCR mediante tinción con Midori Green para visualizar el resultado. (Cerna, Nataro y Estrada-García, 2003)

Ya con los datos obtenidos y los resultados del análisis de las muestras, estos fueron procesados con la ayuda del programa EXCEL (Microsoft 365), donde se registraron los resultados, calculando frecuencias simples.

## Resultados

Del mes de enero a junio de 2018 se estudiaron 40 muestras de suelo y agua. Se obtuvieron 20 muestras de cuatro parques recreativos con diferentes suelos (véase Figura 3) y 20 muestras de la planta tratadora de agua de Petaquillas-Chilpancingo Gro. (véase Figura 4), con la finalidad de aislar los diferentes microorganismos patógenos y no patógenos presentes.

Se aislaron e identificaron un total de 49 cepas en los dos ambientes, con mayor frecuencia *E. coli* (27%) y *Klebsiella pneumoniae* (27%). Mientras *Proteus mirabilis* y *Proteus vulgaris* presentaron la frecuencia más baja con un 2% respectivamente (véase Tabla 1).

Con relación a las muestras de suelo se aisló con mayor frecuencia a *K. pneumoniae* (27.3%), *Klebsiella oxytoca*

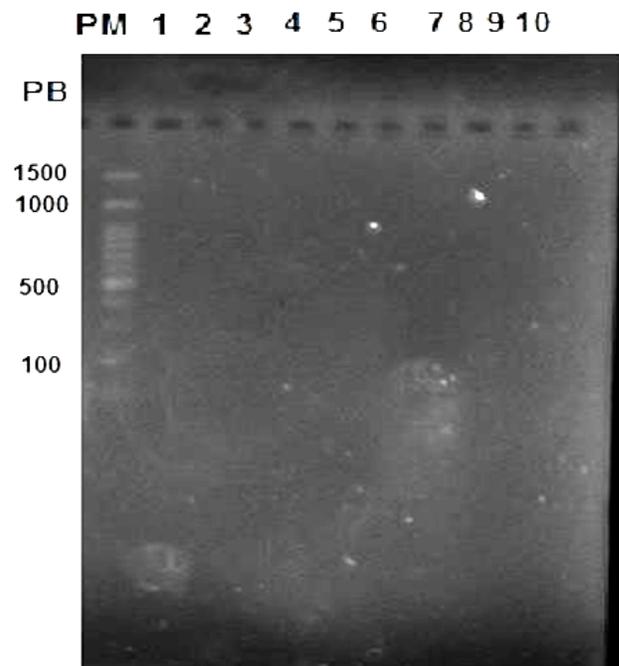


Figura 2. Electroforesis en gel de agarosa de producto de PCR para la amplificación del regulon *aggR*. PM: Marcador de peso molecular. PB: Pares base de 100, 500, 1000 y 1500. *Escherichia coli* muestra alimentos carril 1 a 4, muestras de suelo carril 5-8, muestras de agua carril 9 y 10. EL carril 11 se encuentra vacío.



Figura 3. Distribución geográfica de parques recreativos muestreados en Chilpancingo, Gro., que son: Manuel S. Leyva (17° 32' 41.0418", -99° 29' 55.0464"), Benito Juárez (17° 33' 31.917", -99° 30' 20.52"), Juan Ruiz de Alarcón (17° 32' 45.618", -99° 29' 59.5134") y Unidad Deportiva Chilpancingo [CREA] (17° 32' 9.0162", -99° 29' 38.3238")

(22.7%), *E. coli* y *Citrobacter koseri* (18.2%), *P. mirabilis*, *Serratia marcescens* y *P. vulgaris* con el 4.5% (véase Tabla 2).

El parque recreativo Juan Ruíz de Alarcón presentó la contaminación más alta con el 36% (8/22), seguido del Manuel S. Leyva con 27% (6/22) y en el parque Benito Juárez y en el CREA con 18% (4/22) respectivamente (véase Tabla 2).

