

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE FARMACIA



**“Evaluación microbiológica de la calidad del agua potable, abastecida en
Campus Médico, de la ciudad de León, Noviembre 2019”**

Monografía para optar al título de Licenciado Químico Farmacéutico.

AUTORES:

Br. Reyes Hernández Katherine Valeska.

Br. Salgado Flores Patria Yitani.

TUTORA:

MSc. Lisseth Aráuz.

León, Marzo del 2020

¡A la libertad por la Universidad!

AGRADECIMIENTO

Dios por ser el dador de la vida, nuestro refugio y fortaleza, que con su amor eterno nos ha acompañado a lo largo del camino.

Nuestros padres, quienes con mucho esfuerzo, sacrificio y amor incondicional han logrado darnos los estudios; herramientas necesarias para triunfar en la vida.

Los docentes, por compartir con nosotros sus conocimientos y experiencias en el lapso de nuestra formación profesional.

Nuestra tutora Lic. Lisseth Aráuz por brindarnos su tiempo, dedicación y estar siempre disponible para orientarnos en esta labor.

Todas las personas que en el transcurso de nuestra carrera nos brindaron la ayuda y el tiempo necesario para lograr culminar nuestros sueños.

Katherine Reyes.

Patria Salgado.

DEDICATORIA

A Dios, porque Él me ha permitido llegar hasta el día de hoy, por darme la oportunidad de levantarme día a día, por la capacidad que a mi brindó todos estos años, por ser quien me dio fuerzas cuando más necesitaba, por ser mi amigo fiel, quien escucho en todo momento y respondió a mis necesidades en el tiempo perfecto he indicado, por ser quien siempre me levantó cuando caía, por guiarme y acompañarme hasta el día de hoy.

A mis padres, Bismar Reyes y mi madre Ruth Carolina Hernández, por dedicar cada día de sus vidas a formarme, guiarme, aconsejarme y jamás faltarme, por ser los mejores padres, por educarme con el ejemplo e inculcarme los mejores valores, por su confianza, apoyo, escucha y comprensión, por no dejarme sola en ningún momento, por estar ahí cuando los necesitaba.

A mi hermana Junieth Reyes, por compartir mis alegrías y apoyarme siempre, por su compañía durante muchas horas cuando nos desvelábamos y por hacer este logro más fácil.

A mis abuelos que me apoyaron en vida cuando ya sentía que no quería avanzar y estando ahí cuando necesité de una mano amiga motivándome a ser mejor cada día, por ser ese ejemplo de perseverancia e inteligencia para mí.

A mis abuelas porque el Señor les ha dotado de amor, paciencia y comprensión, por escuchar, por tener la paciencia con este ser todos estos años, por comprender y por ayudarme a seguir adelante con el amor que me brindó.

A cada uno de los docentes que a lo largo de este camino me transmitieron sus conocimientos, en especial a mi tutora MSc. Lisseth Aráuz que con su paciencia y dedicación me ayudó a finalizar este trabajo investigativo.

A una docente en especial por ser de las mejores que he conocido en el trayecto de mi vida por su dedicación y amor a cada uno de nosotros, no solo por enseñarme a ser mejor estudiante sino, a ser mejor persona, ella que me enseñó a luchar por mis metas, por marcar la diferencia entre los demás Lic. Saura Marín.

A mi amiga Patria Salgado, por darme ánimos, por decirme que si podía cuando creí lo contrario, por ayudarme, acompañarme y siempre escucharme, por soñar conmigo este logro y acompañarme hasta el final y llegar a la meta junto a mí.

Katherine Reyes.

DEDICATORIA

A Dios, que me ha permitido seguir en este camino, quien me ha dado de su amor, comprensión; siendo un amigo fiel y un guía para mí. Gracias a Él que me hizo ver que puedo lograr todos los objetivos que me propongo, por demostrarme que siempre está conmigo, en las buenas y en las malas.

A mi madre, Lic. Patria Libertad Flores Corrales, quien ha sido madre y padre, me ha brindado su apoyo, amor, comprensión, porque siempre he podido contar con ella, siendo una amiga, una guía, mi todo. Gracias, madre por educarme de la mejor manera posible, es la persona que más admiro en este mundo, siendo un vivo ejemplo de un amor verdadero, te amo mamá.

A mi tía Timandra Flores C. y primos, gracias por su apoyo incondicional que me han brindado siempre, por estar en todos los momentos de mi vida.

A mi amiga y hermana Katherine Reyes quien me ha apoyado desde que nos conocimos, por estar siempre para mí y darme todo su cariño y amor, gracias por todo lo que hemos vivido y poder llegar hasta este gran logro juntas, ha sido un honor.

A mi amigo y hermano Marvin Parrales, gracias por compartir muchos momentos especiales, por darme tu apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A nuestra tutora, MSc. Lisseth Aráuz, quien nos brindó todo el apoyo y nos ha guiado en esta monografía, por su tiempo y paciencia, por hacer posible este logro en nuestras vidas.

También le doy gracias a la licenciada MSc. Saura Mendoza, una persona a quien admiro mucho y un gran ejemplo de ser humano y maestra, quien se preocupa por sus alumnos y la educación de cada uno, gracias por sus consejos y su dedicación.

Dedico con mucho amor, cariño y esfuerzo este logro a mis abuelos Dr. Emilio Flores Obregón y Lic. Esperanza Corrales, los cuales llevo siempre en mi corazón, aunque ya no están con nosotros. También a mis tíos: Leoncio Emilio F. (Q.E.P.D) y Lautaro L. Flores.

Patria Salgado



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
OBJETIVOS.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
MARCO TEÓRICO	7
¿QUÉ ES EL AGUA?	7
HISTORIA	7
CICLO DEL AGUA.....	9
AGUA POTABLE	9
POTABILIDAD.....	10
Captación	11
Potabilización.....	11
Almacenamiento	11
Distribución y transporte.....	11
Vigilancia y control	12
Usos urbanos	12
PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA	12
Pretratamiento:	12
Tratamiento:.....	13
MÉTODO DE POTABILIZACIÓN EN LEÓN	16
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA:.....	18
Características Físicas:	18
Características Químicas:	19
Características Bacteriológicas:.....	19
CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	19
FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	20
CALIDAD DEL AGUA.....	21
IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA:	21



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:.....	22
PARÁMETROS SEGÚN LA NORMA CAPRE	23
Bacteriológicos (a)	23
Parámetros organolépticos	24
Parámetros Físico – Químicos	25
PRINCIPALES MICROORGANISMOS BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	26
COLIFORMES:.....	27
COLIFORMES TOTALES:	28
COLIFORMES FECALES:.....	30
ESCHERICHIA COLI	31
BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS.....	33
PSEUDOMONAS AERUGINOSA	35
MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA LAS TRES FASES EN COLIFORMES TOTALES Y FECALES	36
Prueba presuntiva:	36
Prueba confirmativa:	37
MÉTODO DE NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) PARA LA DETERMINACIÓN DE E. coli....	38
IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS.	40
IDENTIFICACIÓN DE <i>PSEUDOMONA AERUGINOSA</i>	41
MATERIAL Y MÉTODO.....	42
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	44
MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.	45
PROCEDIMIENTO.....	46
1. Preparación de los medios de cultivo.....	46
2. Recolección de la muestra.....	47
3. Ensayo Microbiológico para detectar presencia de <i>Coliformes totales y fecales</i> . Por el método NMP	48
4. Identificación de bacterias Aerobios Mesófilas. Conteo por la técnica vertido en placa:.....	49
5. Determinación de <i>Pseudomona aeruginosa</i>	49
RESULTADO Y ANÁLISIS DE RESULTADO.....	51

Evaluación microbiológica de la calidad del agua potable, abastecida en Campus Médico,
de la ciudad de León, Noviembre 2019.



CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS	63



INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los principales factores del ambiente imprescindible para la vida de todos los organismos vivos y está relacionada directa e indirectamente con las actividades que el hombre realiza en pro de su bienestar y sobrevivencia, por tal razón es un recurso natural esencial para la humanidad. Ocupa el 70% de su superficie, pero a pesar de ello menos del 3% es agua dulce y 66% agua salada. Por lo que al menos el 1% es de fácil accesibilidad.

El agua apta para el consumo es la que cumple con los parámetros de calidad estipulados, como son la salubridad, características organolépticas, ausencia de microorganismos patógenos y cualquier agente químico que sea capaz de alterarla, volviéndola nociva para la salud.

El agua está expuesta a diversos contaminantes tales como: bacterias patógenas, virus, protozoarios y helmintos provenientes de las heces fecales de humanos y animales, que traen consigo la aparición de diversas enfermedades en el ser humano, convirtiéndose en un problema de salud pública. Actualmente, existen descritas más de 20 enfermedades en las que el agua actúa directa o indirectamente en su aparición, algunas de ellas con alto impacto en términos de morbilidad y mortalidad.

