

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE COLIFORMES TOTALES EN EL PASTO
DE JARDINES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO.**

Por:

BERENICE MEJÍA ROBLERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buena vista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE COLIFORMES TOTALES EN EL PASTO
DE JARDINES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO.

POR:

BERENICE MEJIA ROBLERO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el comité de asesoría:



Dr. Luis Samaniego Moreno

ASESOR PRINCIPAL



M.C. Aaron I. Meléndez Álvarez



M.C. Sergio Sánchez Martínez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Ing. Gil Fredy Clemente Solís

ASESOR

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE COLIFORMES TOTALES EN EL PASTO
DE JARDINES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO.

POR:

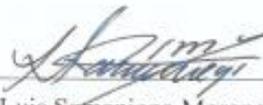
BERENICE MEJIA ROBLERO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el H. Jurado Examinador:



Dr. Luis Samaniego Moreno

PRESIDENTE DEL JURADO



M.C. Aaron I. Melendres Alvarez



Ing. Gil Fredy Clemente Solís

VOCAL



M.C. Sergio Sánchez Martínez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2024

DECLARACION DE NO PLAGIO.

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta decir la verdad, que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copiado y pegado); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados datos o la tesis para presentarla como copia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que, en caso de comprobarse plagio del texto, no respetar los derechos de autor, edición o modificación, será sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias generadas en caso de existir cualquier tipo de plagio y declaro que este trabajo es original.

Autor principal



BERENICE MEJIA ROBLERO

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	10
Hipótesis.....	11
Justificación.....	11
Objetivo general.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
El agua.....	12
El agua en el mundo.....	12
El agua en México.....	12
El agua en Coahuila.....	13
Contaminación del agua.....	13
Aguas residuales.....	14
Tratamiento de aguas residuales.....	14
Microorganismos.....	16
Clasificación de los microorganismos.....	16
Microorganismos patógenos.....	18
Distribución de los coliformes.....	18
Parásitos.....	18
Protozoos.....	18
Enfermedades que provocan los protozoos.....	19
Helmintos.....	19
Los coliformes.....	19
Origen de los coliformes.....	20
Coliformes totales.....	20
Coliformes fecales o termotolerantes.....	20
Escherichia coli.....	21

Microorganismos heterótrofos.....	21
Clostridium perfringens.....	21
Virus.....	22
Riego con aguas residuales.....	22
Riego por aspersión.....	22
Importancia del viento en el riego por aspersión.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS:	24
Localización	24
Sistema de riego	25
Selección de sitios de muestreo	25
Toma de muestras	25
Horario de muestreo	26
Tamaño de la muestra	26
Conservación de la muestra	27
Tiempo de procesamiento y traslado de la muestra al laboratorio	27
Número de personas que muestrean	28
Sembrando las muestras en el laboratorio	28
Incubación de muestras	29
Observación de crecimiento de coliformes totales	30
IV. RESULTADOS	31
Coliformes totales	31
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSION	38
VII. BIBLIOGRAFÍA:	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias (CEA 2013).....	15
Cuadro 2. Clasificación de los microorganismos (CEA 2013).....	16
Cuadro 3 Resultados de coliformes totales encontrados en el medio de cultivo agar M-Endo..	33
Cuadro 4. Resultados de coliformes totales encontrados en el medio de cultivo chromocult. ...	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eucariotas (CEA 2013).....	17
Figura 2. Eubacterias (CEA2013).....	17
Figura 3. Archeobacterias (CEA 2013).	17
Figura 4. Ubicación de los tres sitios de muestreo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.	24
Figura 5. Corte de pasto para las muestras.	26
Figura 6. Muestras de pasto resguardadas en una hielera.	27
Figura 7. Sembrando las muestras en el medio de cultivo seleccionado.	29
Figura 8. Incubación de las muestras.	30
Figura 9. Resultados de las muestras de los jardines de La Plaza de los Egresados.....	31
Figura 10. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Parasitología.	32
Figura 11. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Riego Y Drenaje..	32
Figura 12. Resultado de las muestras de los jardines de La plaza de los Egresados.	34
Figura 13. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Parasitología.	34
Figura 14. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Riego Y Drenaje..	35

RESUMEN

En los últimos años el recurso del agua se ha convertido en un problema crítico ya que cada día que pasa disminuye y la población aumenta, por esto es que se ha optado por encontrar solución al problema para poder satisfacer la necesidad vital de la humanidad.

En México, como en otros países, se ha implementado la estrategia del uso del agua residual para los cultivos comestibles y no comestibles, así como también para la industria, teniendo en cuenta que existe un porcentaje de probabilidad de que la calidad del agua no sea muy buena, ya que esta puede contener microorganismos como son los coliformes totales y fecales, que pueden dañar la salud del ser humano.

Por lo tanto, se da la necesidad de buscar soluciones para que el uso de las aguas residuales no afecte de alguna manera a la humanidad, entre varias formas de ellas es previniendo el contacto directo con el agua y no usándola en cultivos que se pueden consumir al momento.

El riego en jardines con aguas residuales es una buena estrategia para aprovecharla, ya que es un cultivo que el ser humano no puede consumir, aunque suele tener contacto con el pasto debido a que las personas tienden a utilizar los jardines como áreas de descanso, por lo que existe la probabilidad de que puedan contraer enfermedades.

Debido a esto, surgió la necesidad de muestrear los Jardines de la Plaza de los Egresados, los jardines del Departamento de Parasitología y del Departamento de Riego Y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y evaluar la presencia de coliformes totales. Se realizó el muestreo del pasto de dichos jardines desde el día 20 de mayo del 2024 al 10 de junio del mismo año, las fechas se eligieron en base a los exámenes ordinarios y extraordinarios en la universidad, ya que es cuando los alumnos tienen horas libres y aprovechan ese tiempo para descansar en los jardines de los sitios ya mencionados. No se detectó presencia de coliformes totales en los jardines muestreados.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, factores como el acelerado crecimiento demográfico, la contaminación de los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos, y los cambios en los patrones climáticos han generado que la sociedad busque el aprovechamiento de todos los recursos hídricos disponibles, con el objetivo de producir alimentos y materia prima para la industria, recurriendo incluso a fuentes alternas como las aguas residuales (Ministerio del Medio Ambiente y Agua 2018).