Se identificaron cinco géneros y siete especies aisladas en los cuatro parques, el parque Juan Ruíz de Alarcón presentó el mayor número de géneros (5/5) y especies (5/7) mientras el Benito Juárez tuvo el menor (un género y dos especies) (véase Tabla 2).

En muestras de agua tomadas de la planta tratadora se aislaron cuatro géneros distintos. En el periodo enero-abril se observó una frecuencia alta de *E. coli* (33%; 9/27), seguido de *Enterococcus faecalis*, *K. pneumoniae* (26%; 7/27) y *Salmonella spp.* (15%; 4/27) (véase Tabla 3).

Con relación al tipo de bacteria, *E. coli* se aisló en los meses de febrero-abril. *E. faecalis* de enero a abril, *Salmonella spp.* en enero y febrero; al igual que *K. pneumoniae* (véase Tabla 3).

Las bacterias aisladas durante el periodo de muestreo, se observó en el mes de enero a *E. faecalis*, *Salmonella spp.* y *K. pneumoniae* con un 3.7% cada una. En febrero, diez de *E. faecalis*, *Salmonella spp.* y *K. pneumoniae* (11.1%), para cada una de ellas y uno de *E. coli* (3.7%). En marzo se aislaron cuatro cepas: dos de *E. faecalis* (7.4%) y uno para *E. coli* (3.7%) y *K. pneumoniae* (3.7%). En el mes de abril 10, siete para *E. coli* (7/10, 26%), dos para *K. pneumoniae* (7.4%) y uno para *E. faecalis* (3.7%) (véase Tabla 3).

Por mes, la mayor contaminación se observó en febrero y abril, con 10 cepas diferentes (37%), seguido de marzo (14.8%) y enero (11.1%) (véase Tabla 3).

Se procesaron cinco muestras de agua por mes en la planta tratadora de agua de Petaquillas, Gro., en los meses de enero-abril, comparando los meses de muestreo y temperaturas bajas (enero, febrero y marzo) y abril que es más cálido, observando una fluctuación en el número de cepas aisladas, donde se obtuvo un mayor número en los meses

de febrero y abril (véase Figura 1).

Del total del muestreo, se obtuvieron 13 cepas de *E. coli* y de acuerdo a las características de virulencia reportadas, se llevó a cabo la identificación molecular del gen del regulon *aggR*; sin embargo en las muestras no se observó ningún producto de amplificación (véase Figura 2).

## Discusión y conclusión

La contaminación del entorno está considerada como un serio problema que incluye varios aspectos, entre ellos la salud pública. Las descargas de aguas negras son una fuente importante de contaminación de suelos, provocando enfermedades por microorganismos patógenos que habitan en ellos. Algunos de estos microorganismos logran sobrevivir en concentraciones suficientes para causar brotes epidemiológicos, los cuales pueden ser evitados utilizados indicadores biológicos de contaminación como las bacterias coliformes fecales, siendo *E. coli* y *K. pneumoniae* los principales indicadores de contaminación fecal en dichos ambientes.

En un estudio realizado por Chávez Bravo, Martínez Gómez, Cedillo Ramírez, y Juárez en el 2007 en la Universidad de Puebla, se demostró una frecuencia de 22% para *E. coli* en diferentes ambientes (agua, suelo y lechugas), mientras que para *Shigella spp.* y *Salmonella spp.* fue de 6%, comparando con estos resultados la frecuencia para *E. coli* (24.6%) y *Salmonella spp.* (5.8%). Otro trabajo realizado por Olvera Castelán (2007) en los mismos ambientes, encuentran a *E. coli* con una frecuencia superior (76%), esto a raíz de un brote de *E. coli* por el desbordamiento de aguas negras en el Lago Charco en el estado de Hidalgo.

Por muestras encontradas en el medio ambiente, Rivera Jacinto, Rodríguez-Ulloa y López-Orbegoso en el 2009, en un estudio que incluyó 17 muestras de lechugas recolectadas de mercados de Cajamarca, Perú, encontraron una frecuencia de contaminación del 88.2%, datos por debajo a nuestro 100%, siendo *E. coli* (24%) la bacteria mejor aislada en esta hortaliza, similar a lo encontrado en mercados de Chilpancingo, Guerrero (20%).

