



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

TESIS

**MONITOREO DE AGENTES INFECCIOSOS EN AGUA PARA USO
HUMANO EN EL MUNICIPIO DE ZIRACUARETIRO.**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUÍMICO FARMACOBIOLOGA

PRESENTA:

CLAUDIA LORENA BACA MEJÍA

**ASESOR: DOCTOR EN ASPECTOS MOLECULARES Y CELULARES DE
LA BIOLOGIA RAFAEL ORTIZ ALVARADO**

**CO-ASESOR: MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION ROCIO LARA
MADRIGAL**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por otorgarme el maravilloso don de la vida, por la capacidad de pensar, comprender y sobre todo por soñar.

Gracias a todos mis profesores de la facultad de Químico Farmacobiología, ya que gracias a sus conocimientos compartidos me han otorgado las herramientas necesarias para culminar mi carrera de una manera satisfactoria. En especial gracias M.C. Roció Lara Madrigal por su entera disposición, su amabilidad, su amplia experiencia compartida pero sobre todo por su calidad humana. Gracias D.C Rafael Ortiz Alvarado asesor de este trabajo, primeramente por darme la magnífica oportunidad de realizarlo, por permitirme trabajar en su equipo, por su entera dedicación, por su tiempo, por su impulso a seguir adelante, por los buenos ratos pero sobre todo por su sencillez y compañerismo.

Gracias Madre: por tener siempre la palabra justa para alentarme, por su amor incondicional, su plena confianza en mí pero sobre todo por ser el pilar de la familia.

Gracias Padre: por tu ejemplo de rectitud y por tu sabiduría compartida, por todos los buenos momentos pero sobre todo por tu comprensión.

Mis hermanos: Yerania, Alejandro, Omar, Beatriz y Jorge, por su apoyo y comprensión, pero sobre todo gracias por esas palabras de aliento en los momentos más difíciles y agotadores. A todos les agradezco ser parte de este sueño, que ahora es parte de una meta mas alcanzada.

CECTI MICHOACAN

EXB-UMICH-139

Proyecto de investigación apoyado parcialmente por la coordinación de la investigación científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2014-2015.

INDICE

INDICE

ABREVIATURAS.....	7
1.- INTRODUCCION.....	9
1.1.- Enterobacterias.....	13
1.2.- Determinación de carga microbiana en agua.....	15
1.3.- Aplicaciones.....	16
1.4.- Importancia del monitoreo de la calidad del agua en el sector agrícola...	19
1.5.- Monitoreo de la calidad del agua y sistemas de geoposicionamiento.....	21
2.- DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	24
3.- JUSTIFICACION.....	26
4.- HIPOTESIS.....	28
5.- OBJETIVOS.....	30
5.1.- Objetivo General.....	30
5.2.- Objetivos Específicos.....	30

6.- MATERIALES Y METODOS.....	32
6.1.- Materiales y métodos.....	32
6.2.- Muestreo <i>in situ</i>	32
6.3.-Determinación de Temperatura, Sólidos Totales y Conductividad Específica.....	32
6.4.- Transporte.....	33
6.5.- Determinación de la Carga microbiana.....	33
 7.- RESULTADOS.....	 37
 8.- DISCUSIÓN.....	 50
 9.- CONCLUSIONES.....	 54
 10.- BIBLIOGRAFIA.....	 56
 11.- ANEXOS.....	 58
11.1.- anexo I.....	58
11.2.- anexo II.....	58

INDICE DE TABLAS.

Tabla No. 1.- Tipo de agua en base a su calidad Microbiológica, acorde a las Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994, NOM-CCA-033-ECOL/1993.....	20
---	-----------

Tabla No.2.- Cantidad de Coliformes Totales expresados en Unidades Formadoras de Colonias en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.....	38
---	-----------

Tabla No. 3.- Cantidad de Coliformes Fecales expresados en Unidades Formadoras de Colonias en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.....	40
--	-----------

Tabla No.4. Correlación de Temperatura y Conductividad Especifica expresada en microSiemens (μ S) en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.....	42
--	-----------

Tabla No. 5. Correlación de Temperatura y Sales Disueltas expresada en partes por millón o miligramos por litro (ppm), en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.....	44
--	-----------

Tabla No. 6. Dentro de la tabla número cinco se muestran las lecturas del pH, así como su correlación con las sales disueltas en partes por millón.....	46
--	-----------

INDICE DE FIGURAS.

Figura No. 1. Situación geográfica del Municipio de Zracuaretiro dentro del Estado de Michoacán de Ocampo, tomado de INEGI, 2010.....**11**

Figura No.2.- Determinación de la concentración de coliformes totales a partir muestras de agua, el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994.....**17**

Figura No. 2A. Determinación de coliformes fecales, a través de Número Más Probable y caldo laurilsufato de sodio y campana de Durham de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994.....**18**

Figura No.2B.- Determinación de coliformes fecales, a través de Número Más Probable y caldo lauril sufato de sodio y campana de Durha elevada por la presencia de gas, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994.....**18**

Figura No. 3. Ubicación geográfica de los sitios de toma de muestra.....**35**

Figura No. 4.- Determinación de Sólidos Totales.....**47**

Gráfica No. 5.- Determinación de Conductividad.....**48**

MONITOREO DE AGENTES INFECCIOSOS EN AGUA PARA USO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE ZIRACUARETIRO

RESUMEN.

El Municipio de Ziracuaretiro, particularmente la comunidad de Patuan y la Región del Valle de Los Reyes en Michoacán, son dos regiones con vocación agrícola que con las aperturas económicas, a través, de los tratados de libre comercio con Estados Unidos de América, Canada, Países de la Comunidad Europea y la República de Chile, han permitido el desarrollo de una incipiente agroindustria con tendencia a la diversificación en la producción de frutos con una fuerte demanda en los mercados internacionales, inicialmente en la región de Los Reyes, se ha enfocado desde hace 15 años al desarrollo de especies del genero *Rubus spp.*, *Vaccinium spp.*, en donde se tienen productos como zarzamora, frambuesa y arándanos, los cuales tienen como destino principal los Mercados internacionales, generando una derrama económica importante en los Municipios de Los Reyes, Periban y Tocombo, recientemente el municipio de Ziracuaretiro el cual ha invertido capital agrícola, humano, y técnico en la explotación de especies del genero *Rubus spp.* y *Vaccinium spp.* (Zarzamoras y Arándanos), debido a que está documentado científicamente que los frutos contienen alta concentración de compuestos antioxidantes de tipo proantocianinas, antocianinas, taninos, polifenoles y ácido ascórbico, así como olifruktosacaridos los cuales forman una mezcla de compuestos antioxidantes, los cuales se ha demostrado tiene actividad biológica importante. Así es que la demanda a nivel Internacional de productos con alto valor nutrimental se encuentra a la alza a nivel internacional. Donde el éxito comercial de estos productos dentro de la Región de Ziracuaretiro depende de la Calidad del Agua usada para el riego de los cultivos antes mencionados, por lo que la utilización de agua que asegure su calidad, para el riego de estos cultivos zarzamora (*Rubus fruticosus*) y arándanos (*Vaccinium myrtillus*) es fundamental el disponer de agua con la calidad adecuada, para su cultivo y asegurar la inocuidad de frutos puesto que estos deben de apegarse a las normas mexicanas e internacionales referentes, las cuales preservan la inocuidad alimentaria a través de las buenas prácticas de riego, producción, postcosecha y manufactura de alimentaria. Pero el municipio de Ziracuaretiro no ha concluido el proceso de contar con una red moderna de distribución de agua potable y de agua para cultivo, teniendo tuberías de asbesto, el cual está prohibido desde los finales de ochentas a nivel mundial, así también la descarga de aguas residuales en algunos puntos geográficos de los afluentes que se utilizan posteriormente para riego en ciertas zonas de cultivo de zarzamoras y arándanos, repercuten en la carga microbiana de patógenos potenciales y enteropatógenos como las enterobacterias. En la presente propuesta de trabajo se incorpora la utilización del sistema de geoposicionameinto global, para el muestreo de agua, la cual será procesada para su análisis microbiológico para determinar la carga microbiana por su número relativo en base a técnicas de microbiología, específica para identificación de la familia *Enterobacteracea*.

Palabras clave: Inocuidad Alimentaria, Familia *Enterobacteracea*, Geoposicionamiento Global.