Las aguas residuales son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente (Montaño et al. 2008).

El sistema de riego por aspersión es uno de los métodos utilizados en la agricultura, este método consiste en la aplicación del agua en forma de lluvia que cae al suelo y su funcionamiento es a través de tuberías que transportan el agua hasta llegar a los aspersores los cuales llevan una cierta presión para dispararla. Este método es potenciado por un sistema de bombeo.

Es bien sabido que las aguas residuales contienen microorganismos como lo son los coliformes totales y fecales por esto es que se debe tomar un cierto grado de precaución al usarlos en los sistemas de riego en jardines por lo que las personas suelen tener contacto con el agua directamente ya que el sistema de riego más usado en los jardines es el de aspersión y este suele tirar el agua en chorros a manera que a cierta distancia se disperse para que en forma de lluvia caiga al suelo así como también las personas suelen tener contacto directo con el pasto porque tienden a usarlos como áreas de descanso.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la presencia de coliformes totales del pasto de los jardines de la Plaza de los Egresados, el Departamento de Parasitología y el Departamento de Riego y Drenaje en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, siendo este un tema importante, ya que existe un porcentaje de probabilidad de que los jardines antes mencionados presenten coliformes totales.

Hipótesis

Existe presencia de coliformes totales en el pasto de algunos jardines de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Justificación

Es de suma importancia evaluar la presencia de coliformes totales que los jardines pudieran tener y que a su vez tienen contacto directo con las personas dentro de la universidad, para prevenir enfermedades en el ser humano, ya que es muy común que las personas tengan contacto directo con el pasto.

Objetivo general

Evaluar la presencia de coliformes totales en el pasto de los jardines más frecuentados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El agua

El agua es esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. El agua es de gran importancia, ya que está en todo momento para el ser humano como lo es en alimentación, higiene, actividades como la agricultura y la industria (Moposita, 2015)

El agua en el mundo

La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km³, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5%, es decir 35 millones de km³, es agua dulce. De esta cantidad casi el 70% no está disponible para consumo humano, debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo. Del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o encarece su utilización efectiva (CONAGUA 2011).

El agua en México

Anualmente, México recibe aproximadamente 1,464,734 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, se estima que el 71.7% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.3% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta los flujos de salida (exportaciones) y de entrada (importaciones) de agua con los países vecinos, el país anualmente cuenta con 461,640 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable (CONAGUA 2023).

El agua en Coahuila

Coahuila de Zaragoza es uno de los estados con menor cantidad de lluvia en México, ocupando el tercer lugar en esta categoría. La cantidad de lluvia que cae cada año es de 326 mm en promedio. Debido a las escasas precipitaciones y al clima templado, hay una falta de fuentes de agua superficial que resulta en una cantidad insuficiente de agua disponible. El 90% de las poblaciones se abastecen principalmente de aguas subterráneas. La sobreexplotación de los acuíferos está causando una disminución en las reservas de agua debido a que el nivel de recarga es insuficiente para compensar la extracción.

Las aguas superficiales del estado se dividen en cuatro regiones hidrológicas y 16 cuencas hidrográficas. La gran mayoría de los ríos en la región tienen su origen en los manantiales que emergen de las profundidades del suelo.

En el estado hay 28 zonas geohidrológicas (acuíferos) de aguas subterráneas, la mayoría de ellas están sobreexplotadas. Sin embargo, ocho de ellas presentan graves efectos de abatimiento y pérdida de calidad del agua, como en el Cañón de Derramadero, El Hundido, Monclova, Paredón, La Paila, Saltillo–Ramos Arizpe, Región Manzanera-Zapalinamé, Región Carbonífera y Principal-Región Lagunera.

El 43.67% del agua en el Estado se destina a la agricultura, el 42.73% a la generación de energía eléctrica, el 5.44% al uso público urbano y el 4.19% a la industria (INEGI e INAFED 2023).

Contaminación del agua

La contaminación del agua se refiere a la presencia de sustancias físicas, químicas o biológicas que pueden ser perjudiciales, como bacterias, virus, hongos, parásitos y amebas. La principal amenaza para la calidad del agua en las tuberías de distribución es la infiltración de heces, que pueden causar contaminación. La falta de desinfectante suficiente suele ser la causa del incremento de bacterias en un lugar. Los sedimentos en el fondo de las tuberías pueden causar el crecimiento de microorganismos (Moposita 2015).

Aguas residuales

El aumento rápido de la población, sobre todo en países de desarrollo; la contaminación de ríos y aguas subterráneas; la mala distribución del agua y las serias sequías; han llevado a buscar nuevas fuentes de agua, considerando las aguas residuales como una fuente extra para satisfacer la demanda de este recurso (Silva et al., 2008).

Las aguas residuales también son llamadas aguas negras, son una mezcla compleja que contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto en suspensión como disueltos, los cuales se colectan en un sistema de alcantarillado público. La concentración de estos componentes no siempre es uniforme y depende del tipo de descarga de la cual se origina. Entre las mas comunes se encuentran la sanitaria o municipal, la industrial y la agropecuaria (CEA 2013).

Debido a la escasez de agua potable y los altos costos asociados con ella, las aguas residuales se convierten en una valiosa alternativa para satisfacer las necesidades hídricas de las poblaciones. Su reutilización ofrece beneficios como la fertilización de suelos agrícolas y la reducción de contaminación ambiental (Silva et al. 2008).

Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es esencial para evitar la contaminación del medio ambiente y del agua, así como para la cuidar de la salud pública. Mientras que cada región tiene sus propias necesidades correspondientes a métodos de tratamiento particulares (Reynolds 2002).

Las aguas residuales tienen origen y características diferentes, están representadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias (CEA 2013).

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
PROPIEDADES FÍSICAS	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales; degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición; residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro; aguas residuales domésticas e industriales; erosión del suelo; infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
CONSTITUYENTES QUÍMICOS	
Orgánicos:	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Otros	Degradación natural de materia orgánica.
Inorgánicos:	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas; agua de suministro; infiltración de agua subterránea.
Cloruros	Aguas residuales domésticas; agua de suministro; infiltración de agua subterránea.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
Azufre	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Gases:	
Sulfato de hidrógeno	Descomposición de residuos orgánicos.
Metano	Descomposición de residuos orgánicos.
Oxígeno	Aguas de suministro; infiltración.
CONSTITUYENTES BIOLÓGICOS	
Animales	Curso de agua y plantas domésticas.
Plantas	Curso de agua y plantas domésticas.
PROTISTAS	
Eubacterias	Aguas residuales domésticas; aguas superficiales; plantas de tratamiento de agua.
Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas; aguas superficiales; plantas de tratamiento de agua.
Virus	Aguas residuales domésticas.