Para poder prevenir el impacto negativo que puede provocar el agua contaminada se debe saber el nivel de calidad de ésta. La determinación de la calidad necesita de la implementación de metodologías y técnicas tanto químicas como biológicas con las que podemos detectar no sólo los contaminantes presentes en ellas, sino también los posibles efectos indeseables que pueden ocasionar en el medio ambiente y salud de las personas. Es por esto por lo que se puede decir que la calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de agentes contaminantes y para conocer estos datos es necesario realizar los análisis del agua. Entre estos métodos analíticos tenemos los fisicoquímicos que nos permiten conocer la turbidez, pH, sólidos disueltos; ensayos bacteriológicos como la



determinación de enterobacterias y otros microorganismos. (García, 2019 Abril)

El método del número más probable (NMP) es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (positivas o negativas) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de soluciones.

Para implementar este método microbiológico, se necesita utilizar indicadores bacteriológicos. Este es un grupo de bacterias cuya función es mostrar evidencia de contaminación fecal proveniente de animales de sangre caliente. Los criterios para considerar un organismo como indicador son:

- a) Que el indicador esté presente cuando el patógeno también lo esté.
- b) Que el indicador esté presente en grandes cantidades en materia fecal.
- c) Que el indicador responda a condiciones ambientales o procesos de tratamiento de manera similar a los patógenos de interés.
- d) Que el indicador sea fácil de aislar, identificar y enumerar.
- e) Que exista una relación alta indicador-patógeno.
- f) Que el indicador y el patógeno deben provenir de la misma fuente, esto es del tracto gastrointestinal.

Así el grupo de bacterias Coliformes se aplica como prueba general de monitoreo de calidad del agua y se ha utilizado en todo el mundo a lo largo de los últimos 100 años para llevar a cabo estudios de agua potable, contaminación de sistemas acuáticos, fuentes de contaminación de aguas residuales crudas y sistemas de tratamiento de aguas residuales y aguas recreativas. (Rose, Abril 2019)

Existen diversos estudios relacionados en la determinación de la calidad del agua, con el propósito de saber si ésta es apta para el consumo humano.



En la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-LEÓN) se han realizados algunos estudios que reflejan un avance del monitoreo de la cuantificación de microorganismos, que pueden provocar afectaciones en la salud y así buscar el bienestar de la comunidad universitaria. Entre estos podemos mencionar:

Vanegas Franiela y Rojas Harold 2014, **Evaluación de la calidad de agua de los grifos de la Facultad de Ciencias Químicas mediante Método Biológicos y Fisicoquímicos, Febrero-Mayo**, en este estudio se encontró por el método del Número más Probable(NMP) la ausencia total de *Coliformes Fecales y Totales* en cada una de las muestras, por lo tanto están dentro de los límites permisibles según lo declarado por la normas de calidad del agua para consumo humano (CAPRE), para agua potable, en esta prueba microbiológica, sin embargo se determinó la presencia de *Pseudomona aeruginosa* en la muestra 2 y 4, lo que implica que ambas muestras no son aptas para consumo humano por la alta patogenicidad de esta bacteria una vez que es ingerida y alojada en el cuerpo humano. Por lo tanto, concluyeron que, de acuerdo con los resultados de cada uno de los ensayos realizados, el agua de grifo que actualmente se está consumiendo en el área de lavado del laboratorio de microbiología, área de descanso del laboratorio Mauricio Díaz Müller, área de la cafetería de decanatura de Ciencias Químicas y el área de la cafetería del departamento de farmacia industrial no son aptas para el consumo humano.

“Celiz Jorge y Soto Belkis 2016, **Evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN-León (Campus Médico), marzo-octubre 2016**. En este estudio se determinó lo siguiente: “El ensayo microbiológico del Número Más Probable comprobó la ausencia total de *Coliformes Fecales y Totales* en las muestras analizadas de agua independientemente de su procedencia, por lo cual es apta para su consumo, según el reglamento de la calidad del agua para el consumo humano (NORMAS TÉCNICAS NICARAGÜENSES y las Normas de calidad del agua para consumo humano CAPRE). Y la detección de Bacterias Aerobias Mesófilas (BAM) en las muestras de aguas, es nula, lo cual la hace apta para su consumo. Por lo tanto, concluyeron que, de acuerdo con los resultados de cada uno de los ensayos realizados, el agua de grifo que actualmente se está consumiendo en las diferentes áreas de



la Facultad de Ciencias Químicas es apta para el consumo humano.”

En la zona de la ciudad de León, también se han realizado diversos estudios del control microbiológico de la calidad de los pozos, fuentes abastecedoras de agua potable.

Osorio Katia, Rayo Yudy y Rodríguez Alba 2013, “**Estudio microbiológico de agua de pozo del barrio El Calvarito, León, febrero 2013**” determinándose lo siguiente: “De las muestras analizadas se encontró que la que presenta mayor número de bacterias aerobias es la muestra dos presentando 136×10^1 UFC/mL. También se encontró la presencia de *Coliformes Totales* en cantidades superiores a $\leq 1,8$ NMP/100 ml, no cumpliendo con la normativa CAPRE. Se confirma la presencia de *Pseudomona aeruginosa* y *Coliformes Totales*, con estos resultados se puede decir que el agua de pozo puede presentar alta probabilidad de contaminación microbiana.”

En los últimos años se ha incrementado y generalizado la preocupación sobre la calidad del agua que se consume a diario en los puntos de estudio, por los diferentes cambios que presentan en ocasiones, tomando en cuenta que hace unos años atrás se tuvo un problema de contaminación cruzada, por el aumento de contaminantes que se puede ver afectada por las posiciones que se localizan las tuberías de desagüe y de consumo, por estos motivos hemos decidido realizar este estudio, para generar una nueva documentación actualizada, que viene a corroborar si el agua que se distribuye es apta para ser consumible por la comunidad universitaria, campus médico. Basándonos en la norma CAPRE de agua potable que utiliza el MINSA y utilizando el análisis microbiológico, por el método del Número más Probable (NMP), se hará uso de la técnica de tubos de fermentación múltiple, para la determinación de *Coliformes Totales* y *Fecales*, para la cuantificación de Bacterias Mesófilas Aerobias utilizaremos el método de recuento en placa y para la identificación de *Pseudomonas aeruginosa*, a través de Cultivo en medio selectivo, Agar Cetrimide.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es uno de los principales factores del ambiente indispensables para la vida de todos los seres vivos y por ende es necesario fisiológicamente para la supervivencia humana. El sistema de distribución de agua potable es de vital importancia, para poder establecer la calidad final de la misma, siendo los biofilms que se forman a través de las tuberías, una de las principales causas de contaminación, enfermedades y muertes.

Los sistemas de almacenamiento y de distribución de agua potable constituye un ambiente propicio para la proliferación bacteriana, el flujo favorece el transporte de nutrientes y bacterias, mientras que las paredes de las tuberías y las partículas presentes en el agua sirven de superficie adherente para los microorganismos; ya que estas fuentes, contienen compuestos orgánicos capaces de promover el crecimiento bacteriano, incluso después de la desinfección final a la que se somete el agua durante su potabilización.

La multiplicación de estos microorganismos en biofilms alrededor de toda la red de distribución, da como resultado el deterioro de la calidad bacteriológica del agua de bebida, el desarrollo de olor y el color, tanto como la aceleración de los fenómenos de corrosión sobre las tuberías y, por ende, aumentan el costo de mantenimiento en la distribución por red.

Entonces este desarrollo bacteriano depende fundamentalmente del contenido de materias orgánicas biodegradables y de nutrientes inorgánicas, de la eficiencia del desinfectante residual, de la temperatura, del tiempo de residencia del agua en los conductos y en el depósito de almacenamiento, del pH y el material de las tuberías.

Por esta razón y tomando en cuenta lo anteriormente descrito, nos planteamos lo siguiente:
¿Sigue siendo apta el agua potable que se consume en la comunidad universitaria de la Facultad de Ciencias Químicas y cumple con los parámetros microbiológicos, en base a la norma Regional CAPRE, para agua potable?



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar la calidad del agua potable en el Campus Médico, León, a través de la aplicación de métodos microbiológicos en el periodo comprendido noviembre 2019.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Indagar en las muestras, la presencia de *Coliformes totales y fecales* a través del Método microbiológico del Número más Probable, NMP.
- ❖ Cuantificar bacterias Mesófilas aerobios presentes en las muestras en estudio a través del método Recuento en placa.
- ❖ Identificar si hay presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en las muestras analizadas.
- ❖ Comparar los resultados obtenidos con los límites especificados por la Norma Regional CAPRE, para Agua potable.



MARCO TEÓRICO

El agua es el componente más importante del planeta. Todos los seres vivos dependen de la existencia del agua. Ésta cubre un porcentaje importante (71%) de la superficie del planeta Tierra. Pero, a pesar de ello, menos del 3% es agua dulce y 66% de este porcentaje resulta de muy difícil acceso. Por lo que únicamente algo menos del 1% del volumen total es de fácil disponibilidad. (Cuno, W Abril 2019)

El agua es una sustancia elemental que permite la vida en nuestro planeta, es un líquido incoloro, inodoro e insípido, que en grandes masas adquiere un color azul. (Raffino, M., Abril 2019)

¿QUÉ ES EL AGUA?