**INFECTIOUS AGENTS IN MONITORING WATER FOR HUMAN USE IN THE
MUNICIPALITY OF ZIRACUARETIRO.**

ABSTRAC

The Municipality of Ziracuaretiro, particularly community Patuan and Valley Region of Los Reyes Michoacan , are two regions with agricultural potential that the economic openings, through, of free trade agreements with the United States, Canada, countries of the European Community and the Republic of Chile, have allowed the development of an incipient tendency to agrobusiness diversification in fruit production with strong demand in international markets, initially in the region of the Kings, has been approached from 15 years ago the development of species of the genus *Rubus spp.*, *Vaccinium spp.*, where they have products like blackberry, raspberry and blueberry, which their main target international markets, generating significant economic impact in the municipalities of Los Reyes, Periban and Tocumbo recently Ziracuaretiro municipality which has invested agricultural, human capital, and technical exploitation of species of the genus *Rubus spp.* and *Vaccinium spp.* (blackberries, and blueberries), because it is scientifically documented that fruits contain high concentrations of antioxidant compounds proanthocyanins type, anthocyanins, tannins, polyphenols, and ascorbic acid and olifruktosacaridos which form a blend of antioxidant compounds which have been has demonstrated significant biological activity. So the demand at international level products with high nutritional value it is on the rise internationally. Where the commercial success of these products within the region Ziracuaretiro depends on the quality of water used for irrigation of crops mentioned above, so that the use of water to ensure its quality for irrigation of these crops blackberry (*Rubus fruticosus*) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*) is essential to have water with adequate quality for cultivation and ensure the safety of fruits since these must adhere to Mexican and international standards, which preserved food safety through of good irrigation practices, production, post-harvest and food manufacturing. But the town of Ziracuaretiro has not completed the process of having a modern distribution network of drinking water and water for cultivation under asbestos pipes, which has been banned since the late eighties worldwide, so downloading wastewater in some geographic locations of the tributaries that are subsequently used for irrigation in certain growing areas blackberries and blueberries, affect the microbial load of potential enteric pathogens such as *Enterobacteriaceae*. In this proposed work incorporates the use of the global positioning system for water sampling, which will be processed for microbiological analysis to determine the microbial load by its relative number based on microbiological techniques specific for identifying the family *Enterobacteracea*.

Key Word: Food safety, family *Enterobacteriaceae*, Global Positioning System

ABREVIATURAS

ABREVIATURAS

°C.....	grados Celsius
g/L.....	gramos sobre litro
g/mL.....	gramos sobre mililitro
GPS.....	sistema de geoposicionamiento global
Lat.....	latitud
L.....	litro
Long.....	longitud
mL.....	mililitro
mg/L.....	miligramos sobre litro
m.s.n.m.....	metros sobre nivel del mar
NMP.....	Número Más Probable
NMX.....	Norma Mexicana
NOM.....	Norma Oficial Mexicana
°	grados
'	minutos
“	segundos
Ohm (Ω).....	resistencia eléctrica
pH.....	potencial de hidrógeno
ppm.....	partes por millón
r.p.m.....	revoluciones por minuto
UFC.....	Unidades Formadoras de Colonias

INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION

Ziracuaretiro es un Municipio que se encuentra situado en el centro del estado de Michoacán y su distancia a la capital del estado es de 121 kilómetros. Dicho municipio cuenta con una superficie territorial total de 159.60 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura promedio de 1,380 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo al mapa general de México el municipio de Ziracuaretiro se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 26' latitud norte y entre 101° 55' longitud oeste. Los resultados estadísticos del tercer conteo de población realizado durante el 2010, mostraron que el número de personas que viven en el municipio de Ziracuaretiro es de 15,222. (INEGI 2010), **Figura No. 1.**

Debido a la distribución territorial que tiene Ziracuaretiro, presenta colindancias al norte con los municipios de Uruapan y Tingambato, al este con los municipios Tingambato Salvador Escalante y Taretan, al sur con los municipios de Taretany Uruapan y al oeste con el municipio de Uruapan.

El relieve del municipio se constituye el sistema volcánico transversal y los cerros el Cobrero, Cueva, Salto, Panadero y Malpaís. El clima predominante de la región es tropical con lluvias en verano, con una precipitación pluvial anual de 1,200 milímetros y temperaturas que oscilan entre los 8.0 y 37.0 grados Centígrados.

Dentro de sus principales ecosistemas domina el bosque mixto, con pino y encino, así como el bosque tropical deciduo, con ceiba cedro, parota y tepehuaje. Su fauna se conforma principalmente por venado, conejo, coyote, tejón, zorro, tlacuache, ardilla, cuervo, gorrión, pájaro carpintero y primavera.

Dentro de los recursos naturales la superficie forestal maderable, es ocupada por pino y encino. Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario inferior y eoceno, corresponden principalmente a los de tipo podzólico y pradera de montaña. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

La hidrografía perteneciente a esta región se encuentra constituida principalmente por los ríos Ziracuaretiro, Ziraspén, la Bruja y Calicanto así como manantiales de agua fría que abastecen de agua potable a todo el municipio incluso a una parte de la población perteneciente al municipio cercano de Taretan algunos de estos manantiales son: El ortigal, (Lat.19° 26'610" Long.101° 56'157" y 1475 msnm) La Tamacua, (Lat.19° 24'368" Long.101° 55'073" y 1312 msnm) El Salto, (Lat.19° 28'003" Long.101° 56'437" y 1701 msnm) El Ojo de Agua (Lat.19° 26'971" Long.101° 53'401" y 1613 msnm) Canintzio (Lat.19° 27'105" Long.101° 53'419" y 1612 msnm) y El Culpio, (Lat.19° 26'776" Long.101° 53'367" y 1595 msnm) por mencionar algunos. (Hernández *et al.*, 1998) **Figura No. 1.**

El agua potable de suministro público para consumo y uso doméstico se define como aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causen efectos nocivos para el ser humano.

Para cumplir con estas premisas, el agua debe ser sometida a rigurosos controles para verificar que es apta y libre de microorganismos patógenos y/o sustancias orgánicas, inorgánicas y radiactivas. (NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994).

Dentro de las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera) tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

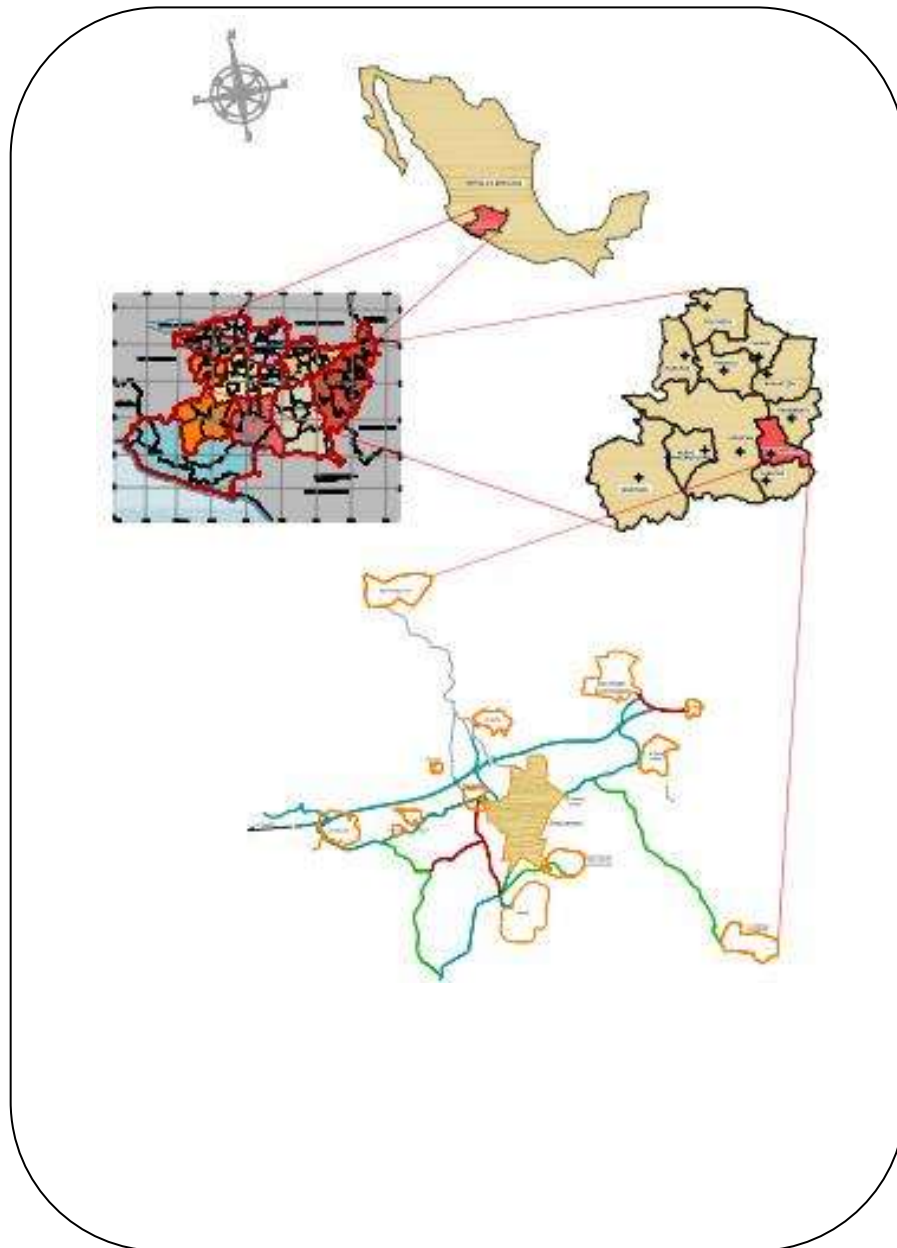


Figura No. 1. Situación geográfica del Municipio de Zracuaretiro dentro del Estado de Michoacán de Ocampo, tomado de INEGI, 2010.

La normatividad que rige las características del agua para uso y consumo humano dentro del país se encuentra descrita en la NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM 012-SSA1-1993 “Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados” que nos habla del control de la calidad del agua es clave para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales a la población por su consumo, este control se ejerce evaluando los parámetros de calidad del agua y por otra parte vigilando que las características de las construcciones, instalaciones y equipos de las obras de captación, conducción, plantas de potabilización, redes de distribución, tanques de almacenamiento o regulación y tomas domiciliarias protejan el agua de contaminación.