En muestras de suelo de Argentina, Behrends Kraemer, Chagas, Celio, Irurtia y Garibaldi en el 2011, encontraron una frecuencia total de 100% para diferentes bacterias nativas, similar a los parques recreativos de Chilpancingo,

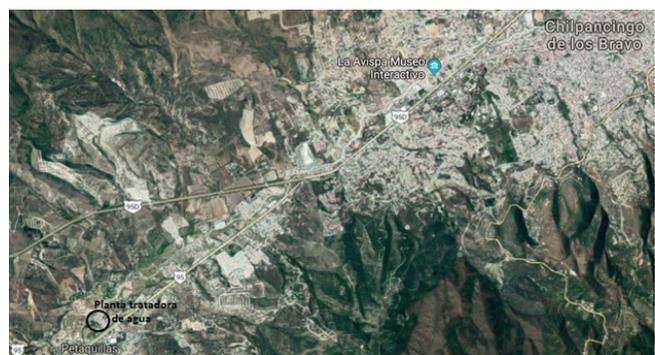


Figura 4. Ubicación de la Planta Tratadora de Agua en el Barrio de Santa Cruz, Petaquillas, Gro. (17° 29' 26.718" - 99° 28' 5.9838") en las inmediaciones de Chilpancingo, Gro., donde se obtuvieron las muestras de agua.

Gro. Por bacteria, *E. coli* estuvo presente en el 81% de las muestras, mientras que el 19% fueron en su mayoría bacilos y cocos Gram positivos, superior a la frecuencia de muestras de *E. coli* recolectadas en este estudio (18.2%). Esto podría deberse a los cuerpos de agua en las cercanías de los suelos y a las heces de bovinos de los alrededores por la presencia de granjas en las inmediaciones de los sitios de muestreo.

Olivas-Enriquez, Flores- Margez, Serrano- Alamillo, Soto- Mejia, Iglesias Olivas, Salazar Sosa y Fortis- Hernandez en el 2011, en un estudio hecho en aguas tratadas descargadas en el río Bravo, se encontraron que los organismos más comunes en el influente son *E. coli*, *Giardia* y *Cryptosporidium*, entre otras coliformes que no especifican.

La aparición de *E. coli* y sus variantes patógenas, así como de otros microorganismos con altos picos en ciertas épocas del año puede deberse a factores ambientales (clima, época del año y temperatura) o factores bióticos, como son los otros microorganismos que conviven en el ambiente, afectando desde la virulencia, morfología, expresión génica y supervivencia de estas variante patógena. Estos factores van desde fluctuaciones en el pH, alta osmolaridad, tensión de oxígeno, las diferentes fuentes de carbono, oligosacáridos no digeribles, factores inmunes del huésped tales como péptido antimicrobiano y la microbiota normal y sus metabolitos (Ferreira, Ng y Sonnenburg, 2014).

*E. coli* como indicador de contaminación fecal se presenta con frecuencias más bajas en ciertas épocas del año, debido a factores como la temperatura, disponibilidad de nutrientes y la depredación por protozoarios, encontrando los picos más altos de abril a octubre (Murrell, Adina, Badía, y María, 2013).

González-Siles y Sjöling en el 2015, explican como el lugar y zona geográfica influyen en brotes de ciertos microorganismos siendo más altos en ciertos climas y en determinadas épocas del año, como son los meses de febrero donde se obtuvo en 37 % de frecuencia, abril con 37.1% y junio (Patel, Mamtani, Dibley, Badhoniya, y Kulkarni, 2010).

Otro factor probable por el cual no se encontró alguna variante patógena de *E. coli*, es que las infecciones causadas por estos microorganismos normalmente siguen una estacionalidad bianual típica, con picos epidémicos en los meses de septiembre y octubre, siendo anormal encontrarla en otras épocas del año (Qadri, Svennerholm, Faruque y Sack, 2005).