El agua es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es H_2O y se trata de una molécula muy estable.

Es una molécula dipolar, es decir, que el átomo de oxígeno central comparte un par de electrones con cada uno de los dos átomos de hidrógeno, y con un exceso de carga negativa junto al oxígeno, compensada por otra positiva repartida entre los dos átomos de hidrógeno. (Agua.org.mx, Abril 2019)

HISTORIA

Hasta el siglo XVIII, esta sustancia denominada apropiadamente “El solvente universal” se creyó que era un elemento y fue el químico inglés Cavendish quien sintetizó agua a partir de la combustión de aire e hidrógeno. Sin embargo, los resultados de este experimento no fueron interpretados hasta años más tarde, cuando Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto formado por oxígeno y por hidrógeno, siendo su fórmula H_2O . (Barba, L., Mayo 2019)

En Occidente, el libro fundador de la hidrología científica es la obra de Pierre Perrault "De



l'origine des fontaines", publicado en 1674 por Pierre Le Petit, en París. Perrault efectuó un balance hidrológico de una cuenca situada en el curso superior del Sena. En 1687, el británico Edmond Halley estimó la evaporación del Mediterráneo, comparando luego esta evaluación con los aportes de los ríos que allí desembocan. Para conocer la evapotranspiración de los vegetales, el matemático francés De La Hire construyó tres lisímetros en 1688. No obstante, fuera de Europa, 500 años antes de J.C., los chinos conocían el ciclo del agua y Kautilya, ministro de la dinastía india de los Maurya (382-184 antes de J.C.) obligaba a medir la lluvia en un cubo colocado delante de almacenes agrícolas. Para los servicios públicos, el primer sistema de anuncio de crecidas, que utilizaba jinetes que viajaban más rápido que la ola, se remonta al año 1574.

Fueron los chinos quienes implementaron este sistema en el Río Amarillo. No debiendo nada al Occidente, los coreanos hacían mediciones de lluvia seguidas y sistemáticas desde 1441 y continúan haciéndolo hasta nuestros días.

La dificultad mayor para comprender el ciclo del agua era explicar por qué el nivel de los océanos no se elevaba, a pesar del aporte continuo de los ríos. Habría sido necesario estimar la fuerte cantidad de agua oceánica evaporada por la energía solar; pero, esto era imposible ya que las extensiones marinas se suponía que ocupaban sólo una superficie muy reducida en un mundo plano y en forma de disco. Pero este concepto heredado de Tolomeo (90-168 después de J.C.), desapareció poco a poco en el Occidente, sobre todo después de los trabajos de Copérnico (1473-1543) y de Galileo (1564-1642). Otra paradoja difícil de resolver para los antiguos se presentaba en Egipto. La crecida del Nilo tenía lugar en plena estación seca y los ribereños no conocían las fuentes del río, descubiertas recién en el siglo XIX por los europeos. Los antiguos egipcios de castas bajas concebían la subida del mar en el río como en un golfo bretón creyendo que el Nilo sólo era un brazo del Mediterráneo. Sin embargo, los letrados seguían sus crecidas mediante las primeras escalas implantadas en el lecho del río, los famosos nilómetros.

Finalmente, se planteaban aún otros problemas, pues al cesar las lluvias los ríos seguían corriendo. ¿Cómo eran alimentados? Entre otras hipótesis más sólidas, Aristóteles (384-



322 años de J.C.) consideraba de manera fantasiosa que el flujo de los ríos encontraba en parte su fuente en la condensación del vapor de agua subterránea, producida a su vez por el flujo y la desalinización del agua de mar en el suelo. (UNESCO, Mayo 2019)

CICLO DEL AGUA

El volumen total de agua en el mundo permanece constante. Lo que cambia es la calidad y la disponibilidad. El agua está constantemente reciclándose, un sistema conocido como el ciclo del agua o ciclo hidrológico. Los hidrólogos estudian la naturaleza física y química del agua y su movimiento tanto debajo como en la superficie. En términos de volumen total, el 97,5% del agua del mundo es salina con un 99,99% de ella encontrándose en los océanos, el resto forman los lagos salinos. Esto significa que solamente el 2,5% del volumen de agua en el mundo es actualmente agua no salina. Sin embargo, no toda esta agua dulce está disponible para el consumo humano. Alrededor del 75% de esta agua dulce está inmovilizada en los casquetes polares y en los glaciares, además un 24% está localizada en el subsuelo como aguas subterráneas, lo que significa que menos de un 1% del total del agua dulce se encuentra en lagos, ríos y en el suelo. Por lo tanto, solamente se cuenta con el 0,01% del agua del mundo en lagos y ríos, con otro 0,01% presente como humedad en el suelo, pero sin disponibilidad como abastecimiento para los humanos. Así, aunque aparenta haber mucha agua, hay en realidad muy poca que esté disponible para el consumo humano. Dentro del ciclo hidrológico el agua está en constante movimiento, dirigida por la energía solar. El sol provoca la evaporación de los océanos, lo cual forma las nubes y las precipitaciones (agua de lluvia). La evaporación también ocurre en los lagos, ríos y suelo, donde las plantas contribuyen con cantidades significativas de agua por evapotranspiración. Aunque alrededor del 80% de las precipitaciones vuelven a caer en los océanos, el resto cae sobre tierra. Es esta agua la que rellena el suelo y las aguas subterráneas, alimenta las corrientes de los ríos y lagos y provee. (Gray, N Mayo 2019)

AGUA POTABLE

Se conoce como agua potable a toda la que sea apta para el consumo humano, tanto para beber como para preparar alimentos o comidas. Existen valores máximos de pH, minerales, sales y microorganismos que distinguen el agua potable de la no apta para consumo. Esto



significa que el agua potable es poca, en comparación con las grandes masas de agua no potable, como la del mar o de la lluvia.

Por suerte existen iniciativas de potabilización del agua, que combaten el constante flujo de sustancias tóxicas y contaminantes que los seres humanos arrojamamos a las grandes masas de agua, producto de la industria o de la vida urbana. Las plantas de desalinización, ozonización, irradiación y otros mecanismos de potabilización se encargan de ello. (Aurazo Mayo 2019)

Por ello es importante conocer los diferentes indicadores y normas de potabilidad y calidad, con el fin de concienciar a los encargados de la gestión del agua sobre la importancia del control de su calidad para evitar tanto enfermedades como la muerte. (Wikiwater, Junio 2019)

POTABILIDAD

El mayor efecto en la calidad de vida de la población es la dotación de un sistema de abastecimiento de agua potable.

➤ El abastecimiento de agua potable

Algo tan sencillo para nosotros como abrir el grifo y que salga por él agua limpia y apta para el consumo no es tarea sencilla para los 1.400 millones de personas que carecen de agua potable en el mundo, según datos de la ONU. Disponer de agua potable de calidad en cantidad suficiente es una necesidad para nuestro adecuado desarrollo. Pero también lo es un uso solidario y eficiente de este bien escaso.

➤ El largo camino del abastecimiento del agua:

El abastecimiento de agua para su uso doméstico comprende una serie de fases:

1. Captación.
2. Potabilización.
3. Almacenamiento.
4. Distribución y transporte.
5. Vigilancia y control.



6. Usos urbanos.

Captación

Es el origen del abastecimiento. El agua bruta puede provenir de aguas superficiales (ríos, lagos, embalses, canales...) o de aguas subterráneas (pozos, manantiales). Cuanta mayor calidad tenga, menores serán los tratamientos de potabilización a los que habrá que someterla. En ocasiones se construyen depósitos de reserva de agua bruta, que aseguran el suministro durante un cierto tiempo en caso de cortes de la fuente de abastecimiento.

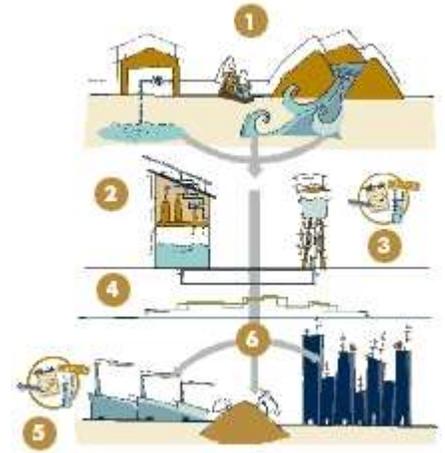


Figura 1: Captación del agua

Potabilización

Se realiza en la planta potabilizadora y es el conjunto de tratamientos que permiten que el agua sea apta para el consumo humano y pueda beberse con garantía de calidad. La desinfección es el tratamiento más importante.

Almacenamiento

El almacenamiento del agua ya tratada debe realizarse en depósitos protegidos, bien conservados y limpios. Con frecuencia se construyen depósitos elevados para asegurar la distribución por gravedad desde el depósito de almacenamiento de agua tratada.

Distribución y transporte

Las redes de abastecimiento y suministro de agua deben tener la menor pérdida posible y circular por el suelo a mayor altura que las redes de aguas residuales, para evitar su contaminación en caso de pérdidas de aguas sucias.