Así como la 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. 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, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radioactivas.

1.1.- Enterobacterias.

Las **enterobacterias** (*Enterobacteriaceae*) son organismos celulares de tipo procariontes, por lo que pertenecen a las denominadas *Eubacterias*, (bacterias verdaderas desde el punto de vista etimológico), comúnmente se les denomina bacterias, para diferenciarlas de las *archeobacterias*, las que están relacionadas con patologías que comprometen particularmente el sistema gastrointestinal en organismos superiores como es el género *Homo sapiens*. Las entero bacterias están implicadas en procesos de contaminación en alimentos y particularmente en fuentes de agua para uso y consumo humano (Meays et al., 2004), por lo que es indispensable contar con criterios científicos que permitan su identificación de otros grupos de microorganismos.

Los criterios taxonómicos en la actualidad incluyen:

Los criterios Morfológicos son los que siguen marcando la pauta para identificar y clasificar inicialmente aislado bacterianos, esto referente a su reacción a la tinción gram donde las bacterias de tipo entérico son gram negativas, adicionalmente, la morfología clásica es de tipo bacilar, cocobacilos y otros pleomórficos. Algunos géneros de la familia *Enterobacteraceae* poseen un flagelo, lo que les permite desplazarse, aunque algunos géneros no son móviles (Soutourina, et al., 2001).

La actividad enzimática, permite identificar parte del metabolismo de los diferentes géneros pero, en general son oxidasa negativo (excepto *Plesiomonas*, que es oxidasa positivo), es decir, carecen de la enzima citocromo oxidasa. Son capaces de reducir nitrato en nitrito. Son anaeróbicos facultativos.

Son fermentadores de carbohidratos en condiciones anaeróbicas con o sin la producción de gas (en especial glucosa y lactosa), y oxidadores de una amplia gama de substratos en condiciones aeróbicas, como el citrato, malonato.

Marcadores moleculares que incluyen herramientas de como geles de electroforesis en 1.- campos pulsados, 2.- electroforesis de geles desnaturizantes, 3.- Análisis de Secuencias de ADN, 4.- marcadores específicos del ribosoma 16S y 5.- el análisis resistencia a antibióticos.

La familia *Enterobacteriaceae*, posee géneros que son patógenos clásicos lo cuales es necesario monitorear de manera constante en afluentes de agua, como lo son el género *Salmonella sp.* y *Shigella sp.*, trabajos recientes sugieren que existe una fuerte correlación entre la actividad humana (en los conglomerados urbanos) y la calidad del agua y la prevalencia de las enfermedades transmitidas por el agua a través de la red municipal de agua potable en donde han sido estudiadas muestras de agua a través del análisis de los indicadores microbiológicos utilizados actualmente para evaluar la calidad del agua potable y estudios de tipo retrospectivo de las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua tratada en los centros de salud locales.

Los afluentes de agua estudiados presentaban contaminación por *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens* y estreptococos fecales, en las prevalencias de 12.5, 12.2, 12.2, 12.1, 12 y 11.1%, respectivamente. Manifestándose los procesos infecciosos en altas tasas de procesos diarreicos, infecciones urinarias, fiebre tifoidea, los estudios de tipo retrospectivo fueron consistentes con los resultados de la evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozo.

Estos resultados demuestran que la actividad humana ha influido en la calidad del agua, especialmente la falta de saneamiento y puntos de control, de análisis y de aseguramiento de la calidad del agua para uso y consumo humano aun en países catalogados como países desarrollados, en los cuales el acceso al servicio de agua potable debe estar asegurados. (Degbey et al. 2011).

1.2.- Determinación de carga microbiana en agua.

En la actualidad la determinación del tipo de microorganismo no es solamente el único criterio de calidad microbiológico de la calidad del agua, adicionalmente es necesario contar con el dato que permita conocer la concentración o densidad poblacional de microorganismos en una muestra de agua. Esto se logra a través de dos tipos de herramientas:

1.- El método del **Número más probable (NMP)** (Most Probable Number - MPN - en inglés), donde es una forma de obtener resultados cuantitativos a través de concentraciones de elementos discretos a partir de datos de incidencia positiva/negativa. Es una estrategia eficiente para determinar densidades de población celular que se utiliza cuando una evaluación cuantitativa de elementos celulares individuales no es viable.

La metodología se basa en determinar la presencia o ausencia (positivo o negativo) de atributos de crecimiento o actividades metabólicas específicas de microorganismos en copias obtenidas por diluciones consecutivas a partir de muestras de suelo u otros ambientes. Se basa en el principio de que una única célula viva puede desarrollarse y producir un cultivo turbio. El método requiere la realización de una serie de diluciones en serie de la muestra de cultivo, en un medio líquido adecuado (Caldo Lauril Sulfato de Sodio) para el crecimiento de dicho organismo de un volumen diez veces mayor. Luego, se incuban las muestras de esos tubos y, pasado un tiempo, se examinan los tubos. Aquellos tubos que recibieron una o más células microbianas procedentes de la muestra, se pondrán turbios, mientras que los tubos que no recibieron ninguna célula permanecerán transparentes.

Al aumentar el factor de dilución, se alcanza un punto en el que algunos tubos contendrán tan sólo un microorganismo y otros tubos no contendrán ninguno. Al calcular la probabilidad de que los tubos no hayan recibido ninguna célula,

se puede estimar el número más probable de microorganismos presentes en la muestra original, a partir de una tabla estadística.

La precisión del método del número más probable aumenta con el número de tubos que se usan; cinco tubos por dilución se consideran como una relación adecuada entre precisión y economía.

Una condición del método es la necesidad de poder reconocer un atributo específico de la población en el medio de crecimiento que se emplee. La estimación de la densidad poblacional se obtiene del patrón de ocurrencia de ese atributo en sucesivas diluciones en serie y el empleo del cálculo probabilístico. Ver **Figura No.2**

Hay muchas entidades discretas que son fáciles de detectar pero difíciles de contar. Una aplicación es el de cualquier clase de reacción de amplificación o reacción de catálisis que impide una cuantificación fácil, pero permite que su presencia sea detectada de modo muy sensible. Algunos ejemplos comunes son: crecimiento de microorganismos, acción enzimática, o catálisis química.

El método del NMP supone tomar la disolución original o muestra y subdividirla en un factor (frecuentemente 10 veces) y evaluar la presencia/ausencia en múltiples subdivisiones.

El grado de dilución para el cual comienza a aparecer la ausencia indica que los elementos se han diluido tanto que hay muchas submuestras en las que no aparece. Un juego de repeticiones para cualquier concentración dada permite una resolución más fina, para usar el número de muestras positivas y negativas que estiman la concentración original dentro del apropiado orden de magnitud.

1.3.- Aplicaciones.

Este método se usa para determinar la concentración de microorganismos difíciles de cultivar en medio sólido, o para determinar el número de células que pueden crecer en un medio líquido determinado, como el análisis para determinar la contaminación del agua potable, determinando el número de bacterias *Escherichia coli* que pueden crecer en un medio con lactosa. La

presencia de *E. coli* en el agua potable es una prueba de contaminación. **Ver Figura No.2.**

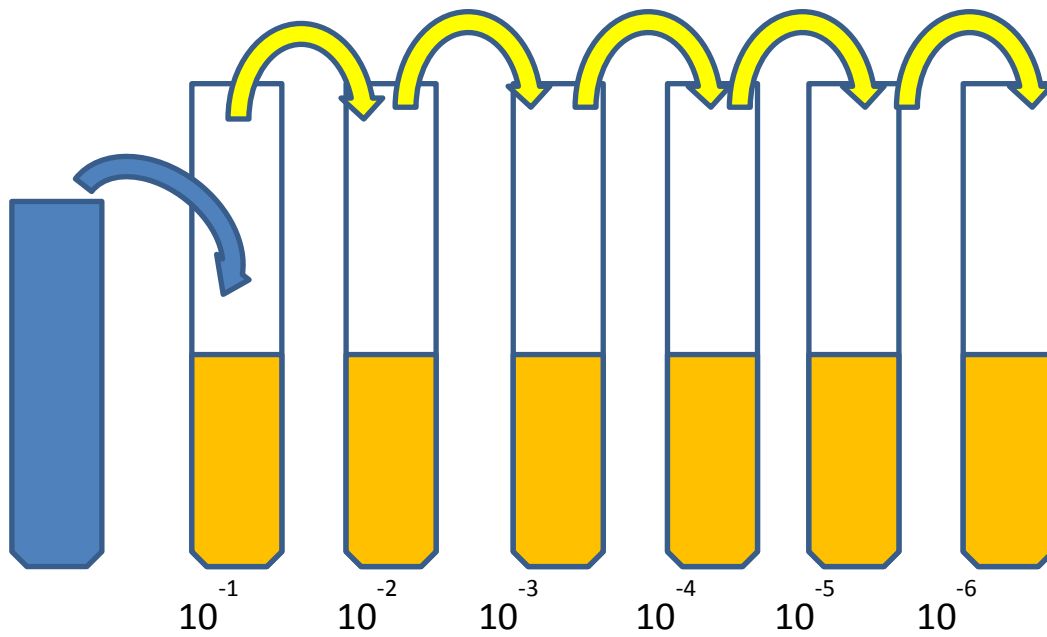


Figura No.2.- Determinación de la concentración de coliformes totales a partir muestras de agua, el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994.