Otros autores también sustentan este hecho, explicando que el aumento estacional de algunas variantes patógenas de *E. coli* en el agua, suelos y cultivos corresponde a la temporada de lluvias cálidas en los meses agosto-septiembre, durante y después de las lluvias de verano. La incidencia de infecciones por estos microorganismos parece correlacionarse al aumento de la temperatura media y ocurrir durante las fuertes lluvias (Lothigius, Janzon, Begum, Sjöling, Qadri, Svennerholm y Bölin, 2008); Ahmed, Yusuf, Hasan, Ashraf, Goonetilleke, Toze y Gardner, 2013; Black, Brown, Becker, Alim y Merson, 1982).

En el apartado molecular se llevó a cabo la identificación molecular del gen regulon *aggR* sin encontrar variantes patógenas diarrogeneicas para las cepas de *E. coli*, siendo estas comensales, contrario a lo reportado por Chávez

Bravo et al. (2007), donde utilizando pruebas moleculares. Se reportó que el 24.20% de las muestras procesadas mostraron al menos una variante diarrogeneicas de *E. coli*, siendo el grupo que registró mayor porcentaje de amplificación el de las muestras de agua 35.71% y el de alimentos, que presentó 33.33%, similar a lo obtenido por Cerna, Nataro, y Estrada-Garcia en el 2003, donde obtuvo amplificación del gen *aggR* en cepas de *Escherichia coli* enterotoxigénicas, entero invasivas, productoras de toxinas Shiga y enteropatogénicas.

## Conclusiones

Como conclusiones, tenemos que en las muestras de agua y suelo se identificó a *E. coli* (27 %), *E. faecalis* (14 %), *K. pneumoniae* (27%) y *E. faecalis* (14 %) como los microorganismos patógenos usados como indicadores de contaminación fecal.

En las cepas de *E. coli* aisladas no se encontraron cepas que portarán el gen del regulon *aggR*.

Se encontró una frecuencia de 100% (49 cepas) patógenas, siendo algunos usados como indicadores de contaminación fecal en los diferentes ambientes de Chilpancingo, Guerrero. Siendo las más bajas *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* y *Serratia marcescens* (2%).

## Agradecimientos

A la Dra. Dra. María Cristina Santiago Dionisio por darme la oportunidad de estar en su laboratorio, enseñarme y tomarse el tiempo de hacerme saber cómo se hacen las cosas dentro de este. Por dejarme ser participe en este trabajo de tesis. Y el conocimiento adquirido a su lado en lo que a mi parecer es la ciencia más bonita del mundo (Microbiología). Al igual también por los buenos momentos, y uno que otro extraño.

A la M.C. Sandra Alhelí Pineda Rodríguez por ayudarme a construir las bases de este trabajo, por brindarme su tiempo y por su paciencia y accesibilidad siempre que la necesite, gracias.

Al Dr. Arturo Ramírez y al Químico Roberto Adame por ayudarme en el apartado molecular del trabajo y dejarme hacer los experimentos dentro de su laboratorio.

A la UAGro y a sus instalaciones que fueron necesarias para realizar este trabajo.

## Referencias

- Ahmed, W., Yusuf, R., Hasan, I., Ashraf, W., Goonetilleke, A., Toze, S. y Gardner, T. (2013). Fecal indicators and bacterial pathogens in bottled water from Dhaka, Bangladesh. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44(1), 97-103.
- Behrends Kraemer, F., Chagas, C. I., Irurtia, C. y Garibaldi, L. A. (2011). Bacterial retention in three soils of the Rolling Pampa, Argentina, under simulated rainfall. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2 (11), 341-353
- Black, R. E., Brown, K. H., Becker, S., Alim, A. R. y Merson, M. (1982) Contamination of weaning foods and transmission of enterotoxigenic *Escherichia coli* diarrhea in children in rural Bangladesh'. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 76, 259 -264.
- Cerna, J., Nataro, J. y Estrada-Garcia, T. (2003). Multiplex PCR for detection of three Plasmid-Borne Genes of En-