Microorganismos

Los microorganismos son los seres que tienen mayor número y extensión sobre la tierra; son organismos con mucha antigüedad que han colonizado exitosamente cada nicho ecológico posible. Los microorganismos se encuentran prácticamente en todas las regiones del planeta, desde los polos, en ambientes bajo el punto de congelación y muy secos, hasta los trópicos con temperaturas altas y con elevada precipitación pluvial. Su presencia y actividad es esencial para la salud y funcionamiento adecuado de todos los ecosistemas (Olalde, V. & Aguilera, L., 1998).

Existen microorganismos que degradan la materia orgánica haciéndola nuevamente disponible para las plantas, actividad sin la cual el mundo sería un enorme basurero; otros han jugado un papel significativo en relación con el hombre y su productividad, participando en la agricultura y en la elaboración de alimentos y medicinas (Olalde, V. & Aguilera, L., 1998).

Clasificación de los microorganismos

Existen tres grupos de microorganismos importantes que se encuentran presentes tanto en aguas residuales y superficiales se clasifican en eucariotas, eubacterias y arqueobacterias, su clasificación es según su estructura celular y su caracterización en el cuadro 2 se muestra como están representados y en las figuras 1, 2 y 3 se pueden ver como es cada una de ellas.

Cuadro 2. Clasificación de los microorganismos (CEA 2013).

GRUPO	ESTRUCTURA CELULAR	CARACTERIZACIÓN	MIEMBROS REPRESENTATIVOS
		Multicelular, con gran diferenciación de las células y el tejido.	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos) Animales (vertebrados e invertebrados).
Eucariotas	Eucariota ^a	Unicelular o coenocítica o micelial; con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Protistas (algas, hongos y protozoos).
Eubacterias	Procariota ^b	Química celular parecida a las eucariotas.	La mayoría de las bacterias.
Arqueobacterias	Procariota ^b	Química celular distintiva	Metanógenos, halófilos, termacidófilos

a: Contienen un núcleo definido. b: No contienen membrana nuclear.

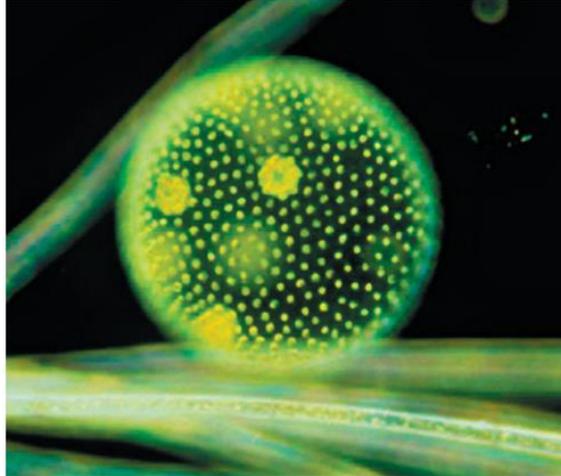


Figura 1. Eucariotas (CEA 2013).

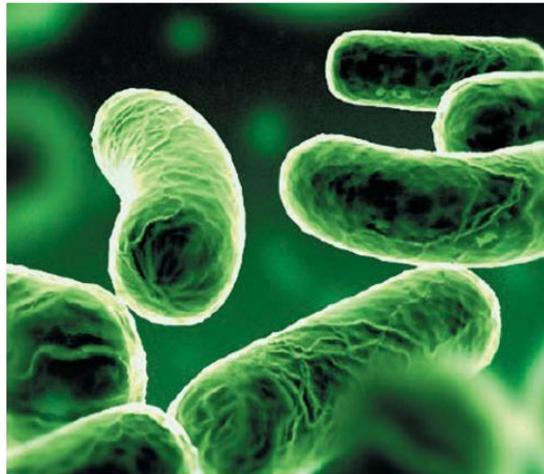


Figura 2. Eubacterias (CEA2013).



Figura 3. Archeobacterias (CEA 2013).

Microorganismos patógenos

Los microorganismos patógenos son aquellos que dañan la salud humana, y son principalmente bacterias, virus y protozoarios (Montaño et al., 2010). Los microorganismos patógenos son capaces de producir enfermedades en plantas, animales, y contaminación en el entorno (Zeballos, 2017).

Distribución de los coliformes

Los coliformes totales y coliformes fecales son comúnmente en el suelo, alimentos, agua, polvo y, sobre todo, en los intestinos de humanos y animales de sangre caliente, la transmisión de estos organismos se produce a través del contacto con el agua y alimentos contaminados, así como por la falta de higiene (Moposita, 2015).

Parásitos

Los parásitos que son patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos (Robert, 2014).

Protozoos

Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa (trofozoíto) y una forma resistente (quiste). El estado de quiste de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los sistemas de tratamiento convencional de aguas. Los protozoos más conocidos en las heces humanas son: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolítica* y *Balantidium coli*. En los últimos años, ha ganado gran importancia la contaminación por *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*, los cuales se consideran patógenos emergentes y la investigación se ha orientado básicamente al estudio de procesos de desinfección que garanticen la eliminación de este tipo de quistes (Robert, 2014).

Enfermedades que provocan los protozoos

Los protozoos pueden provocar diversas enfermedades en los seres humanos, tales como:

- Giardiasis
- Criptosporidiosis
- Malaria
- Diarrea causada por flagelados
- Disenteria amebiana
- Meningoencefalitis amebiana
- Disenteria balantidiana
- Infecciones diseminadas
- Infecciones intestinales

Estas enfermedades afectan a aproximadamente una cuarta parte de la población mundial. Cada año, la malaria provoca más de 100 millones de casos, y un millón de ellos resultan mortales. Además, estudios recientes indican que *Cryptosporidium* es el tercer enteropatógeno de transmisión hídrica más importante a nivel mundial (Robert, 2014).