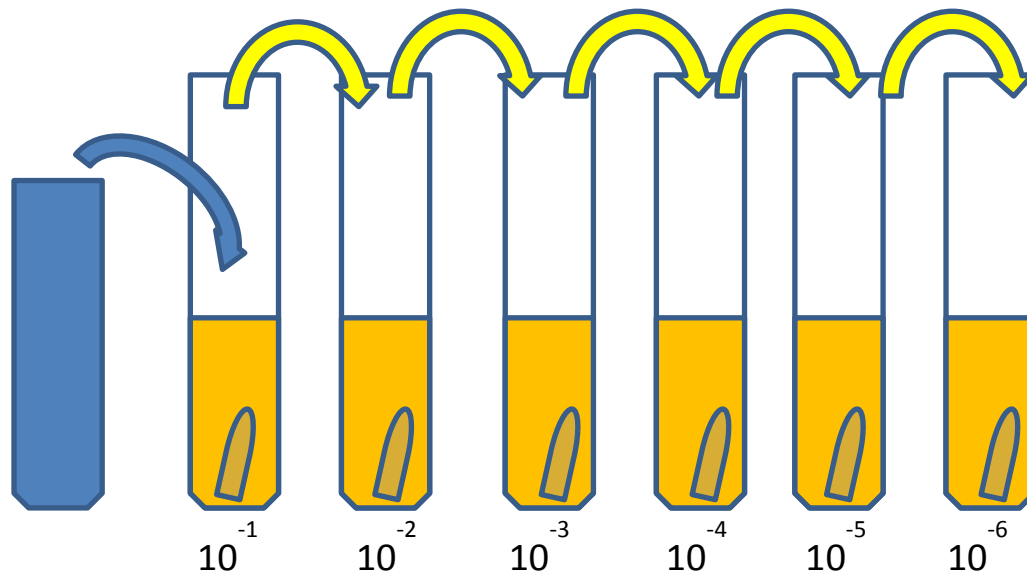


Figura No. 2A. Determinación de coliformes fecales, a través de Número Más Probable y caldo laurilsufato de sodio y campana de Durham de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994

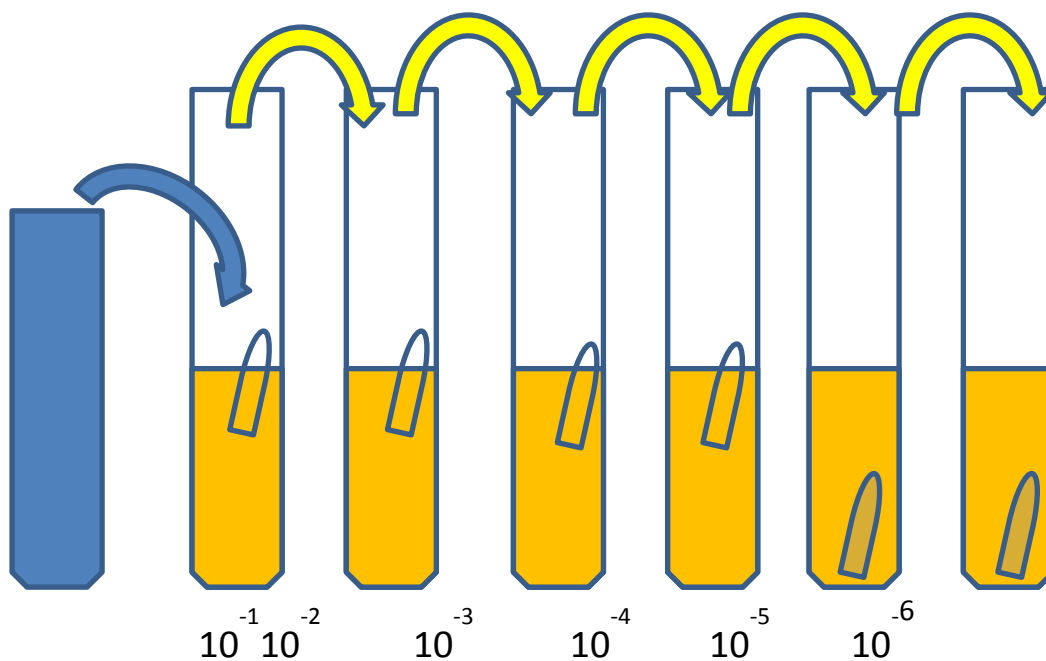


Figura No.2B.- Determinación de coliformes fecales, a través de Número Más Probable y caldo lauril sufato de sodio y campana de Durha elevada por la presencia de gas, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994.

1.4.- Importancia del monitoreo de la calidad del agua en el sector agrícola.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, a través de la Comisión Nacional del Agua, otorga autorizaciones, permisos y concesiones para el uso de afluentes de agua, aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua en riego de frutos y hortalizas.

Las restricciones de las aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua, que se dispongan a través de su uso en el riego de frutos de consumo crudo, en lo relativo a parámetros bacteriológicos se clasifican en los siguientes tipos para efectos de determinar las clases de cultivos no permitidos, donde se encuentran las siguientes calidades de agua tomando como base la concentración de microorganismos presentes en las muestras de agua, se observa en la **Tabla No. 1**.

Adicionalmente, en la actualidad la identificación de microorganismos patógenos de tipo bacteriano, fúngico, protozoarios o viral en muestras de agua está lo suficientemente desarrollado y aplicado en los laboratorios de microbiología y de análisis de agua y calidad de la misma, a través de herramientas como medios de cultivo selectivos, biología molecular, microscopia y pruebas inmunológicas, con las correspondientes variantes, pero es necesario también incorporar plataformas informáticas de muestreo de datos sobre el terreno de análisis, dado que los afluentes y cuerpos de agua utilizados para el uso y consumo humano son susceptibles a variaciones del volumen hídrico y de las variaciones de temperatura lo cual puede impactar en el desarrollo de poblaciones de microorganismos patógenos los cuales tienden a formar biopelículas que son las responsables de colonizar superficies de alimentos (Edlund, et al., 2013, Woong et Tool'e, 2011), así como por los accidentes geográficos, así como el desarrollo de las zonas conurbadas y por ende las descargas de aguas residuales provenientes de las zonas urbanas, sub-urbanas o rurales, como es el caso de la mayor parte de los municipios del estado de Michoacán a excepción de los municipios de mayor concentración poblacional (Morelia, Uruapan, Lázaro Cárdenas, Zamora, La Piedad, Zitácuaro) los cuales siguen una dinámica netamente urbana.

Tabla No. 1.- Tipo de agua en base a su calidad Microbiológica, acorde a las Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1-1994, NOM-CCA-033-ECOL/1993.

TIPO DE AGUA	CALIDAD MICROBIOLÓGICA
I.- Tipo 1	La que contenga menos de 1,000 coliformes totales por cada 100 ml. y ningún huevo de helminto viable por litro de agua.
II.- Tipo 2	La que contiene de 1 a 1,000 coliformes fecales por cada 100 ml. y cuando más un huevo viable de helminto por litro de agua.
III.- Tipo 3	La que contiene de 1,001 a 100,000 coliformes fecales por cada 100 ml.
IV.- Tipo 4	La que contiene más de 100,000 coliformes fecales por cada 100 ml.

1.5.- Monitoreo de la calidad del agua y sistemas de geoposicionamiento.

Actualmente existen herramientas informáticas, acoplados a sistemas móviles conocidos como **Sistemas de Geoposicionamiento Global** permiten la capacidad generar y gestionar información a través de **Sistemas de Información Geográfico** (Ashbay, 2002), proporcionando los parámetros geográficos de: longitud, latitud y altitud sobre el nivel del mar, generando una exactitud de ± 2 metros referente al punto geográfico de referencia y permitiendo tomar la muestra por ejemplo de agua respectiva, para su posterior análisis en el laboratorio correspondiente. De esta forma se genera un mapa de riesgo de inocuidad de la calidad del agua, lo que permite actualizar información respecto al tipo de microorganismo y el número de microorganismos correspondientes, los cuales se pueden consultar desde cualquier punto que tenga acceso a internet.

Teniendo este breve antecedente es necesario plantear la necesidad de, contar con herramientas metodológicas que permitan en **primer** término identificar los afluentes de agua, puntos de descarga de agua residual o municipal o en su mezcla con cuerpos de agua; **segundo** poder identificar y cuantificar los microorganismos patógenos como puede ser caso del género *Salmonella spp.* (O'Reagan et al., 2008, Chen et al., 2010) y ligados a la mezcla de aguas residuales en los cuerpos de agua, **tercero** contar con herramientas de identificación de microorganismos por medio de biología molecular lo cual permite aumentar la sensibilidad, reducir los tiempos de identificación y por consecuencia los costos (McCabe 2011, Peed et al. 2011), y en **cuarto** lugar conjuntar herramientas de muestreo a través de geoposicionamiento, con herramientas de identificación y cuantificación microbiana por biología molecular de enterobacterias lo que se aplica, para monitorear la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua para su uso en cultivos (Shipp et al., 2000, Parmar y Ritter et al., 2002).