Vigilancia y control

Se realizan análisis químicos y biológicos de diversos parámetros del agua para asegurar su calidad y potabilidad tanto a la salida de la planta como en diversos puntos de la red de abastecimiento.

Usos urbanos

Domésticos, industriales, públicos...

PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

El agua químicamente pura, no existe en la naturaleza, debido a que ella, en su ciclo hidrológico, absorbe, arrastra y disuelve gases, minerales, compuestos vegetales y aún microorganismos, que le comunican características muy particulares. La calidad de las aguas naturales depende, directamente de la mayor o menor concentración y variedad de esas sustancias extrañas presentes en su composición. Cuando el agua se evapora de la superficie de la tierra y de las masas de agua encuentra y absorbe en su ascenso gases presentes en la atmósfera tales como oxígeno, anhídrico carbónico, polvos y otras impurezas del aire. Al retornar a la tierra arrastra en suspensiones o soluciones arcillas, bacterias, sales y otras materias orgánicas y minerales; los productos de la descomposición de materias orgánicas nitrogenadas, sulfurosas y carbohidratos, tales como amoníaco, hidrógeno sulfurado, o dióxido de carbono. La presencia, en mayor o menor proporción, de las sustancias antes mencionadas le comunican propiedades que pueden hacerla desechar como fuente de abastecimiento o por lo menos obligan a aplicarle una serie de procesos correctivos para que cumpla con los requisitos de calidad para el consumo humano o de composición química para otros usos. Estos procesos se clasifican en: pretratamiento, tratamiento y desinfección. (INAA, Junio 2019)

Pretratamiento:

Los pretratamientos más simples que pueden utilizarse son la captación indirecta, ya sea como prefiltro vertical u horizontal, sedimentación laminar, filtración gruesa rápida y



desarenadores. Pueden emplearse independientemente, combinados entre sí o con otros procesos para obtener mejores resultados.

La primera operación de pretratamiento consiste en la eliminación de los sólidos de gran tamaño que pueda contener el agua en punto de captación, por ejemplo, hojas o ramas de árbol, piedras, etc. Para ello, se utilizan rejas y/o tamices que retienen los sólidos. Cuando el contenido en arenas y sólidos similares en suspensión es elevado, se emplean canales desarenadores en los que los sólidos sedimentan por gravedad.

Tratamiento:

A continuación, el agua suele someterse a un proceso de aireación, dejando caer el agua en una cascada, cuyo objetivo es incrementar la proporción de oxígeno disuelto, facilitando la depuración por medio de bacterias aerobias.

En el pre tratamiento es habitual incluir una oxidación primaria, por ejemplo, con dióxido de cloro (ClO_2), cuyo objetivo principal es destruir las sustancias orgánicas precursoras de trihalometanos, actuando también como etapa de pre desinfección.

Esto se realiza con el objetivo de conseguir:

- ❖ Remoción de sabores y olores (algas)
- ❖ Remoción de gases disueltos que perjudican la calidad del agua (gas sulfhídrico y sulfuroso)
- ❖ Elevación de pH del agua por la eliminación de dióxido carbono hasta su punto de equilibrio (bajar la corrosividad)
- ❖ Oxidación de ciertas sustancias existentes en el agua (bicarbonato ferroso y Manganoso)

Posteriormente se procede a una filtración rápida que consta de los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. La filtración rápida es de alta eficiencia remocional es apta para tratar aguas con turbiedades entre 250 y 1500 UTN.



❖ Mezcla rápida (Coagulación) y Mezcla lenta (Floculación):

La adición de sustancias como sulfato de alúmina o polielectrolitos a través de agitaciones mayores a los 500 s⁻¹, con un tiempo definido, permite que partículas con idéntica carga eléctrica, que de manera natural se repelen y no sedimentan, se desestabilicen, coagulen y con agitación lenta formen flóculos capaces de sedimentar.



Antes entrar a la etapa de decantación, se ajusta el pH mediante la adición de ácidos (clorhídrico, sulfúrico) o de álcalis (hidróxido sódico, hidróxido cálcico) y se añaden al agua agentes coagulantes (sales de hierro o aluminio), que dan lugar a cationes multivalentes con cargas positivas que compensan la carga negativa de las partículas coloidales y por lo tanto eliminan las fuerzas de repulsión entre ellas, facilitando su coalescencia para dar lugar a partículas de mayor tamaño. Asimismo, se añaden agentes floculantes (polielectrolitos) con el fin de aglutinar las partículas formadas en la coagulación para dar lugar a la formación de flóculos de mayor tamaño que se separan más fácilmente por decantación en la etapa posterior de decantación, al descender a mayor velocidad.

❖ El sencillo mecanismo de la decantación o sedimentación floculenta:

Separa por gravedad las partículas en suspensión que transporta el agua, consiguiendo un flujo de agua con la menor turbulencia posible, de manera que las partículas más densas decantan y sedimentan en el fondo. Las menos densas flotan y van a parar a la superficie, de donde se eliminan.



En esta etapa los flóculos formados por la acción de los agentes coagulantes y floculantes sedimentan en tanques de forma circular o rectangular, obteniéndose por la parte superior el agua clarificada y extrayéndose por el fondo una corriente de lodos que contienen los flóculos sólidos.



Una variante es la denominada decantación lastrada, en la que se utilizan partículas de arena para incrementar el peso y tamaño de los flóculos, aumentando la velocidad a la que decantan en el seno del agua y reduciendo sensiblemente el tiempo necesario para la decantación. (Rem Tavares junio 2019)

❖ La filtración: quedar atrapados.

Las aguas previamente decantadas se hacen pasar por un medio poroso, quedando retenidas partículas sólidas en suspensión de diferentes tamaños en función de las características del filtro. En general no consiguen eliminar elementos disueltos como los contaminantes químicos, pero sí muchas sustancias que le dan turbidez al agua, incluso huevos de parásitos.

Los filtros más utilizados en potabilización son los de arena y los de carbón activado (estos últimos además pueden eliminar diversos contaminantes por un proceso químico llamado adsorción). Pueden ser filtros abiertos, que filtran por gravedad, o filtros cerrados, a presión.

1. La desinfección: acabar con los organismos patógenos

Es la fase más importante, ya que garantiza la eliminación de los microorganismos presentes en el agua que pueden causar gran número de enfermedades. Existen diversos métodos físicos (calor) y químicos (cloro, ozono, sales metálicas) para desinfectar el agua, pero el más utilizado en abastecimiento es la cloración, ya que es barato, sencillo, eficaz, tiene acción residual y fácil determinación.



La desinfección puede conseguirse mediante tratamiento con productos químicos o mediante aplicación de radiación, como lo son: Dióxido de Cloro (ClO_2), Ozono (O_3), radiación ultravioleta (UV) y la cloración que es la que se utiliza en nuestro estudio.

La cloración es el procedimiento químico más utilizado para desinfectar el agua,



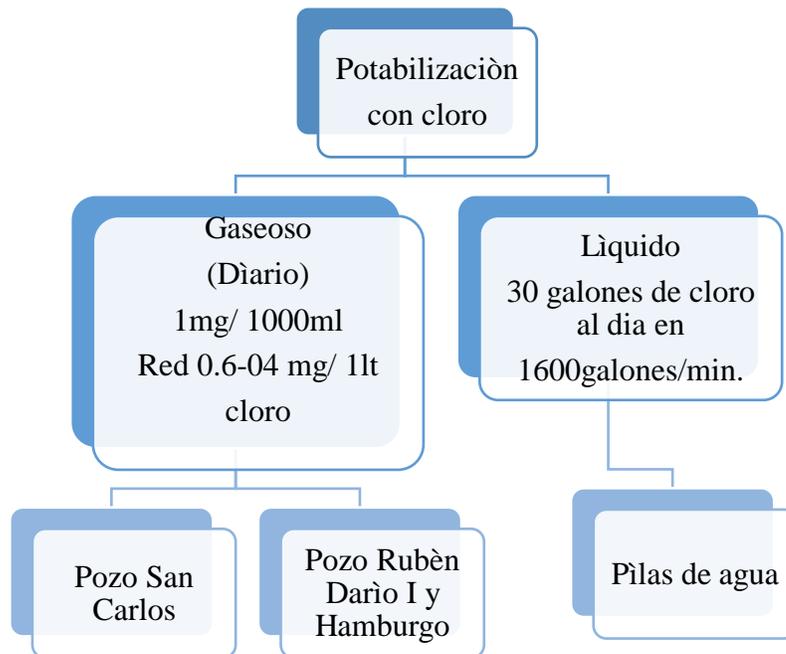
consistente en utilizar cloro o alguno de sus derivados, como los hipocloritos de sodio (liquido), cloro gas o de calcio. La utilización de cloro presenta la gran ventaja de su bajo



coste, pero puede dar lugar a la formación de subproductos de carácter peligroso, como los halometanos. (Aragón, Junio 2019)

MÉTODO DE POTABILIZACIÓN EN LEÓN

A nivel nacional se utiliza dos métodos:

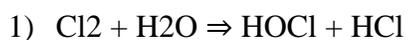




En esta área del país solo se utiliza la cloración, por el tipo de fuente que genera agua.