Helmintos

Los helmintos abarcan nematodos, trematodos y cestodos. El problema principal es el aumento gradual de la cantidad de gusanos en el huésped, como resultado de la continua ingesta de huevos, ya que no se reproducen ni aumentan su cantidad fuera del huésped, es decir, un huevo fecundado que se ingiere genera un adulto sin división intermedia (a excepción de *Strongyloides*); además la respuesta inmune del huésped es débil o inexistente (Robert 2014).

Los coliformes

Uno de los grupos de pequeños microorganismos sugeridos en guías y normas como señales de la calidad del agua potable e importantes para su valoración en términos sanitarios, es el grupo de las bacterias coliformes. Este grupo incluye los coliformes totales

y fecales o termotolerantes, siendo estos últimos vinculados a la posible existencia de contaminación fecal (Fernández, 2017).

Origen de los coliformes

El origen de las bacterias coliformes puede ser fecal o ambiental (a través de insectos, plantas y suelo). Ellas responden a factores ecológicos diversos, que influyen en su permanencia y sobrevivencia. Las bacterias coliformes fecales (CF) están adaptadas para vivir en el tracto gastrointestinal, considerado como su hábitat primario, aunque pueden sobrevivir en el agua residual y cuerpos acuáticos receptores, que son considerados hábitats secundarios (Barrera, et al., 2013).

Coliformes totales

Estos microorganismos son parte de la familia enterobacteriaceae, tienen forma de bastón y son de color purpura, no necesitan oxígeno para sobrevivir, no producen esporas, fermentan la lactosa a una temperatura de 35°C, generando gas y ácido láctico en 24 a 48 horas de incubación, y pueden tener la enzima β -galactosidasa. Cerca del 10% de los microorganismos del intestino de humanos y animales son estos microorganismos, que se encuentran en abundancia en el medio ambiente como en el agua, plantas y suelos. No están relacionados con la contaminación fecal y no representan un riesgo claro para la salud. Se utilizan como indicadores de la degradación de los cuerpos de agua (Robert 2014).

Coliformes fecales o termotolerantes

Los coliformes fecales también conocidos como termotolerantes debido a su capacidad de resistir temperaturas de hasta 45°C, constituyen un grupo exclusivo de microorganismos que sirven como indicadores de calidad. Su presencia es un claro reflejo de su origen fecal, lo que los convierte en centinelas de la higiene en el entorno acuático (Moposita, 2015).

Mayormente están representados por el microorganismo *E. coli*, pero se pueden encontrar, entre otros menos frecuentes, *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* estos últimos hacen parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen se asocia normalmente con la vegetación y solo ocasionalmente aparecen en el intestino (Moposita, 2015).

Escherichia coli

Es una bacteria que vive en el intestino y es un indicador de contaminación fecal. Se distingue por producir indol a partir del triptófano, no producir oxidasa, no descomponer urea y tener actividad de las enzimas β -galactosidasa y β -glucuronidasa. Algunos estudios han señalado que se encuentra en las heces de humanos y animales de sangre caliente en altas concentraciones, entre 10^8 y 10^9 unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de heces. *E. Coli* es normalmente parte de microbiota intestinal humana, aunque puede estar relacionada con diferentes problemas de salud (Robert, 2014).

Microorganismos heterótrofos

Estas se encuentran abundantemente en el agua, incluidas el agua tratada y del grifo. Tienen una gran capacidad de adaptación y pueden sobrevivir en condiciones difíciles de oxígeno, permaneciendo más tiempo en el agua que otros microorganismos. Su presencia sirve como indicador de la carga bacteriana total, y se mide contando las bacterias viables a 37°C durante 48 horas, expresándose en unidades formadoras de colonias (UFC). El conteo de microorganismos heterótrofos es considerado uno de los indicadores más confiables y sensibles del éxito o fracaso de la desinfección (Robert, 2014).

Clostridium perfringens

No solo proviene de heces, sino que también se encuentra en suelos y aguas contaminadas. Como es una bacteria que forma esporas, puede sobrevivir en condiciones difíciles como altas temperaturas, sequedad, pH extremos y escasez de nutrientes. Su presencia en agua tratada y desinfectada sugiere problemas en el proceso de tratamiento o desinfección. Encontrar este microorganismo en el agua justo después del tratamiento es una señal de

alerta sobre el funcionamiento de la planta de filtración. Además, su gran resistencia puede indicar de forma indirecta la presencia de quiste de protozoos (Robert, 2014).

Virus

Los virus están compuestos por ácidos nucleico y proteínas. El ácido nucleico, que constituye el genoma viral, se encuentra en el interior de la partícula y puede ser ya sea ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN). Estos virus suelen estar relacionados con un reducido número de moléculas proteicas, las cuales pueden tener funciones enzimáticas o estabilizadoras para el plegamiento del ácido nucleico y la formación de la partícula viral. Entre los virus que se transmiten a través del agua, los virus entéricos son los más comunes; estos se reproducen en el intestino humano, se excretan en grandes cantidades a través de las heces de los infectados y poseen la sorprendente capacidad de sobrevivir en el medio ambiente durante varios periodos (Robert, 2014).

Riego con aguas residuales

El uso de aguas residuales en la agricultura puede aumentar el ingreso de materia orgánica y nutrientes a los suelos cultivados lo cual contribuye a mantener e incrementar la fertilidad del mismo, pero también puede traer efectos ambientales nocivos que deterioran la calidad del suelo y del agua (Zamora, 2008).

Riego por aspersión

Debido a que en la actualidad el agua es un recurso que enfrenta problemas críticos por la disminución de su disponibilidad, surge la necesidad de usarla de una manera mas eficiente, lo que se logra perfeccionando el manejo y el diseño de los sistemas de riego. Dentro de los sistemas presurizados, se encuentra el riego por aspersión, el cual cumple con una reposición oportuna y eficiente del agua, lo que ayuda también a un buen rendimiento al cultivo (Holzapfel et al., 2007).

El riego por aspersión es una técnica que consiste en aplicar el agua al suelo en forma de lluvia, este método es conseguido gracias a la presión requerida en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor. Generalmente, la presión que se requiere se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde el canal, río o pozo (Peralta & Simpfendörfer., 2001).