De esta forma la decisión de utilizar una sola herramienta o la combinación de herramientas de identificación bioquímica, molecular para enteropatógenos y la posibilidad de contar con herramientas que permitan trazar su concentración a lo largo de fuentes de agua para su uso y consumo humano son propuestos ya por otros autores en otras latitudes y en fechas recientes (Meays et al., 2004, Roslev y Bukh, 2011), por lo que es necesario plantear una serie de preguntas que permitan analizar y proponer protocolos de investigación que conduzcan a su factibilidad y su utilización en el campo Mexicano particularmente en el estado de Michoacán y del Municipio de Ziracuaretiro.

DESCRIPCION DE LA PROPUESTA

2.- Descripción de la propuesta.

El presente trabajo incluye realizar un muestreo de cuerpos de agua que recorren el municipio de Ziracuaretiro, con geoposicionamiento global (GPS), estas muestras serán analizadas en el Laboratorio de Análisis y Aseguramiento de la Calidad del Agua de la Facultad de Químico Farmacobiología, para identificar y cuantificar la carga microbiana presente en las cuerpos de agua que se mezclan con los puntos de residuos sólidos y líquidos de la zona de Ziracuaretiro, adicionalmente se realizara la determinación de parámetros de la calidad como sólidos totales y conductividad, se realizará también, la conjunción de metodologías como el GPS en conjunto con la identificación microbiana determinación de carga microbiana, los cual nos permitirá generar un mapa donde el sitio referente al afluente de agua potable se determinara su calidad microbiológica y fisicoquímica, permitiendo a las autoridades municipales la gestión y preservación del recurso hídrico, lo cual impactará el desarrollo humano en la región.

JUSTIFICACION

3.- JUSTIFICACION

El contar con agua potable de calidad permite el desarrollo de las actividades humanas y sobre todo preservar la salud de la población consumidora, evitando enfermedades de tipo gastrointestinal que pudieran agravarse y llegar a causar problemas de salud más graves así como fortalecer la economía por ejemplo la agroindustria local, como es el caso del cultivo de frutos con altos valores nutrimentales como las variedades de zarzamoras y arándanos, cultivados en el municipio de Ziracuaretiro, cuyo mercado es la exportación, donde es fundamental asegurar la calidad e inocuidad del agua de riego de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-CC-033-ECOL/1993, en la actualidad el Municipio de Ziracuaretiro no cuenta con estudios publicados sobre la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua.

HIPOTESIS

4.- HIPOTESIS

La utilización del Geoposicionamiento Global y la conjunción de herramientas de identificación Enterobacterias nos permitirá determinar el sitio de descarga así como determinar el tipo y carga de población microbiana y los posibles efectos a la salud humana en la Región de Ziracuaretiro Michoacán.

OBJETIVOS

5.- OBJETIVOS

5.1.- Objetivo General:

Generar y aplicar herramientas que permitan el monitoreo de la carga microbiana en agua potable así como en los principales afluentes que abastecen el municipio de Ziracuaretiro y a sus habitantes.

5.2.- Objetivos Específicos:

- a) Seleccionar puntos del muestreo biológico en el municipio de Ziracuaretiro a través del Sistema de Geoposicionamiento Global.
- b) Identificar y cuantificar la carga microbiana presente en los afluentes destinados principalmente al uso y consumo humano.
- c) Generar un mapa de calidad vs. Riesgos de inocuidad de la calidad del agua utilizada y consumida por los habitantes del Municipio de Ziracuaretiro.
- d) Difundir a través de cursos, seminarios a asociaciones civiles, productores de Zarcamoras y Arándanos y público en general a través de la coordinación de regiduría de ecología y medio ambiente del H. Ayuntamiento del municipio de Ziracuaretiro.

MATERIALES Y METODOS

6.- MATERIALES Y METODOS

6.1.- Materiales y métodos.

Tipo de estudio: prospectivo, longitudinal y experimental. Periodo de tiempo: entre los meses de octubre del 2012 y enero del 2013.

6.2.- Muestreo in situ.

Se muestreó un volumen de 100 mL con frascos de vidrio estériles y la profundidad media de toma de muestra fue de 50 cm, de los afluentes de agua potable del Municipio de Ziracuaretiro Michoacán, abarcando un recorrido de 18 Km de longitud, desde una altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm) de 1289 hasta los 1613 msnm, en donde se tomaron muestras de 11 sitios geográficos, cada uno de los puntos de muestreo se tomo la lectura de georeferencia, con un Sistema Móvil de Geoposicionamiento Global Modelo GPSmap 60Cx de la marca GARMIN, asegurando la triangulación con 5 satélites, para obtener un error de lectura de ± 4 metros a nivel global.

6.3.-Determinación de Temperatura, Sólidos Totales y Conductividad Específica.

El agua proveniente de cada de cada uno de los 11 puntos de muestreo se determinó *in situ* la temperatura con termómetro de mercurio y a una profundidad media de 50 cm. Se determinó también la concentración correspondiente a los sólidos totales contenidos en la muestra de agua expresados en ppm (partes por millón, mg/L) y el parámetro respectivo de conductividad específica expresada en μ Siemens (μ S), el equipo fue calibrado previamente con las soluciones de referencia de la marca Corning, siguiendo las recomendaciones de la Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2000.

6.4.- Transporte.

Posteriormente las muestras se transportaron en aislamiento térmico, dentro de una unidad de enfriamiento portátil preservando las muestras a una temperatura de 4-8 °C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$), hasta su refrigeración en el laboratorio por un espacio de 12 horas en el Laboratorio de Análisis y Aseguramiento de la Calidad del Agua de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y se preservaron a 4°C de temperatura durante una noche, para su procesamiento en laboratorio al día siguiente.

6.5.- Determinación de la Carga microbiana.

Para ello se utilizaron la metodología de la determinación del número más probable (NOM-CCA-033-ECOL/1993) lo que permite la identificación y cuantificación de Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Familia *Enterobacteraceae*) utilizando el medio de cultivo caldo lauril lactosado de la marca Difco reconstituyéndose y esterilizándose en autoclave a 15 libras de presión, 121 °C por 15 minutos. Para cada una de las 11 muestras de agua se tomó una alícuota de un mililitro y realizaron pruebas por triplicado, utilizando, las diluciones correspondientes de 1×10^{-1} , 1×10^{-2} , 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} , 1×10^{-6} , 1×10^{-7} , 1×10^{-8} de la muestra en el tubo de cultivo provistos con la campana de Durham inmersos en el medio de cultivo e incubado en un baño metabólico de la marca PolyScience, a una temperatura de 37 °C $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y 120 revoluciones por minuto (r.p.m.), y verificando cada 12 horas la producción de gas por un espacio total de 48 horas, realizando la lectura en los últimos tubos correspondientes a la serie de diluciones correspondientes a la muestra procesada por triplicado y aplicando el análisis estadístico para la validación de los resultados.

Para la identificación y cuantificación de Coliformes Fecales se realizó la prueba correspondiente de fermentación y producción de gas para cada una de las 11 muestras de agua tomadas, la temperatura de incubación para los microorganismos Coliformes Fecales los cuales son particularmente termotolerantes a la temperatura $44\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ con agitación de 120 r.p.m. en el baño metabólico de marca PolyScience, en la serie de tubos se realizó por triplicado. Con las diluciones de 1×10^{-1} , 1×10^{-2} , 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} , 1×10^{-6} , 1×10^{-7} , 1×10^{-8} de la muestra en el tubo de cultivo provistos con la campana de Durham, inmersa en el medio de cultivo caldo lauril sulfato de sodio, realizando lecturas cada 12 horas terminando la lectura final a las 24 horas, realizándose la lectura en los últimos tubos correspondientes a la serie de diluciones de la muestra procesada por triplicado y aplicando el análisis estadístico para la validación de los resultados.



Figura No. 3. Ubicación geográfica de los sitios de toma de muestra.

Nacimiento la Tamacua, (Lat. $19^{\circ} 24'368''$ Long. $101^{\circ} 55'073''$ y 1312 msnm)
 Estanque la Tamacua, (Lat. $19^{\circ} 24'380''$ Long. $101^{\circ} 55'092''$ y 1304 msnm)
 Nacimiento el Ortigal, (Lat. $19^{\circ} 26'610''$ Long. $101^{\circ} 56'157''$ y 1475 msnm)
 Estanque el Ortigal, (Lat. $19^{\circ} 26'645''$ Long. $101^{\circ} 56'087''$ y 1509 msnm)
 Nacimiento el salto (Tenencia de San Andrés Corú a una Lat. $19^{\circ} 28'003''$
 Long. $101^{\circ} 56'437''$ y 1701 msnm), Estanque el Salto (Tenencia de San Andrés
 Corúa una Long. $19^{\circ} 28'012''$ Lat. $101^{\circ} 56'489''$ y 1701 msnm), Estanque el ojo
 de agua (Tenencia de San Ángel Zurumucapio a una Lat. $19^{\circ} 26'971''$ Long.
 $101^{\circ} 53'401''$ y 1613 msnm), Estanque Canintzio (Tenencia de San Ángel
 Zurumucapio a una Lat. $19^{\circ} 27'105''$ Long. $101^{\circ} 53'419''$ y 1612msnm),
 Estanque el columpio (Tenencia de San Ángel Zurumucapio a una Long. 19°
 $26'776''$ Long. $101^{\circ} 53'367''$ y 1595 msnm), Agua potable Patuan, (Lat. 19°
 $23'692''$ Long. $101^{\circ} 55'049''$ y 1289 msnm), Agua potable Ziracuaretiro
 (Lat. $19^{\circ} 25'039''$ Long. $101^{\circ} 54'646''$ y 1359 msnm).