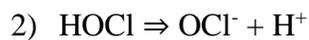
❖ CLORO GASEOSO Cl_2 :

El cloro gas cuando entra en contacto con el agua se disocia y produce ácido hipocloroso y posteriormente ión hipoclorito tal y como se tiene en las reacciones:

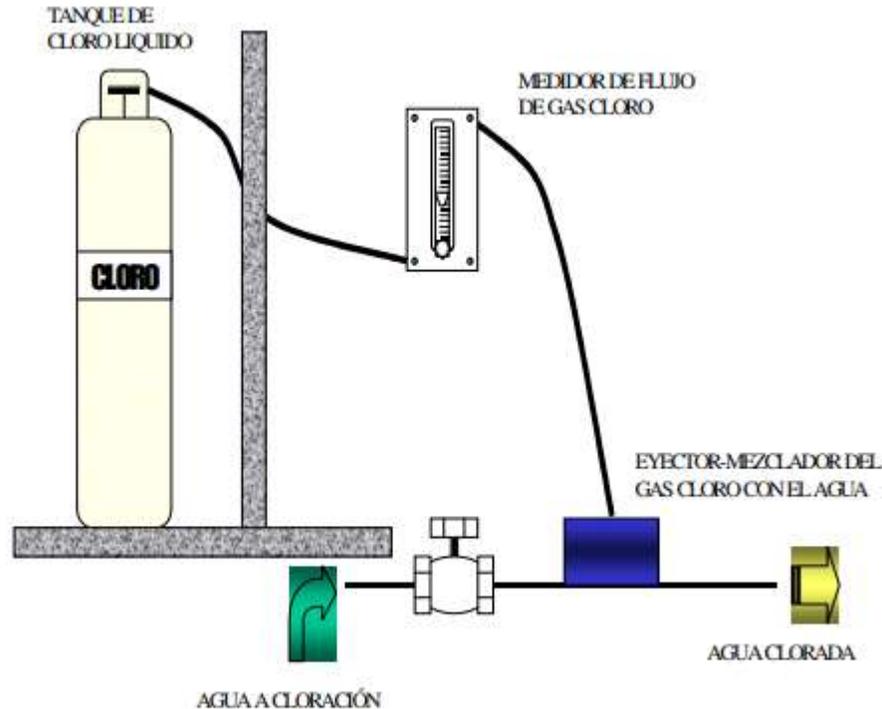


Cloro ácido

Hipocloroso



Ión Hipoclorito



La forma de dosificar el cloro gaseoso es por medio de un diafragma de control que inyecta en forma regulada el gas que se evapora del tanque. Una bomba de alta presión bombea agua por una tubería que tiene un Venturi y se crea un vacío que succiona el gas cloro que se evapora del tanque, mezclándolo con el agua que se va a desinfectar.

De todos los derivados del cloro, el cloro gas es el método de desinfección más empleado por su bajo costo y su alta eficiencia, lo cual lo hace la mejor opción.

Desinfección por adición de cloro en forma de gas. El tanque de cloro está físicamente separado por el peligro en el manejo de este gas. (Oocities, Junio 2019)

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA:

Características Físicas:

Son las propiedades que se pueden ver, sentir u oler. Por ejemplo: la turbiedad, el color y el sabor. El agua para consumo humano debe ser transparente, incolora y sin sedimentos. Tampoco debe tener ni olor y debe ser fresca al paladar.



Características Químicas:

Estas características se deben a las diversas sustancias químicas disueltas en el agua. La alcalinidad, la dureza y el pH son propiedades químicas del agua muy importantes para decidir el tratamiento más adecuado, las sustancias requeridas para tratarlas y hacerla apta para el consumo humano. También deben controlarse para evitar corrosión e incrustaciones en las redes y accesorios.

Algunas sustancias químicas se presentan en el agua en forma natural como arsénico, el flúor y el manganeso, o agregadas por actividades del hombre, como los nitratos, los metales pesados y los pesticidas, pueden ser nocivas para la salud humana y deben ser removidas antes de utilizar el agua para consumo humano.

Características Bacteriológicas:

Estas características están dadas por los microorganismos presentes en el agua. El agua para consumo humano debe estar libre de los microorganismos y parásitos que pueden causar enfermedades como diarrea, cólera, gastroenteritis, amebiasis, entre otras. (Reyes, E., Julio 2019)

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha convertido en un bien muy preciado, debido a la escasez, es un sustento de la vida y además el desarrollo económico está supeditado a la disponibilidad de agua.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. La degradación de las aguas viene de antiguo, pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo. (M, V, S., Julio 2019)



FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Otros contaminantes pueden ser:

- Contaminación Química: Productos como metales, disolventes, pesticidas, herbicidas, productos industriales y combustibles que pueden ser acumulables en el agua.
- Contaminación Microbiológica: Diversos microorganismos patógenos (bacterias, virus y protozoos).
- Contaminantes que consumen oxígeno: Exceso de materiales biodegradables.

De acuerdo con su origen, la contaminación puede ser:

- Contaminación puntual: Aquella que procede de cualquier punto de descarga simple e identificable, como la chimenea de una fábrica, una mina o una tubería que descarga un efluente a un río.



- Contaminación lineal: La que se produce a lo largo de una línea. Por ejemplo, la contaminación acústica y química asociada al tráfico de una autopista.

Contaminación difusa: Contaminación sin un punto de origen determinado; se produce cuando el contaminante llega al ambiente de forma distribuida. Los contaminantes son arrastrados de la tierra por el agua de lluvia al circular por terrenos agrícolas, zonas industriales, urbanizaciones, presas, canales, escombreras de minas, etc. (Calvo, Flores, Julio 2019)



CALIDAD DEL AGUA.

Son diversas características que presenta el agua, de tal manera, que reúna todos los criterios de aceptabilidad para diversos usos como: domésticos, de riego y de la industria. (Crana, Julio 2019)

La calidad del agua es un estado de esta, caracterizado por su composición fisicoquímica y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

1. Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
2. Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

Hasta hace unas decenas de años la calidad de un agua destinada a un abastecimiento se centraba principalmente en que el agua estuviera exenta de sabores, olores, no fuera muy dura y no contuviera bacterias patógenas, confiándose en gran medida en que el poder auto depurador de los embalses o ríos, y la protección de las zonas de captación eran suficientes para lograr una aceptable calidad que se completaría con un tratamiento simple de decantación, filtración y desinfección, así como hacer determinadas comprobaciones generalmente bacteriológicas del agua en la red, ausencias de sabores y olores y presencia de ligeras concentraciones del desinfectante empleado.

Hoy día y más aún de cara al futuro, y como consecuencia de la polución creciente y los mayores avances de la técnica y la ciencia hay que considerar además otros caracteres que inciden de forma perjudicial en la salud del consumidor (pesticidas, detergentes, subproductos de la desinfección y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, así como protozoos, virus, bacterias, etc.). (Chang, Gómez, J., Agosto 2019)

IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA:

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo per cápita, contaminación de las fuentes de agua en



general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas. Aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de esta va disminuyendo.

Rápidamente disminuye la calidad del agua, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera el estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal.

El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública (Ver Tabla Anexa 1). Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales. Lo anterior tiene una estrecha relación con la escorrentía superficial, una forma de contaminación difusa o no localizada. La contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las fuentes de aguas superficiales, especialmente por Coliformes fecales de origen humano y animal (Ver Tabla Anexa 2). En este sentido, un suministro seguro de agua para uso potable en cantidad, calidad y continuidad contribuye a la reducción de la probabilidad de enfermedades transmitidas por contaminación fecal. (Agua potable, Agosto 2019)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Las normas CAPRE contienen los valores para los parámetros fisicoquímicos y biológicos, en sus aspectos estéticos, organolépticos y su significado para la salud.

Esta norma establece tres etapas de Control de Calidad del agua:

- La primera corresponde al Programa de Análisis Básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los parámetros en esta



etapa de control son: *Coliformes totales* o *Coliformes fecales*, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentración de iones hidrógeno (pH), conductividad y cloro residual.

- La segunda corresponde al Programa de Análisis Normal y comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliado con: aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, nitritos, amonio, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrogeno y zinc.
- La tercera corresponde al Programa de Análisis Avanzado del agua potable. Corresponde a la ejecución de los parámetros de la segunda etapa, ampliado con: sodios totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas (plaguicidas) de significado para la salud

PARÁMETROS SEGÚN LA NORMA CAPRE

Bacteriológicos (a)

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de Bebida	<i>Coliformes fecal</i>	Neg	Neg	----- -
B. Agua que entra al sistema de distribución	<i>Coliformes fecal</i>	Neg	Neg	-----
	<i>Coliformes Total</i>	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliformes fecal	Neg	≤4	En muestras puntuales no debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (c)
	Coliformes Total	Neg	Neg	-



- (a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples, o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *E. Coli*, definida en el artículo 4. La bacteria *Coliforme Total* no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de los acueductos sin tratamiento.
- (b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de *Coliformes totales*. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de *Coliforme fecal*. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifica las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.
- (c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras, al año, el porcentaje de negatividad debe ser $\geq 90\%$.