Importancia del viento en el riego por aspersión

En cuanto al sistema de riego por aspersión, el viento es un parámetro importante por lo que se debe tener información precisa de su velocidad, ya que afecta la eficiencia de aplicación. Ningún sistema de riego es capaz de aplicar agua con perfecta uniformidad. En general el aumento de la uniformidad de distribución del agua requiere inversiones en el sistema, manutención y mano de obra para el manejo racional de riego.

Para un determinado sistema de riego por aspersión, un aumento de la uniformidad de aplicación es posible incrementando los costos en capital y operación. Por lo que, en base al aspecto económico ciertos niveles de uniformidad son aceptables para cada tipo de riego (Holzapfel et al., 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS:

Localización

Este trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en los jardines de la Plaza de los Egresados, el Departamento de Parasitología y el Departamento de Riego y Drenaje que se localiza en:

UTM 14R

295102.74 m E

2805783.53 m N

Altimetría: 1764 msnm



Figura 4. Ubicación de los tres sitios de muestreo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Sistema de riego

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro cuenta con áreas de jardines las cuales son regadas con agua residual tratada y con agua de pozo teniendo como prioridad mantenerlos siempre verdes, contando este con su propio sistema de riego.

Los jardines de la UAAAN cuentan con su propio bombeo para abastecer el riego teniendo en cuenta que se toma el agua de una la pila que se encuentra dentro de la universidad. Esta pila es llenada con agua residual tratada con un sistema de tratamiento a nivel secundario de lodos activados.

Selección de sitios de muestreo

Se realizó el proyecto de tesis en el pasto de los jardines de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, tomando tres ubicaciones dentro de la universidad que son los jardines del Departamento de Riego y Drenaje, Parasitología y La Plaza de los Egresados, estos como referencia debido a que son los lugares donde hay más afluencia de estudiantes, ya que son utilizados como zonas de descanso debido principalmente al sombreados de las áreas, se tomaron de acuerdo al área de cada ubicación el respectivo número de puntos de muestreo siendo tres, tres y cinco respectivamente.

Toma de muestras

Como primeras muestras se tomaron las de La Plaza de los Egresados teniendo en esta ubicación cinco puntos de muestreo, se procedió a tomar las muestras en cada punto utilizando unas pinzas y tijeras estériles, se cortó el pasto desde la parte de arriba (Figura 5), es decir, las hojas, con las mismas pinzas se procedió a ponerlas en una bolsa Whirl Pak y en ese mismo instante se cerró para no tenerla mucho tiempo en el medio ambiente y no contaminarla, luego se colocó en una hielera, se utilizó el mismo procedimiento para cada punto en las respectivas ubicaciones de muestreo, ya teniendo todas las muestras de pasto de cada punto, se transportó la hielera hacia el laboratorio para proceder a sembrarlas en el medio de cultivo selectivo que contiene las cajas Petri.



Figura 5. Corte de pasto para las muestras.

Horario de muestreo

Se realizó el muestreo después de las 8 y antes de las 12 horas ya que se evita el rocío y la humedad que se acumula sobre el pasto en horas tempranas de la mañana y la pérdida de agua que ocurre en horas más avanzadas, también se disminuye el posible efecto de reacciones internas que pueden ocurrir, debido a la fluctuación de la temperatura y otros factores del clima, y propiciar cambios en la composición química de la muestra.

Tamaño de la muestra

Se recolectaron muestras de pasto de unos 0.10 g de cada uno de los tres sitios para determinar la presencia de coliformes. La cantidad recogida fue considerada suficiente para realizar el análisis correspondiente.

Conservación de la muestra

Una vez tomada la muestra del pasto se debe conservar durante su traslado al laboratorio para evitar cualquier alteración que pueda sufrir. Para ello, se hizo lo siguiente: se conservó la muestra en bolsas Whirl Pak herméticamente cerradas, y esta se colocó la en una hielera con hielos como se muestra en la Figura 6.

Este método tiene como objetivo conservar la muestra lo más intacta posible, disminuir la actividad enzimática remanente después de cortar la muestra y evitar transformaciones en la composición química.



Figura 6. Muestras de pasto resguardadas en una hielera.

Tiempo de procesamiento y traslado de la muestra al laboratorio

Cada muestra fue cuidadosamente protegida en las bolsas Whirl pak con cierre hermético, resguardándola del calor del sol mientras se completaba la recolección de las muestras programadas. Así se aseguraba que nada interfiriese con su integridad.

Fueron resguardados en un rincón fresco y a la sombra, garantizando así su perfecta conservación. La única fluctuación en el experimento fue el tiempo necesario para llevarlas al laboratorio y proceder con su procesamiento adecuado.

Para asegurar que la muestra mantenga su integridad, es crucial que el intervalo desde su recolección hasta su llegada al laboratorio no supere las dos horas, y que su procesamiento se realice en un plazo de máximo cuatro horas.

Número de personas que muestrean

Una estrategia común es aumentar la cantidad de técnicos o personal encargado de recoger y procesar las muestras, con el fin de optimizar el tiempo y así tener la cantidad de muestras planificadas.

Para llevar a cabo esta práctica, bastó con la colaboración de solo dos personas, ya que la cantidad de muestras manejadas era suficientemente reducida como para que no se requirieran más técnicos.

Sembrando las muestras en el laboratorio

Una vez teniendo todo listo se comenzó a sembrar las muestras del pasto que se tomó, esto con un hisopo que se pasó sobre las hojas del pasto y en ese preciso momento se pasó también por la caja Petri, teniendo el conjunto de cajas sembradas, se colocaron dentro de una incubadora a 44 °C, se esperó a que pasaran 24 horas para ver si existía o no crecimiento de coliformes totales.