RESULTADOS

7.- RESULTADOS

En la **Tabla No.2** se describen la Carga de Coliformes Totales, así como la latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar, de cada uno de los sitios de muestra, en cada uno de los puntos de muestreo donde podemos destacar que los más elevados en la carga microbiana corresponden a 100 000 UFC/ 100 ml, que son el estanque Canintzio (Lat.19° 27'105'' Long. 101° 53'419'' y 1612msnm) y el Estanque el Columpio (Long.19° 26'776'' Long.101° 53'367'' y 1595 msnm), correspondientes ambos a la Tenencia de San Ángel Zurumucapio, en donde puntos intermedios son de 1,000 a 10, 000 UFC/ 100 mL, donde se encuentran estanque La Tamacua, (Lat. 19° 24'380'' Long. 101° 55'092'' y 1304 msnm), Nacimiento el Ortigal (Lat. 19° 26'610'' Long. 101° 56'157'' y 1475 msnm), Estanque el ortigal (Lat.19° 26'645'' Long. 101° 56'087'' y 1509 msnm), Estanque el Ojo de Agua en San Ángel (Lat.19° 26'971'' Long. 101° 53'401'' y 1613 msnm) y el agua potable correspondiente a la comunidad de Patuan (Lat.19° 23'692'' Long.101° 55'049'' y 1289 msnm) y el municipio de Ziracuaretiro, (Lat.19° 25'039'' Long.101° 54'646'' y 1359 msnm). Los sitios de muestreo que presentan la menor cantidad de Coliformes Totales son el Nacimiento la Tamacua, (Lat. 19° 24'368'' Long.101° 55'073'' y 1312 msnm) así como el nacimiento El Salto (Lat. 19° 28'003'' Long.101° 56'437'' y 1701 msnm) y estanque El Salto (Long.19° 28'012'' Lat.101° 56'489'' y 1701 msnm) pertenecientes a la comunidad de San Andrés, con tan solo 100 UFC/100ml.

Tabla No.2.- Cantidad de Coliformes Totales expresados en Unidades Formadoras de Colonias en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.

MUESTRA	LUGAR	COLIFORMES TOTALES	LATITUD	LONGITUD	METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
1	Nacimiento la Tamacua	100 UFC/ 100 ml	19° 24'368''	101° 55'073''	1312
2	Estanque la Tamacua	1000 UFC/ 100 ml	19° 24'380''	101° 55'092''	1304
3	Nacimiento el Ortigal	1000 UFC/ 100 ml	19° 26'610''	101° 56'157''	1475
4	Estanque el Ortigal	1000 UFC/ 100 ml	19° 26'645''	101° 56'087''	1509
5	Nacimiento el salto (San Andrés)	100 UFC/ 100 ml	19° 28'003''	101° 56'437''	1701
6	Estanque el salto (San Andrés)	100 UFC/ 100 ml	19° 28'012''	101° 56'489''	1701
7	Estanque el ojo de agua (San Ángel)	10 000 UFC/ 100 ml	19° 26'971''	101° 53'401''	1613
8	Estanque Canintzio (San Ángel)	100 000 UFC/ 100 ml	19° 27'105''	101° 53'419''	1612
9	Estanque el columpio (San Ángel)	100 000 UFC/ 100 ml	19° 26'776''	101° 53'367''	1595
10	Agua potable Patuan (norte)	1000 UFC/ 100 ml	19° 23'692''	101° 55'049''	1289
11	Agua potable Ziracuaretiro	10 000 UFC/ 100 ml	19° 25'039''	101° 54'646''	1359

Tabla No. 3. Los resultados en esta tabla corresponden a la determinación en la concentración de Coliformes Fecales de las mismas muestras ubicando la posición Geográfica por medio los parámetros de latitud, longitud y metros sobre el nivel del mar, destacando una altura máxima de 1701 metros sobre el nivel del mar correspondiente a la comunidad de San Andrés Coru, adicionalmente la altura media de 1509 metros sobre el nivel del mar pertenece al sitio de muestreo del Estanque el Ortigal y por el contrario una altitud mínima de 1289 metros sobre el nivel del mar, que corresponde a la comunidad de Patuan.

Por otro lado dentro del conteo de Coliformes Fecales se encuentra como punto más alto con 1,000 UFC/ 100 ml que pertenece a la muestra tomada en el agua potable de la comunidad de Patuan (Lat.19° 23'692'' Long.101° 55'049'' y 1289 msnm), Un punto medio de 10 UFC/ 100 ml, que pertenece al estanque La Tamacua,(Lat. 19° 24'380'' Long. 101° 55'092'' y 1304 msnm) y por ultimo las muestras negativas que se encuentran en el Nacimiento La Tamacua, (Lat. 19° 24'368'' Long.101° 55'073'' y 1312 msnm) Nacimiento el Ortigal, (Lat. 19° 26'610'' Long. 101° 56'157'' y 1475 msnm) Estanque El Ortigal (Lat.19° 26'645'' Long. 101° 56'087'' y 1509 msnm) y El nacimiento El Salto (Lat. 19° 28'003'' Long.101°56'437'' y 1701 msnm)que pertenece al municipio de San Andrés.

Tabla No. 3.- Cantidad de Coliformes Fecales expresados en Unidades Formadoras de Colonias en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.

MUESTRA	LUGAR	COLIFORMES FECALES	LATITUD	LONGITUD	METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
1	Nacimiento la Tamacua	Negativo	19° 24' 368''	101° 55' 073''	1312
2	Estanque la Tamacua	10 UFC/ 100 ml	19° 24' 380''	101° 55' 092''	1304
3	Nacimiento el Ortigal	Negativo	19° 26' 610''	101° 56' 157''	1475
4	Estanque el Ortigal	Negativo	19° 26' 645''	101° 56' 087''	1509
5	Nacimiento el salto (San Andrés)	Negativo	19° 28' 003''	101° 56' 437''	1701
6	Estanque el salto (San Andrés)	100 UFC/ 100 ml	19° 28' 012''	101° 56' 489''	1701
7	Estanque el ojo de agua (San Ángel)	100 UFC/ 100 ml	19° 26' 971''	101° 53' 401''	1613
8	Estanque Canintzio (San Ángel)	100 UFC/ 100 ml	19° 27' 105''	101° 53' 419''	1612
9	Estanque el columpio (San Ángel)	100 UFC/ 100 ml	19° 26' 776''	101° 53' 367''	1595
10	Agua potable Patuan (norte)	1000 UFC/ 100 ml	19° 23' 692''	101° 55' 049''	1289
11	Agua potable Ziracuaretiro	100 UFC/ 100 ml	19° 25' 039''	101° 54' 646''	1359

En la **Tabla No. 4.** Se hace referencia a la temperatura capturada en grados centígrados, teniendo como temperatura máxima 20.9 grados centígrados perteneciente al estanque El Cumpio (Long.19° 26'776'' Long.101° 53'367'' y 1595 msnm)de la Tenencia de San Ángel Zurumucapio, una media de 20 grados centígrados que se reproduce en tres sitios como son Estanque La Tamacua,(Lat. 19° 24'380'' Long. 101° 55'092'' y 1304 msnm), Nacimiento El Salto en San Andrés(Lat. 19° 28'003''Long.101°56'437''y 1701 msnm) y el agua potable de Ziracuaretiro, (Lat.19° 25'039'' Long.101° 54'646'' y 1359 msnm),así como la temperatura mínima capturada en el Nacimiento El Ortigal con 18 grados centígrados(Lat. 19° 26'610'' Long. 101° 56'157'' y 1475 msnm).

De la misma manera se tomó lectura de la conductividad expresada en μS , de los cuales, el punto de muestra más elevado corresponde al estanque El Salto (San Andrésa una Long.19° 28'012'' Lat.101° 56'489'' y 1701 msnm), con 196 μS , una media de 117 μS del Estanque el Ortigal (Lat.19° 26'645'' Long. 101° 56'087'' y 1509 msnm), y un punto mínimo de 107, perteneciente al Nacimiento La Tamacua (Lat. 19° 24'368''Long.101° 55'073'' y 1312 msnm).

Tabla No.4. Correlación de Temperatura y Conductividad Especifica expresada en microSiemens (μS) en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.