Parámetros organolépticos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

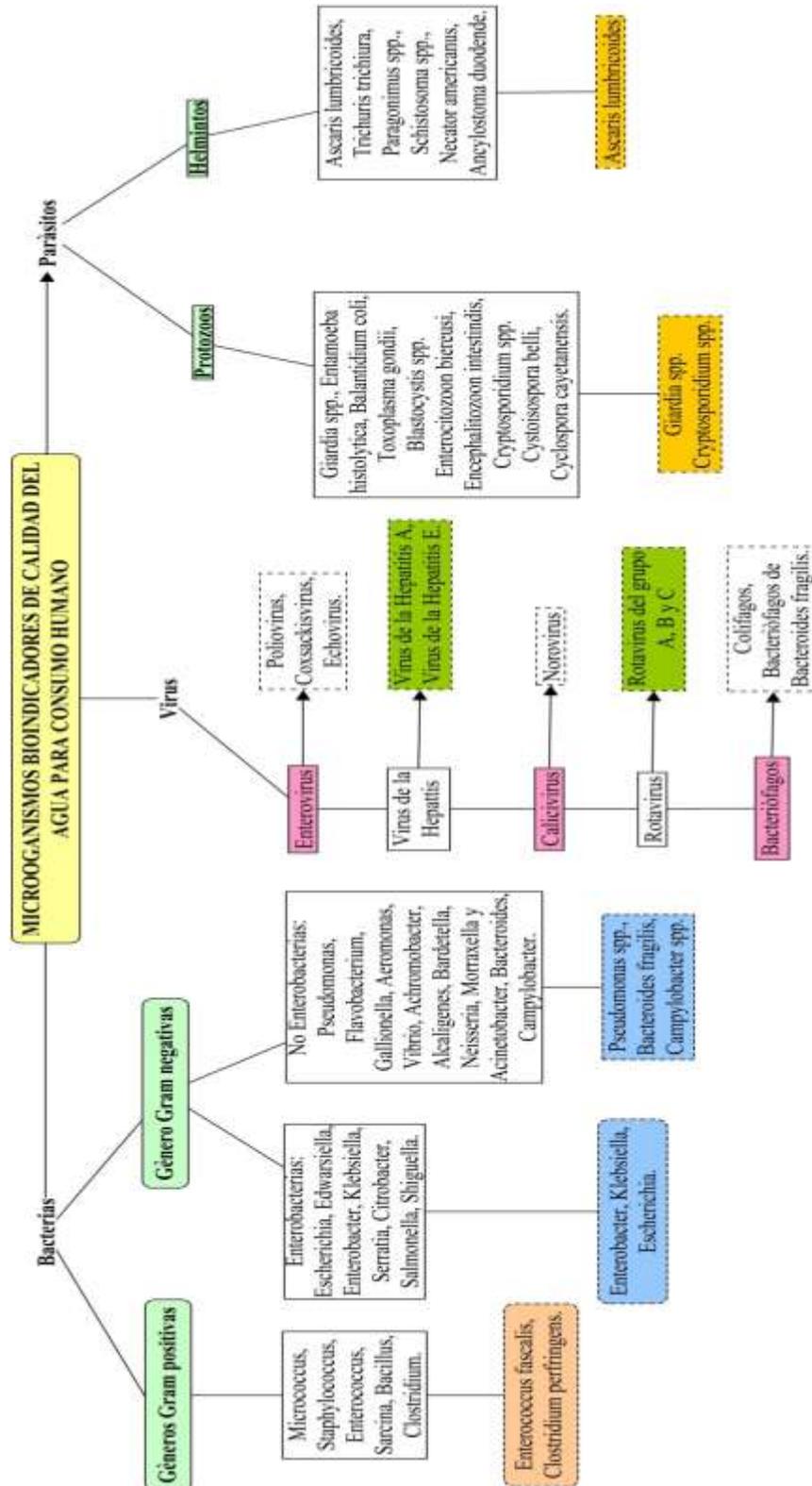


Parámetros Físico – Químicos			
Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	-----
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	-----
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µS/cm	400	-----
Dureza	mg/L CaCO ₃	400	-----
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	-----
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos	mg/L		1000
Totales			
Zinc	mg/L		3.0

- (a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.
- (b) Cloro residual libre
- (c) 5 mg/l en base a evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud. Por otro lado, cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor. (CAPRE, Agosto 2019)



PRINCIPALES MICROORGANISMOS BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.





COLIFORMES:

Generalidades

Las bacterias *Coliformes* son bacilos cortos, grandes negativos que fermentan la lactosa y forman ácido y gas. Son anaerobios facultativos se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37°C en un lapso de 24-48 horas y poder producir ácido y gas, crecen en grandes cantidades en medios corrientes como caldo y agar. (ICA, Agosto 2019)

Características

Agrupar a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas:

- A. Ser aerobios o anaerobios facultativos.
- B. Ser bacilos Gram negativos.
- C. Ser oxidasa negativa.
- D. No ser esporógenas.
- E. Fermentar la lactosa a 35°C en 48 horas, produciendo ácido láctico y gas.

Hábitat del grupo *Coliformes*

Son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprófitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen intestinal.

Se distinguen por lo tanto los *Coliformes totales* que comprende la totalidad del grupo y los *Coliformes fecales*, aquellos de origen intestinal.

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con cierta certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

El grupo de microorganismos es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los *Coliformes*:



- A. Son contaminantes comunes del tracto intestinal tanto de los hombres como de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos.
- B. Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera que los patógenos en la manera de desinfección.
- C. Son ampliamente distribuidos en la naturaleza, especialmente en el suelo, semillas y vegetales. (Bell, Chris y Kyriakides, Alec 1998)

COLIFORMES TOTALES:

Los microorganismos que conforman el grupo de los *Coliformes totales*; *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citobacter*, viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales; los *Coliformes fecales* (*Escherichia*) son de origen intestinal. Todos pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulantes, fermentadores de lactosa con producción de gas; constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales, las bacterias del tracto intestinal no suelen sobrevivir en el medio acuático, están sometidas a un estrés fisiológico y pierden gradualmente la capacidad de producir colonias en medio diferenciales y selectivos. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. La presencia de *Coliformes* en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua.

Los miembros del género *E. coli* son pobladores casi universales del tracto intestinal del hombre y animales hemeotermos, aunque no son de modo alguno los organismos dominantes de estos hábitats. *Escherichia* puede tener una función nutritiva en el tracto intestinal al sintetizar vitamina particularmente la vitamina K. (Brock, T., Septiembre 2019)

El grupo *Coliforme* de bacterias incluye a la *Escherichia coli*, al igual que otras numerosas bacterias originadas en las descargas fecales o provenientes de otras muchas fuentes no fecales, se ha estimado que el número de bacterias *Coliformes* en las



descargas fecales llegan hasta 200×10^9 organismos diarios por persona. (McJunkin, F., Septiembre 2019)

Durante más de 70 años, se han empleado el grupo *Coliformes* para evaluar la calidad del agua, ya que constituyen indicadores valiosos simplemente porque están presentes en gran número en las descargas fecales y su población está relacionada al grado de la contaminación ocasionada por estas descargas. La presencia de este grupo no indica necesariamente que existen patógenos de algún tipo en el agua. Los resultados de la prueba deben interpretarse como una medida de la posibilidad de que existan patógenos en el agua en ese momento o quizás en algún momento posterior.

El grupo *Coliforme total* es considerado como el indicador más confiable para evaluar si un tratamiento de agua es adecuado, prefiriéndosele para esta aplicación antes que, al grupo *Coliforme fecal*, pero no se le atribuye deficiencia a este grupo como indicador, sino al valor observado del grupo *Coliforme* general para evaluar el resultado de los sistemas de tratamiento.

Características

- A. Poseen una capacidad de fermentar la lactosa a 35-37°C en 24-48 horas y producir ácido y gas.
- B. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG, que sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo. La reacción se detecta por medio de la técnica de sustrato definido.
- C. Las técnicas de análisis que se pueden aplicar y las más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana.

Los *Coliformes totales* se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la circulación en el sistema de distribución. (Aurazo de Zumaeta, Septiembre 2019)



COLIFORMES FECALES:

Son bacterias *Coliformes*, aerobias o facultativas anaerobias, Gram negativas, no formadoras de esporas, forma bacilar y crece con lactosa y la fermentan a $44.5^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ con la producción de ácido y gas en 48 horas de incubación. Se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a *Coliformes fecales* y *totales*.