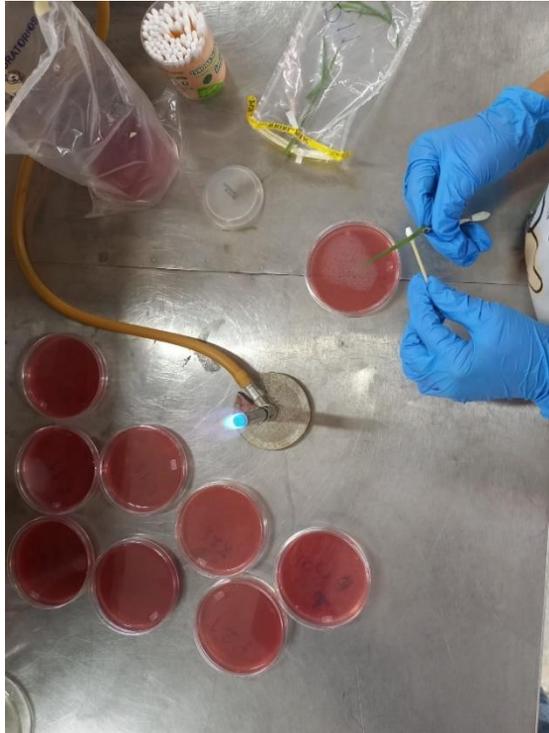


Figura 7. Sembrando las muestras en el medio de cultivo seleccionado.

Incubación de muestras

Una vez de haber sembrado las muestras se procedió a incubarlas en el laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje, teniendo en cuenta que la temperatura para crecimiento de coliformes totales es de 37° a 44 °C en un tiempo de 24 horas.



Figura 8. Incubación de las muestras.

Observación de crecimiento de coliformes totales

Una vez pasadas las 24 horas se procedió a sacar las muestras de la incubadora para la observación de crecimiento de coliformes totales de cada sitio de muestreo.

IV. RESULTADOS

Luego de completar todas las etapas del experimento de acuerdo al protocolo establecido, se obtuvieron los siguientes resultados.

Coliformes totales

En el agar M-Endo, medio seleccionado para el cultivo, no se detectaron coliformes totales en ninguna de las zonas muestreadas (Cuadro 3). A continuación, se presentan imágenes que respaldan estos hallazgos (Figuras 9, 10 y 11).

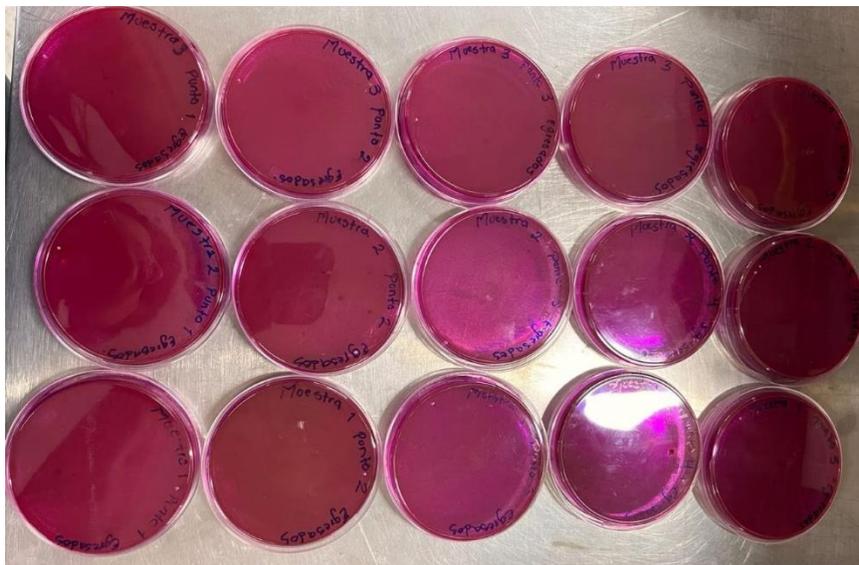


Figura 9. Resultados de las muestras de los jardines de La Plaza de los Egresados.

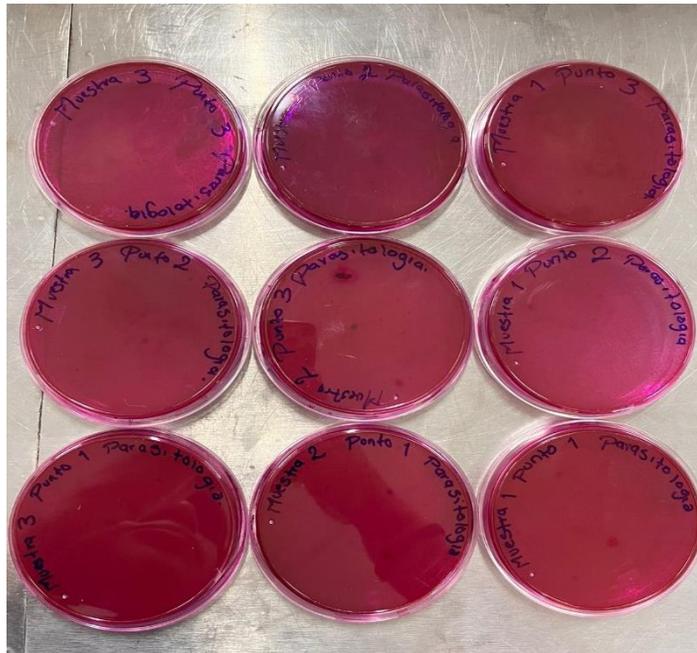


Figura 10. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Parasitología.

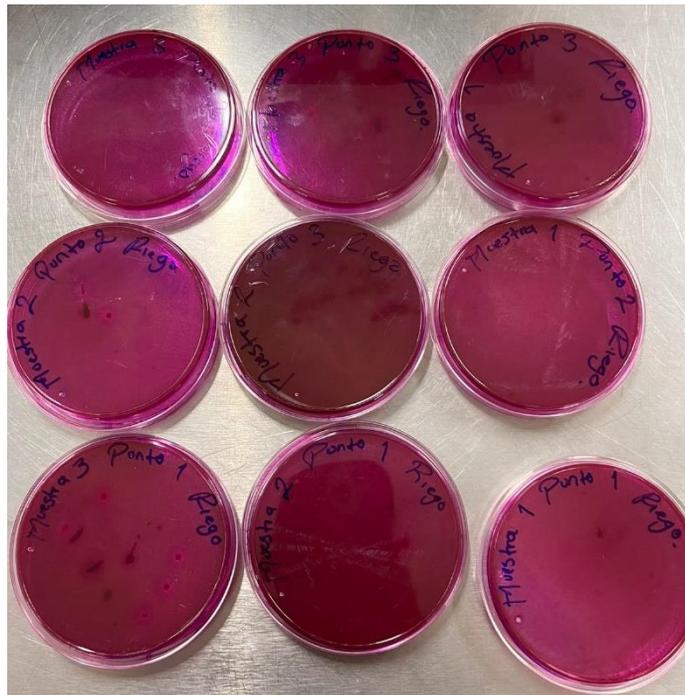


Figura 11. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Riego Y Drenaje.