MUESTRA	LUGAR (NOMBRE LOCAL)	TEMPERATURA (C°)	CONDUCTIVIDAD microSiemens (μS)	METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
1	NACIMIENTO LA TAMACUA	19 °	107	1312
2	ESTANQUE LA TAMACUA	20 °	108	1304
3	NACIMIENTO EL ORTIGAL	18°	114	1475
4	ESTANQUE EL ORTIGAL	19°	117	1509
5	NACIMIENTO EL SALTO (SAN ANDRES)	20°	110	1701
6	ESTANQUE EL SALTO (SAN ANDRES)	20.5 °	196	1701
7	EL OJO DE AGUA (SAN ANGEL)	19.1 °	160	1613
8	ESTANQUE CANINTZIO (SAN ANGEL)	19.6 °	168	1612
9	ESTANQUE EL COLUMPIO (SAN ANGEL)	20.9°	166	1595
10	PATUAN (COMUNIDAD)	20.5 °	119	1289
11	ZIRACUARETIRO (PRESIDENCIA)	20 °	111	1359

Para la **Tabla No. 5**. Se muestran los valores de la temperatura, de igual manera en grados centígrados y la concentración de las sales disueltas expresadas en partes por millón (ppm) o miligramos sobre litro (mg/L) donde la mayor concentración corresponde a el Estanque El Salto (San AndrésCorúa una Long.19° 28'012'' Lat.101° 56'489'' y 1701 msnm), con 95 miligramos en un litro de agua, la media que se reproduce en tres sitios de muestra como son el Estanque La Tamacua,(Lat. 19° 24'380'' Long. 101° 55'092'' y 1304 msnm) estanque El Ojo de Agua (San Ángeluna Lat.19° 26'971'' Long. 101° 53'401'' y 1613 msnm) y el agua potable perteneciente a la comunidad de Patuan,(Lat.19° 23'692'' Long.101° 55'049'' y 1289 msnm) con 60 mg por Litro de agua, y por último el nivel más bajo contemplado en el agua potable de Ziracuaretiro(Lat.19° 25'039'' Long.101° 54'646'' y 1359 msnm),con 53 mg por litro de agua.

Tabla No. 5.Correlación deTemperatura y Sales Disueltas expresada en partes por millón o miligramos por litro (ppm), en cada uno de los sitios muestreados dentro del Municipio de Ziracuaretiro.

MUESTRA	LUGAR (NOMBRE LOCAL)	TEMPERATURA (C°)	SALES DISULETAS Partes por millón, ppm (mg/L)	METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
1	NACIMIENTO LA TAMACUA	19 °	59	1312
2	ESTANQUE LA TAMACUA	20 °	60	1304
3	NACIMIENTO EL ORTIGAL	18°	56	1475
4	ESTANQUE EL ORTIGAL	19°	55	1509
5	NACIMIENTO EL SALTO (SAN ANDRES)	20°	74	1701
6	ESTANQUE EL SALTO (SAN ANDRES)	20.5 °	95	1701
7	EL OJO DE AGUA (SAN ANGEL)	19.1 °	60	1613
8	ESTANQUE CANINTZIO (SAN ANGEL)	19.6 °	82	1612
9	ESTANQUE EL COLUMPIO (SAN ANGEL)	20.9°	80	1595
10	PATUAN (COMUNIDAD)	20.5 °	60	1289
11	ZIRACUARETIRO (PRESIDENCIA)	20 °	53	1359

Tabla No. 6. Dentro de la tabla número seis se muestran las lecturas del pH, así como su correlación con las sales disueltas en partes por millón. Dentro de las lecturas de pH se muestra con el valor más bajo el Estanque El Salto (Tenencia de San Andrés Corú a una Long.19° 28'012'' Lat.101° 56'489'' y 1701 msnm), con un valor de 7.69, el valor medio se destaca con 8.30, correspondiente al Nacimiento La Tamacua(Lat. 19° 24'368'' Long.101° 55'073'' y 1312 msnm) y finalmente el valor más alto con 8.66 para el estanque de Canintzio(Tenencia de San Ángel Zurumucapio a una Lat.19° 27'105'' Long. 101° 53'419''y 1612msnm).

Tabla No. 6. Dentro de la tabla número cinco se muestran las lecturas del pH, así como su correlación con las sales disueltas en partes por millón.

MUESTRA	LUGAR (NOMBRE LOCAL)	pH	SALES DISULETAS Partes por millón, ppm (mg/L)	METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
1	NACIMIENTO LA TAMACUA	8.30	59	1312
2	ESTANQUE LA TAMACUA	7.81	60	1304
3	NACIMIENTO EL ORTIGAL	7.96	56	1475
4	ESTANQUE EL ORTIGAL	8.48	55	1509
5	NACIMIENTO EL SALTO (SAN ANDRES)	8.43	74	1701
6	ESTANQUE EL SALTO (SAN ANDRES)	7.69	95	1701
7	EL OJO DE AGUA (SAN ANGEL)	7.99	60	1613
8	ESTANQUE CANINTZIO (SAN ANGEL)	8.66	82	1612
9	ESTANQUE EL COLUMPIO (SAN ANGEL)	8.51	80	1595
10	PATUAN (COMUNIDAD)	8.06	60	1289
11	ZIRACUARETIRO (PRESIDENCIA)	8.31	53	1359

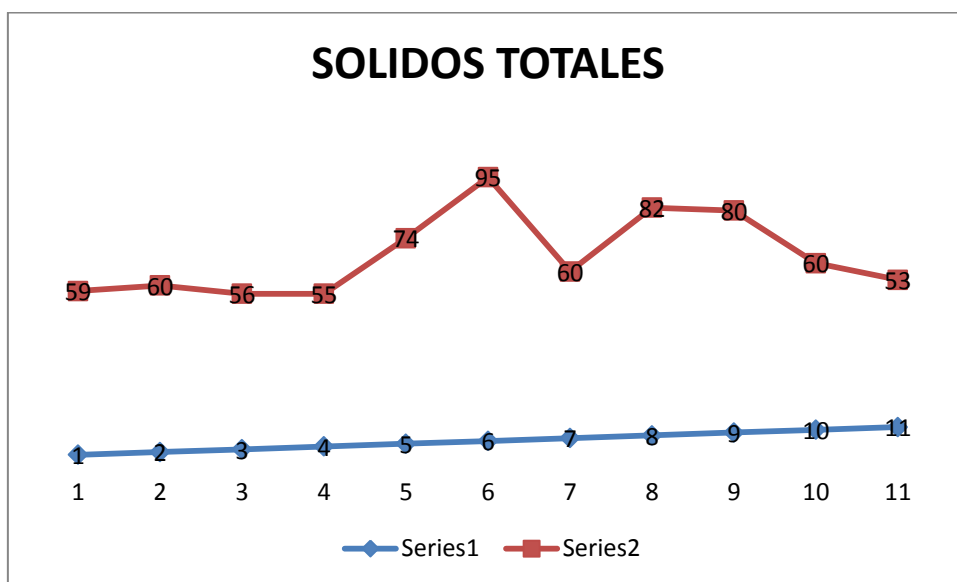


Figura No. 4.- Determinación de Sólidos Totales. Se observan el valor promedio de sólidos totales expresados en mg/L (p.p.m.), de todas las determinaciones del municipio de Ziracuretiro, las Determinaciones se realizaron a una temperatura promedio de 19.69° grados, centígrados.

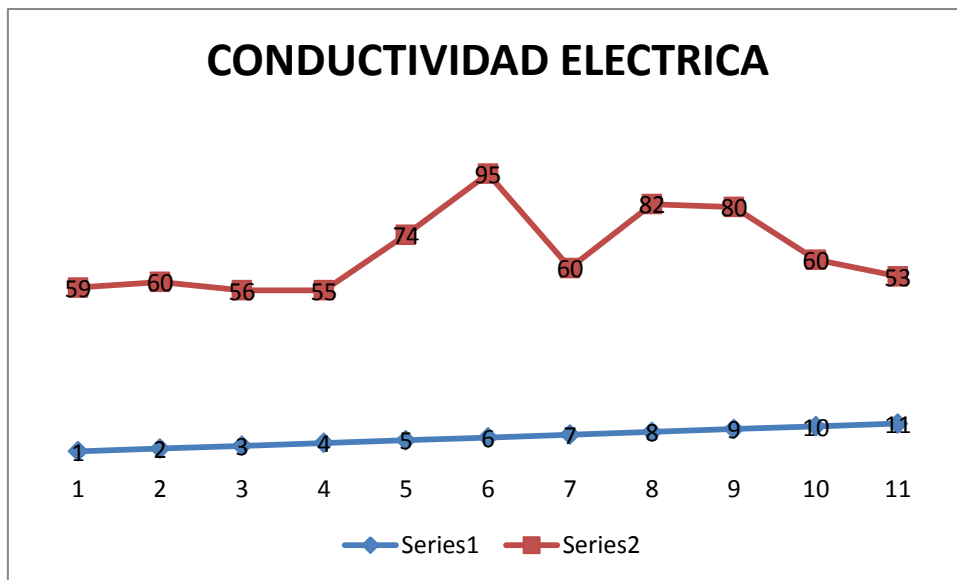


Figura No. 5.- Determinación de Conductividad. Se observan el valor promedio de la conductividad específica expresada en micro Siemens (μS), de todas las determinaciones del municipio de Ziracuretiro, las Determinaciones se realizaron a una temperatura promedio de 19.69° grados, centígrados.

Determinada a una temperatura en grados centígrados media de 19.6

DISCUSSION

8.- DISCUSIÓN.