Los miembros de este grupo se comportan como *E. coli* en relación con las reacciones bioquímicas y la morfología de las colonias. Se diferencian de otros grupos de microorganismos por la facultad que tienen de crecer en medios que contienen sales biliares que actúan como agentes selectivos sólo frente a microorganismos no entéricos. Los *Coliformes* comprenden al menos tres géneros: *E. coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*. Como los *Coliformes* son habitantes comunes del tracto intestinal, su presencia en el agua puede indicar una contaminación fecal. Por ello, a los Coliformes se les considera microorganismos “indicadores”. (Jawetz, Ernest, Melnick, Joseph, Adelberg, Edward 2010)

Hay tres niveles (fases) para el análisis de *Coliformes* en el agua:

Prueba Presuntiva:

Esta prueba estima el recuento presuntivo de *Coliformes* porque se enumeran también las colonias que son similares a las de *Coliformes* (por ejemplo, las que producen ácido o gas de la lactosa). Si un recuento presuntivo de *Coliformes* es bajo, el analista puede considerar que el producto es captable en relación con esta prueba y puede decidir no realizar análisis adicionales. En caso de elevados recuentos presuntivos de *Coliformes*, el analista puede guiarse por los resultados y optar para el segundo nivel analítico (es decir, el de confirmación).

Prueba Confirmativa:

Esta prueba se realiza para confirmar el recuento obtenido en el test presuntivo. La confirmación se realiza cuando se someten a los *Coliformes* presuntivos a otras pruebas y los resultados son positivos. Por ejemplo, si la prueba presuntiva se basó en la



detección del gas producido por las bacterias fermentadoras de lactosa, la prueba confirmatoria puede implicar la detección de la formación de ácido en condiciones más selectivas. La confirmación del recuento de *Coliformes* en agua puede llegar hasta el tercer nivel (es decir, una prueba concluyente).

Prueba concluyente:

Cuando se llega a esta fase, es necesario analizar al menos el 10 % de los tubos que se confirmaron como positivos. La prueba concluyente se hace con diferentes intenciones. Puede estar destinada a comprobar si los *Coliformes* encontrados son, o no, de origen fecal o para comprobar que *E. coli* está representado entre los microorganismos del recuento confirmado de *Coliformes*. (Yousef, A. E., Carlstrom, C. 2006)

Importancia de los *Coliformes*

Nos indica una falla en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procedimientos dentro de la planta de tratamiento de agua e intensifica la vigilancia en la red de distribución. (ICMSF, 2000)

ESCHERICHIA COLI

Generalidades

Es un bacilo que reacciona negativamente a la tinción de Gram negativo, es anaeróbico facultativo, móvil por flagelos peritricos (que rodean su cuerpo), no forma esporas, es capaz de fermentar la glucosa y la lactosa, catalasa positiva y oxidasa negativa, produce de manera típica pruebas positivas la Indol, produce hemólisis en agar sangre. El agar EMB se utiliza para el aislamiento de enterobacterias Gram negativas. La presencia del azul de metileno inhibe a las bacterias Gram positivas. Reducen los nitratos a nitritos. El crecimiento a partir de pequeños inóculos (100 células por mililitro) se inicia a un intervalo de pH entre 4.4 y 8.8 a un rango biocinético de 9- 44°C y en gradientes salinos de 0-6.5% fermenta gran variedad de azúcares, tales como la arabinosa, el manitol, la glucosa y la xilosa, produciendo una mezcla de ácidos, etanol, CO₂ e hidrógeno. No



produce acetiltilcarbinol diacetilo. A pesar de que la betagalactosidasa se encuentra habitualmente presente, la lactosa solamente puede ser fermentada después de mucho tiempo. La descarboxilación y desaminación de aminoácidos se realiza de formas muy variables dependiendo de las cepas. Debido al escaso número de reacciones positivas características, la diferenciación entre cepas recientemente aisladas de *E. coli* y cepas de los géneros *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Yersinia* y *Shigella*, puede precisar de otras reacciones, además de la fermentación de la lactosa, las pruebas IMViC y la tinción de Gram. (R, M and G, M, Septiembre 2019)

Característica

- A. Bacilos Gram negativo.
- B. No forma esporas.
- C. Móviles (flagelos periticos).
- D. Miden 0.5μ de ancho por 3μ de largo.
- E. Catalasa positivos.
- F. Oxidasa negativa.
- G. Reducen nitratos a nitritos.
- H. Producen vitamina B y K. (Brunel, J., Septiembre 2019)

Hábitat

Es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. (Who, Septiembre 2019)

Identificación

Las colonias de *Escherichia coli* pueden exhibir un brillo verde metálico característico debido a la rápida fermentación de la lactosa. (ICMSF, 2000)

Importancia

Nos indica una fuerte contaminación de una reciente contaminación de aguas residuales contaminación de residuos de animales, como a su vez la identificación de contaminación con otras bacterias, virus o protozoos que pueden causar enfermedades.



BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS

Generalidades

Son todas las bacterias, mohos y levaduras que descomponen la materia orgánica a temperaturas que oscilan entre los 30 y 40°C. El agua es utilizada como medio de eliminación de excretas y otros desechos; puede también contener microorganismos patógenos de asiento no intestinales (por ejemplo, la flora de la piel); estos son las llamadas bacterias mesofílicas.

Características

- A. Se multiplican en aerobiosis.
- B. Temperatura de incubación entre los 20 y los 37 °C.
- C. Pueden ser patógenas o saprofitas.

Hábitat

Con la condición de que las temperaturas sean adecuadas, pueden encontrarse en cualquier hábitat, ya sea aguas marinas, de ríos, en suelos, sobre otros organismos o en el interior de estos. (Lira, C., Octubre 2019)

Importancia

Proporcionan información acerca del número de bacterias viables, por lo que representan un recurso valioso adicional para determinar el grado de exposición de los alimentos a la contaminación de microorganismos. El recuento de estos organismos representa un respaldo al significado atribuido a los resultados de los análisis de los *Coliformes*. (R, M and G, M., Septiembre 2019)

Identificación

Se investigan por el método de recuento en placa con siembra en profundidad, que se basa en contar el número de colonias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido (Agar para recuento en placa o PCA), donde se ha sembrado un volumen



conocido de la solución madre o sus diluciones (1 mL), incubadas a 37°C durante 24 horas.

La palabra Mesófilos significa que son afines a temperatura media (30-37°C) y la palabra aerobios que son dependientes de oxígeno.

Los resultados de los análisis nos permitirán:

1. Verificar la efectividad de los procesos de limpieza y desinfección.
2. Determinar si las temperaturas aplicadas en los procesos fueron las adecuadas.
3. Determinar el origen de la contaminación durante el proceso de desinfección.

(Brunel, J., Septiembre 2019)

MÉTODO DE RECUESTO

La cuantificación de microorganismos por conteo de colonias ha sido ampliamente utilizada para determinar poblaciones microbianas viables en el agua, este procedimiento está basado en la presunción de que cada célula microbiana en una muestra se formará a simple vista, con colonias separadas cuando son mezcladas con agar u otro medio sólido que permita su crecimiento.

Fundamento del método

El método de conteo de colonias provee una estimación del número de microorganismos viables en una muestra de acuerdo con el medio empleado y el tiempo y la temperatura de incubación.

Las células microbianas a menudo se encuentran como conjuntos o grupos de células, por tanto, la muestra y las diluciones homogenizadas pueden uniformemente distribuir los conjuntos de bacterias, ya que estos grupos no pueden ser disgregados completamente por ellos mismos.

Consecuentemente, cada colonia aparece en el Agar puede aparecer como grupo de células libres y deben ser referidas como Unidades Formadoras de Colonia (UFC).



PSEUDOMONAS AERUGINOSA

Generalidades

Pertenece a la familia *Pseudomonadaceae* y es una especie de bacilo recto o ligeramente curvado, que miden de 0,5 a 0,8 μm \times 1,5 a 3 μm , gramnegativos pertenecientes a la rama γ de las proteobacterias, misma a la que pertenecen las enterobacterias.

Los miembros de este género generalmente son móviles por flagelo polar, catalasa positiva y no forma esporas. Algunas especies sintetizan una cápsula de exopolisacárido que facilita la adhesión celular, la formación de biofilms o biopelículas que los protege de la fagocitosis de los anticuerpos o del complemento, propiedad que confiere un aumento en su patogenicidad. (Woese, 1987)

Hábitat

Ampliamente distribuido en la naturaleza (suelo, agua, planta y los animales). Se encuentran también en soluciones para lentes de contacto. Se puede desarrollar en equipos médicos (catéter), infecciones intrahospitalarias. (Tango, D., Octubre 2019)

Característica

La *Pseudomona aeruginosa* crece bien a una temperatura que oscila entre 37 a 42°C y su crecimiento a 42°C ayuda a distinguirla de otra especie de *Pseudomonas*. (Jawetz, Ernest, Melnick, Joseph, Adelberg, Edward 2010)

Importancia

Aunque la presencia de *P. aeruginosa* puede ser significativa en algunos entornos como en centros sanitarios, no hay evidencia de que los usos normales del agua de consumo sean una fuente de infección para la población en general. No obstante, puede asociarse la presencia de alta concentración en el agua potable. *Pseudomona aeruginosa* es sensible a la desinfección, por lo que una desinfección adecuada puede minimizar su entrada en los sistemas de distribución. Las medidas de control diseñadas para limitar la



formación de biopelículas, como el tratamiento para optimizar la eliminación del carbono orgánico, la restricción del tiempo de resistencia del agua en los sistemas de distribución y el mantenimiento de concentración residuales de desinfectantes, deberían reducir la proliferación de estos microorganismos.