Cuadro 3 Resultados de coliformes totales encontrados en el medio de cultivo agar M-Endo.

Plaza de los egresados			Departamento de parasitología			Departamento de Riego Y Drenaje			
Punto de muestreo	Numero de muestra	Coliformes totales encontrados	Punto de muestreo	Numero de muestra	Coliformes totales encontrados	Punto de muestreo	Numero de muestra	Coliformes totales encontrados	
Punto 1	1	0	Punto 1	1	0	Punto 1	1	0	
	2	0		Punto 1	2		0	2	0
	3	0						3	0
Punto 2	1	0	Punto 2	1	0	Punto 2	1	0	
	2	0		Punto 2	2		0	2	0
	3	0						3	0
Punto 3	1	0	Punto 3	1	0	Punto 3	1	0	
	2	0		Punto 3	2		0	2	0
	3	0						3	0
Punto 4	1	0	Punto 4	1	0	Punto 4	1	0	
	2	0		Punto 4	2		0	2	0
	3	0						3	0
Punto 5	1	0	Punto 5	1	0	Punto 5	1	0	
	2	0		Punto 5	2		0	2	0
	3	0						3	0

Trabajando con el medio de cultivo Chromocult, para una confirmación de resultados de la presencia de coliformes totales, se utilizó en el experimento y, al igual que el M-Endo, no se encontró presencia de coliformes totales (Figura 12, 13 y 14 y Cuadro 4).

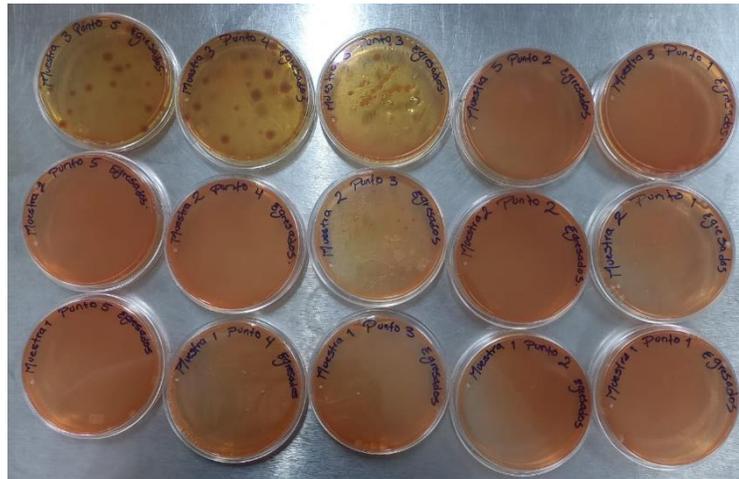


Figura 12. Resultado de las muestras de los jardines de La plaza de los Egresados.

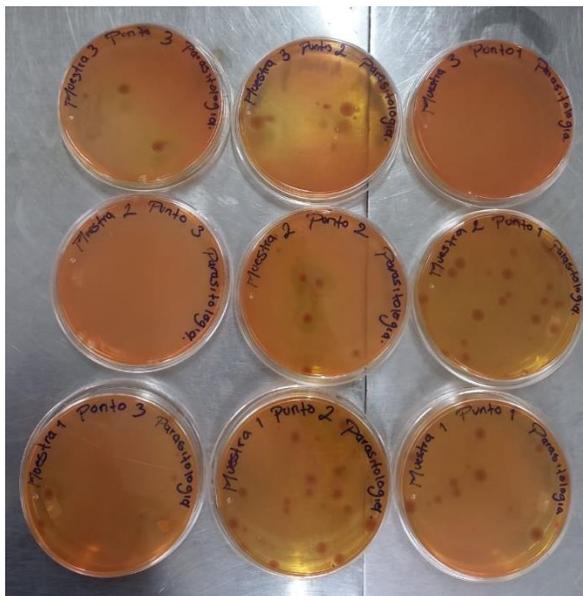


Figura 13. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Parasitología.

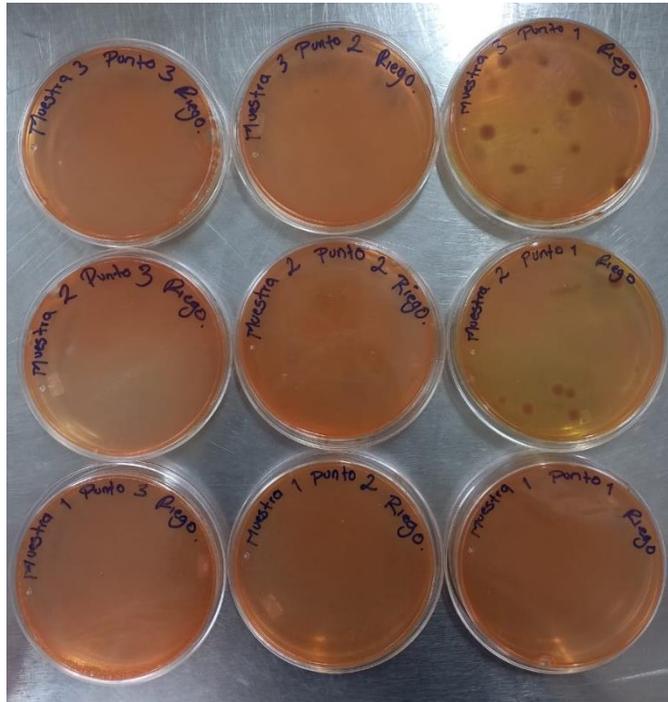


Figura 14. Resultados de las muestras de los jardines del Departamento de Riego Y Drenaje.

Cuadro 4. Resultados de coliformes totales encontrados en el medio de cultivo chromocult.