El estado de Michoacán es productor líder de diferentes productos agrícolas, donde destacan por ejemplo el éxito comercial del aguacate (*var. Hass*) en donde se tiene una producción del orden de 1,264,141.46 toneladas y un valor de producción de 18,136,404.25 de pesos; adicionalmente se considera al limón y otros cítricos con una producción de 4,079,677.74 toneladas y un valor comercial de 5,903,843.70 pesos; donde se encuentra también Michoacán posicionado como productor líder nacional y mundial de las denominados frutillas rojas, zarzamoras, fresas, frambuesa y arándanos, las cuales representan hasta 400,000, toneladas lo que representa hasta un valor comercial de 6,000,000 de pesos (datos del SIAP, 2011) de esta manera se observa que México y concretamente Michoacán es uno de los principales productores en el mundo de frutas, sin embargo, se estima que cerca del 60% de la producción hortofrutícola en el país se vende en fresco. El éxito comercial de los productos aguacate, cítricos y frutillas rojas es multifactorial, donde la disponibilidad de agua de calidad para uso y consumo humano es un factor determinante. Por ejemplo la zona de Ziracuaretiro es la segunda región productora agrícola de arándanos, zarzamoras y frambuesas; después de la región del valle de Los Reyes, Michoacán, más la calidad del agua disponible para uso dentro de la agroindustria de las frutillas rojas presenta deficiencias, en los municipios que comprende la región Los Reyes (Tocumbo, Periban, Los Reyes), en donde estudios previos publicados por Nava-Barrios, et al., 2012, muestran puntos críticos de afluentes de agua los cuales son contaminados por descargas urbanas, encontrando valores promedio de hasta 1×10^6 UFC/100 ml clasificando hasta ocho puntos geográficos fuera de la Norma Oficial Mexicana (NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM 012-SSA1-1993), el tipo de agua según esta Norma se encuentran entre el tipo III y el tipo IV, (ver **Tabla No. 1**), lo cual normalmente no permitiría el uso de esa agua para el riego de productos hortofrutícolas en la región Los Reyes.

Así el conjunto de estos datos contrasta con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, en donde la región de Ziracuaretiro posee varios afluentes de agua, los cuales como se puede observar en las Tablas 2 y 3, la carga correspondiente a Coliformes Totales y Coliformes Fecales, respectivamente alcanzan niveles de 100,000 y 1000 U.F.C./mL para el caso de San Ángel Zurumucapio y la comunidad de Patuan lo cual los coloca dentro de la calidad de agua de Tipo III y Tipo II respectivamente, esto puede ser explicado por que ambos sitios de muestreo se localizan en Zonas con alta influencia humana, dado que el afluente de San Ángel Zurumucapio incluso es utilizado de una manera irracional por los habitantes donde toman agua para su consumo y su uso en actividades como el aseo y la recreación sin contar con el tratamiento de agua adecuado.

Además el conjunto de los otros nueve puntos de muestreo de la calidad del agua de la totalidad de los 11 puntos, nos permite observar que existe una calidad de agua microbiológicamente apta para su uso y consumo humano, lo cual se ve reflejado en los sitios como por ejemplo el Ortigal, y La Tamacua los cuales son afluentes que no han sido influenciados por las actividades humanas. Cabe mencionar que los afluentes de la Tamacua (Lat. 19° 24' 380'', Long. 101° 55' 092'' y 1304 msnm) son utilizados para el riego de productos agrícolas como las Zarcamoras, lo cual puede impactar de manera favorable la inocuidad del producto en fresco (Leff et Fierer, 2013); en base a los resultados microbiológicos y la comparación de los sitios del municipio de Ziracuaretiro versus Región Los Reyes podemos afirmar que la calidad del agua de la Región Ziracuaretiro merece atención en el cuidado y preservación de los afluentes y que los puntos críticos con valores de agua Tipo III y Tipo IV deben ser susceptibles de un saneamiento.

Referente a la calidad Fisicoquímica del agua podemos mencionar que el presente estudio determino la concentración de sólidos totales lo cual esta correlacionado con la conductividad del agua, como se puede ver en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

Sitios como el Ortigal (Lat. 19° 26' 610'' Long. 101° 56' 157'' y 1475 msnm) y La Tamacua (Lat. 19° 24' 368'' Long. 101° 55' 073'' y 1312 msnm) tienen valores de sólidos totales entorno a 53 y 60 ppm los cual nos indica una calidad de agua semejante a las normas de agua potable, después de un proceso de purificación. La región Ziracuaretiro comparada con la región Los Reyes, no se puede realizar debido a que no se cuentan con valores de sólidos totales y conductividad esta última región, por lo que solo cabe mencionar que la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua de Ziracuaretiro es de una calidad mayor comparada con la Región Los Reyes, lo cual puede impactar en los éxitos comerciales de producción de frutillas Rojas en este municipio Michoacano.

CONCLUSIONES

9.- CONCLUSIONES.

- El presente trabajo, permitió verificar la calidad del agua para su consumo humano logrando proporcionar a la población en general conocimiento de las características del agua para su uso en general, ya que hasta el momento no se tienen estudios previos en el municipio de Ziracuaretiro acerca de la calidad del agua.
- Asegurando la calidad del agua podemos lograr la preservación de la salud humana dentro del municipio mediante la conjunción de herramientas informativas y de laboratorio.
- Además el agua es una de las herramientas fundamentales para asegurar la inocuidad en la producción de frutos en fresco, como es el caso de la zarzamora, para exportación del Municipio de Ziracuaretiro a otros países.
- Finalmente los resultados obtenidos nos permiten observar un panorama clave de las condiciones favorables con las que contamos hasta hoy en día del agua, y así generar medidas de conservación y preservación de este recurso tan vital para todos los seres humanos.

BIBLIOGRAFIA

10. - BIBLIOGRAFIA

Ashby, Neil Relativity and GPS. 2002. Physics Today, May 2002

Chen J., Zhang L., Paoli G.C., Shi C., Tu S.I., Shi X. (2010). A real-time PCR method for the detection of Salmonella enterica from food using a target sequence identified by comparative genomic analysis. Int J Food Microbiol. 2010 Feb 28;137(2-3):168-74. Epub 2010 Jan 7.

Degbey C., Makoutode M., Agueh V., Dramaix M., de Brouwer C. (2011). Factors associated with the quality of well water and the prevalence of waterborne diseases in the municipality of Abomey-Calavi in Benin. Sante. Mar 1;21(1):47-55.

Hernandez V., Aguilar M., Hernandez T., Medina F., Tinoco M, Arzola R. (1998). Monografía del Municipio de Ziracuaretiro. Centro de investigación y desarrollo del estado de Michoacán. 7-9.

Edlund A, Yang Y, Hall AP, Guo L, Lux R, He X, Nelson KE, Nealson KH, Yooseph S, Shi W, McLean JS. 2013. An in vitro biofilm model system maintaining a highly reproducible species and metabolic diversity approaching that of the human oral microbiome. Microbiome. Oct 2;1(1):25. doi: 10.1186/2049-2618-1-25.

Leff JW, Fierer N. (2013). Bacterial communities associated with the surfaces of fresh fruits and vegetables. PLoS One. 8(3):e59310. doi: 10.1371/journal.pone.0059310. Epub 2013 Mar 27.

McCabe E.M., Burgess C.M., O'Regan E., McGuinness S., Barry T., Fanning S., Duffy G. (2011). Development and evaluation of DNA and RNA real-time assays for food analysis using the *hlyA* gene of *Salmonella enterica* subspecies *enterica*. *Food Microbiol.* 2011 May; 28 (3):447-56. Epub 2010 Oct 27.

Meays CL, Broersma K, Nordin R, Mazumder A. (2004). Source tracking fecal bacteria in water: a critical review of current methods. *J. Environ Manage.* 2004 Oct. 73(1):71-9.

O'Regan E., McCabe E., Burgess C., McGuinness S., Barry T., Duffy G., Whyte P., Fanning S. 2008. Development of a real-time multiplex PCR assay for the detection of multiple *Salmonella* serotypes in chicken samples. *BMC Microbiol.* 2008 Sep 21;8:156.

Shipp A.M., Gentry P.R., Lawrence G., Van Landingham C., Covington T., Clewell H.J., Gribben K., Crump K. (2000). Determination of a site-specific reference dose for pollution for fish-eating populations. *Toxicol Ind Health.* 2000 Nov;16(9-10):335-438.

Soutourina O.A., Semenova E.A., Parfenova V.V., Danchin A., Bertin P. (2001). Control of bacterial motility by environmental factors in polarly flagellated and peritrichous bacteria isolated from Lake Baikal. *Appl Environ Microbiol.* 2001 Sep;67(9):3852-9.

Parmar D.L., Keshari A.K. (2011). Sensitivity analysis of water quality for Delhi stretch of the River Yamuna, India. *Environ Monit Assess.* 2011.

Ritter L., Solomon K., Sibley P., Hall K., Keen P., Mattu G., Linton B. 2002. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *Toxicol Environ Health A.* 2002 Jan 11;65(1):1-142.

Roslev P., Bukh A.S. (2011). State of the art molecular markers for fecal pollution source tracking in water. Appl Microbiol Biotechnol. 2011 Mar;89(5):1341-55. Epub 2011 Jan 6.

Wong GC, O'Toole GA. 2011. All together now: Integrating biofilm research across disciplines. MRS Bull. 2011 May 1;36(5):339-342.

11.- ANEXOS

11.1.- ANEXO I DE NORMAS OFICIALES MEXIACANAS:

OFICIAL MEXICANA NOM-CCA-033-ECOL/1993.

MODIFICACIÓN A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACIÓN.

11.2.- ANEXO II DE NORMAS MEXICANAS:

NMX-AA-008-SCFI-2000, ANALISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE pH METODO DE PRUEBA.