- teroagregative *Escherichia coli* Strains. *Journal of clinical microbiology*, 4(5), 2138.
- Chávez Bravo, E., Martínez Gómez, L., Cedillo Ramírez, M. y Juárez, C. (2007). Identificación de cepas de *Escherichia coli* enterotoxigénicas en diferentes ambientes. *Enfermedades infecciosas y microbiología*, 3(27), 70-74.
- Cortés-Ortiz, I., Rodríguez-Angeles, G., Moreno-Escobar, E., Tenorio-Lara, J., Torres-Mazadiego, B. y Montiel-Vázquez, E. (2002). Brote causado por *Escherichia coli* en Chalco, México. *Salud Pública de México*, 44(4), pp.297-302.
- Ferreira, J. A., Ng, K. M. y Sonnenburg, J. L. (2014). The enteric two-step: nutritional strategies of bacterial pathogens within the gut. *Cellular Microbiology*, 16, 993–1003.
- Gonzales-Siles, L. y Sjöling, Å., (2015). The different ecological niches of enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Environmental Microbiology*, 18(3), 741–751.
- Kuhnert, P. y Hacker, J. (1996). Detection System for *Escherichia coli*-Specific Virulence Genes: Absence of Virulence Determinants in B and C Strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(2), 703-708.
- Lothigius, Å., Janzon, A., Begum, Y., Sjöling, Å., Qadri, F., Svennerholm, A. y Bölin, I. (2008). Enterotoxigenic *Escherichia coli* is detectable in water samples from an endemic area by real-time PCR. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 104, no. 4, pp.11281136.
- Murrell, L., Adina, J., Badía, R. y María, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-30.
- Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 (1980). *Agua residual*. SECOFI. DOF. Obtenido de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166762/NMX-AA-003-1980.pdf>
- Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006 (2006). *Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra*. Secretaría de Economía. DOF. Obtenido de: [https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Varios/Leyes\\_y\\_Normas\\_SEMARNAT/NMX/Contaminacion/C3%B3n%20del%20Suelo/2.2006.pdf](https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Varios/Leyes_y_Normas_SEMARNAT/NMX/Contaminacion/C3%B3n%20del%20Suelo/2.2006.pdf)
- Olivas-Enriquez, E., Flores-Margez, J., Serrano-Alamillo, M., Soto-Mejía, E., Iglesias-Olivas, J., Salazar-Sosa, E. y Fortis-Hernández, M., (2011). Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río Bravo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 449- 457.
- Olvera Castelán, D. (2007). *Frecuencia y comportamiento de Salmonella y microorganismos indicadores de higiene en jugo de zanahoria*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Patel, A., Mamtani, M., Dibley, M. J., Badhoniya, N. y Kulkarni, H. (2010). Therapeutic value of zinc supplementation in acute and persistent diarrhea: a systematic review. *PLoS ONE*, 5, e10386, doi: 10.1371/journal.pone.0010386.
- Qadri, F., Svennerholm, A. M., Faruque, A. S. y Sack, R. B. (2005). Enterotoxigenic *Escherichia coli* in developing countries: epidemiology, microbiology, clinical features, treatment, and prevention. *Clinical Microbiology Reviews*, 18, 465–483.
- Rivera-Jacinto, M., Rodríguez-Ulloa, C. y López-Orbegoso, J. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. *Perú. med*, 26(1).
- World Health Organization. (2021). *Informe de la OMS señala que los niños menores de 5 años representan casi un tercio de las muertes por enfermedades de transmisión alimentaria*. WHO. Obtenido de: <https://www.who.int/es/news/item/03-12-2015-who-s-first-ever-global-estimates-of-foodborne-diseases-find-children-under-5-account-for-almost-one-third-of-deaths#:~:text=Las%20enfermedades%20diarreicas%20causan%20m%C3%A1s,230.000%20que%20mueren%20cada%20a%C3%B1o>