Plaza de los egresados			Departamento de parasitología			Departamento de Riego y Drenaje		
Punto de muestreo	Numero de muestra	Coliformes totales encontrados	Punto de muestreo	Numero de muestra	Coliformes totales encontrados	Punto de muestreo	Numero de muestra	Coliformes totales encontrados
Punto 1	1	0	Punto 1	1	0	Punto 1	1	0
	2	0		2	0		2	0
	3	0		3	0		3	0
Punto 2	1	0	Punto 2	1	0	Punto 2	1	0
	2	0		2	0		2	0
	3	0		3	0		3	0
Punto 3	1	0	Punto 3	1	0	Punto 3	1	0
	2	0		2	0		2	0
	3	0		3	0		3	0

Punto 4	1	0	Punto 3	3	0	Punto 3	3	0
	2	0		1	0		1	0
	3	0						
Punto 5	1	0		2	0		2	0
	2	0						
	3	0		3	0		3	0

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre la presencia de coliformes totales en los jardines de los tres sitios de muestreo fue nulo, ya que en ocasiones los jardines son regados con agua limpia de pozo y otras en las que se utiliza agua tratada que proviene de la planta tratadora de agua que se encuentra dentro de la Universidad, debido a estos resultados es que se supone que la planta tratadora hace bien su función, puesto que de lo contrario hubiera presencia de coliformes totales en los jardines muestreados.

VI. CONCLUSION

En este estudio, no se detectó la presencia de coliformes totales en los jardines de La Plaza de los Egresados, en los jardines del Departamento de Parasitología ni en los jardines del Departamento de Riego y Drenaje, por lo tanto, es factible que los alumnos de la UAAAN utilicen dichos sitios como áreas de descanso, ya que el peligro de contraer alguna enfermedad causada por coliformes totales es relativamente bajo.

VII. BIBLIOGRAFÍA:

Barrera Escorcía, G., Fernández Rendon, C. R., Wong Chang, I. & Ramírez Romero, P. (2013). La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Hidrobiológica* 23 (1): 87-96. [Fecha de consulta 28 de noviembre de 2024] Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972013000100009

Comisión Estatal del Agua de Jalisco (2013). Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados. [Fecha de consulta 25 de noviembre de 2024] Recuperado de: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/03/OperacionMantenimientoPTAR_LodosActivados_CEAJalisco_T1.pdf

CONAGUA. (2011). Agua en el mundo. In *Estadísticas del agua en México*, Edición 2011 (2011th ed., pp. 114–126). [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2024] Recuperado de: http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo_8.pdf

CONAGUA. (2023). Estadísticas del Agua en México 2023 https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/port_publicaciones.html

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3),147-170. [fecha de Consulta 7 de diciembre de 2024]. ISSN: 1666-7948. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Fernández-Santisteban, M. T., (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña*

de Azúcar, 51(2),70-73. [fecha de Consulta 7 de diciembre de 2024]. ISSN: 0138-6204. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>

Holzapfel, E. A., Pardo X. M., Paz V. P. da S., Rodríguez, A., Orrego, X. C., & López, M. A. (2007). Análisis técnico-económico para selección de aspersores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V. 11, n.6, p.557–563. [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2024] Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7tPNhPVZRyYk7kmz5TLnLDv/?format=pdf&lang=es>

INEGI e INAFED. (2024). Hidrología del Estado de Coahuila de Zaragoza. [Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2024] Recuperado de: <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-coahuila-de-zaragoza/hidrologia-coahuila.html>

López Hernández, R. A. & Herrera Panduro, K. L. (2015). Planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de la esperanza, provincia Trujillo. *La libertad*. [Fecha de consulta 05 de diciembre de 2024] Recuperado de: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/1981/REP_ING.CIVIL_RODRIGO.LOPEZ_KATHLEEN.HERRERA_PLANTA.TRATAMIENTO.AGUAS.RESIDUALES.REUSO.RIEGO.PARQUES.JARDINES.DISTRITO.LA.ESPERANZA.TRUJILLO.LA.LIBERTAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio del medio ambiente y agua (2018) Guía técnica para el reúso de las aguas residuales en la agricultura. ISBN: 4-1-550-18 [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2024] Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/429934/guia_reuso_aguas_residuales.pdf

Montaño Arias, N. M., Sandoval Pérez, A. L., Camargo Ricalde, S. L. & Sánchez Yañez, J. M. (2010). Los microorganismos: pequeños gigantes. *Elementos: Ciencia y cultura*. Vol. 17, Núm. 77. pp. 15-23. ISSN (Versión impresa): 0187-9073. [Fecha de consulta 15

de noviembre de 2024] Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>

Moposita, Chiluiza, A, D. (2015). Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia de pasa del cantón Ambato en el período diciembre 2014 - mayo 2015. universidad técnica de Ambato. [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2024] Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/264c41d6-3f9c-47d1-ba7e-6908f4106c48/content>

Olalde Portugal, V., & Aguilera Gómez, L. I. (1998). Microorganismos y biodiversidad. *Terra Latinoamericana*, 16(3),289-292. [fecha de Consulta 7 de diciembre de 2024]. ISSN: 2395-8030. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316312.pdf>

Peralta A., J. M. & Simpfendörfer L. C. (2001) Riego por Aspersión. GOBIERNO DE CHILE MINISTERIO DE AGRICULTURA. [Fecha de consulta 28 de noviembre de 2024] Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/0340e3be-f94f-4fc1-92d2-e143055740ba/content>

Reynolds K. A. (2002) Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. [Fecha de consulta 20 de noviembre del 2024] Recuperado de: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/documentos_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf

Robert Pulles, M., (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. Revista CENIC Ciencias Biológicas. Vol. 45, No.1, pp, 25-36. ISSN: 0253-5688.

[Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2024] Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/revista.oa?id=1812>

Silva, J., Torres P. & Madera, C. (2008). Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*. vol.26 no.2. [Fecha de consulta 24 noviembre de 2024] ISSN 0120-9965. Recuperado de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012099652008000200020&script=sci_arttext

Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, D. & Yendis, H. (2008) Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, Estado Falcón. *Bioagro*. v.20 n.3. ISSN 1316-3361. [Fecha de consulta 04 de diciembre de 2024] Recuperado de: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000300006

Zeballos Heredia, M. F. (2017) Caracterización de microorganismos de montaña (MM) en biofertilizantes artesanales. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2024] Recuperado de:
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/32881915-2d77-496a-b7cd-00bffb2a2eff/content>