Identificación

La *Pseudomona aeruginosa* es un aerobio obligado que crece con facilidad en muchos tipos de medios de cultivo, y produce en ocasiones un olor dulzón o de uvas. Algunas cepas hemolizan la sangre.

La *Pseudomona aeruginosa* forma colonias redondas lisas con color verdoso fluorescente. Con frecuencia produce el pigmento azulado no fluorescente piocianina, que se difunde en agar. Otras especies de *Pseudomonas* no producen piocianina. Muchas cepas de *Pseudomonas Aeruginosa* elaboran también el pigmento fluorescente pioverdina.

MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA LAS TRES FASES EN COLIFORMES TOTALES Y FECALES

Prueba presuntiva:

Para la determinación de *Coliformes* se utilizará el método de cultivo BGBB (dispuesto en tubo), que es un medio selectivo y de enriquecimiento ya que inhibe el crecimiento de microorganismos distintos de los del grupo de *Coliformes* a la vez que permite que éstos crezcan sin restricción.

Se debería de aplicar una solución de hipoclorito de sodio al 1% en la mesa de trabajo, para reducir la carga microbiana, trabajar en una campana de flujo laminar o en un cuarto de siembra bacteriológico con un mechero bunsen.

Antes del inicio del análisis se deberá mezclar perfectamente la muestra de agua, agitándola de manera vigorosa para lograr una distribución uniforme de los microorganismos y posteriormente se da inicio al análisis de la siguiente manera:



1. Se utilizarán 9 tubos (tres series de tres tubos) se etiquetarán perfectamente cada uno de ellos de manera que no haya posibilidad de confusiones.
2. En los primeros 3 tubos se inocula con caldo lactosado doble concentración con 10 mL de agua a cada uno.
3. Se inocula la otra serie de 3 tubos concentración sencilla con 1 mL de agua a cada uno.
4. Inocular la última serie de 3 tubos concentración sencilla con 0.1 mL de agua a cada uno.
5. Colocaremos en cada tubo una campana Durham para recoger el gas producido y el medio de cultivo se le habrá añadido un indicador ácido-base.
6. Incubar los tubos a 37 °C durante 48 horas para *Coliformes totales* y a 44°C para *Coliformes Fecales* durante 24 horas.
7. Transcurrido el tiempo de incubación observar si hubo producción de gas, se detecta por el desplazamiento del medio de cultivo en la campana de Durham. La ausencia de gas en los tubos hace negativa la prueba.

Los *Coliformes* son lactosa positiva, es decir, son capaces de fermentar la producción de ácido y gas, estos signos serán los que buscaremos. La reacción será positiva cuando se produce desprendimiento de gas en la campana de Durham por lo menos en un 10% de su capacidad, y el medio vira de color amarillo debido a la formación de ácido.

Una reacción positiva por débil que sea indicará la presencia de *Coliformes* y habrá que hacer las pruebas confirmativas de IMViC. Se aplicará la técnica del número más probable (NMP).

Prueba confirmativa:

En caso de darse positivo la primera prueba, se toman los tubos positivos.

1. Inocular con dos series de tubos con caldo bilis lactosa verde brillante (BLVB).
2. Para determinar *Coliformes totales* incubar una serie de tubos a 37°C y examinarlos a las 48 horas para ver si los hubo producción de gas.



3. Para confirmar la presencia de organismos *Coliformes* termotolerantes, incubar otra serie de tubos a 44°C durante 48 horas para ver si hubo producción de gas.
4. Para confirmar la presencia de *Escherichia coli* presuntiva, a partir de caldo lactosado bilis verde brillante, inocular los tubos de agua de triptona que sean necesarios. Incubar a 44°C durante 24 horas. Después añadir de 0.2 a 0.3 mL de reactivo de Kovacs. El desarrollo de un anillo de color rojo después de agitar suavemente denota la presencia de Indol.

La detección de *E. coli* presuntiva se considera una evidencia satisfactoria de contaminación fecal.

MÉTODO DE NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) PARA LA DETERMINACIÓN DE *E. coli*.

Es un método que nos permite estimar la densidad de los microorganismos viables presentes en la muestra a ser analizada.

La evaluación estimativa del número de células viables presentes es obtenida a través de 3 diluciones decimales sucesivas y transferida en alícuotas determinadas como 10 mL, 1 mL y 0.1 mL de cada dilución en serie de tubos con un medio que contiene lactosa (caldo lactosado o caldo lauril triptosa).

Los números de tubos por serie pueden variar de 2 a 10. Los más utilizados son series de 3-5-10 tubos por dilución.

El resultado de tubos positivos de 3 diluciones es trasladado a las tablas estadísticas que incluyen los límites de confianza de los NMP de los microorganismos investigados en función de la tabla. (ver Tabla Anexa 3).

Mientras que la expresión de NMP es hecha solamente a través del NMP que corresponde a los tubos positivos por serie, la expresión de NMP por gr o mL del producto bajo análisis es hecho considerando el factor de dilución utilizado.



En general las tablas ya están corregidas, considerando gr o mL. Consecuentemente para la obtención de NMP, pueden ser inoculados más de 3 diluciones seriadas, entre tanto para la lectura final del NMP deben considerarse las 3 diluciones más significativas.

Los ejemplos para seguir permiten una selección de las diluciones significativas dentro de las posibilidades descritas.

Interpretación

Cuando se inoculan más de 3 diluciones seriadas, seleccionar una dilución mayor en la cual todos los tubos inoculados son positivos y considerar las 2 diluciones siguientes mayores que la seleccionada.

En los casos en que más de 2 diluciones siguientes a la escogida mostrasen tubos positivos, separar en tubo positivo de mayor dilución positivo, para una inmediatamente anterior, hasta tener resultados que se encuadren a la situación anterior.

En los casos que solamente se inoculan 3 diluciones seriadas proceder a leer directamente en la tabla. La técnica NMP no permite el conteo fijo de células viables o de UFC, como ocurre en la técnica de conteo en placa.

El uso de esta técnica se justifica cuando es necesario estimar el número de células viables no visualizadas en el conteo en placa. Cuando mayor es el número esperado de microorganismos investigado, mayor será la dilución usada.

La técnica de NMP debe ser realizada por las siguientes etapas analíticas: prueba presuntiva (lectura de la serie de tubos positivos); prueba confirmativa (subcultivo de tubos presuntivos en medio selectivo para el microorganismo investigado) y la prueba completa (identificación de la especie microbiana presente). (IICA, Agosto 2019)



Esto es así porque una positividad en un tubo de la prueba presuntiva no indica necesariamente la presencia del grupo bacteriano a determinar (*Coliformes totales*, *Coliformes fecales* o *Streptococos Fecales*), sino tan solo es una presunción, que habrá de confirmarse posteriormente.

Sin embargo, una negatividad en la prueba presuntiva permite dictaminar la ausencia de dicho grupo bacteriano en el agua examinada. La denominada prueba presuntiva consiste en una metodología de tipo general para cualquier grupo de bacterias, mientras que la prueba confirmativa es específica. (Moncada J, M. A. Campos A, V. 2009)

IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS.

1. Tomamos 1 ml de la muestra y lo llevamos a un tubo de ensayo que contiene 9 ml de solución de fosfato monobásico de potasio; solución (10^{-1}).
2. Luego tomamos 1 ml de la solución de concentración 10^{-1} y lo llevamos a otro tubo de ensayo conteniendo 9 ml de fosfato monobásico de potasio para obtener una solución de concentración 10^{-2} .
3. De la solución de concentración 10^{-2} tomamos 1 ml y lo llevamos a otro tubo de ensayo conteniendo 9 ml de fosfato monobásico de potasio para obtener una solución de concentración 10^{-3} .
4. Tomamos 1 mL de cada una de las diluciones y la colocamos en 2 placas Petri vacías y estéril por duplicado, se agrega de 15 a 18 mL de Agar Caseína Soja, homogenizar y dejar solidificar.
5. Incubamos las placas de forma invertida a $37^{\circ}\text{C} \pm 1$ por 24hrs.
6. Cuantificar.

Contaje de Colonias

1. Se deben seleccionar aquellas placas que tengan entre 25 y 250 colonias.
2. Si el contaje no fuese posible, las placas pueden ser guardadas después de la incubación requerida, aproximadamente $0.4- 4^{\circ}\text{C}$ por más de 24 horas. (IICA, Agosto 2019)



IDENTIFICACIÓN DE *PSEUDOMONA AERUGINOSA*

1. Tomar 1 asada de la muestra y cultivamos en Agar Cetrimide medio selectivo para *Pseudomonas Aeruginosa*.
2. Incubamos a $37^{\circ}\text{C} \pm 1$ por 24hrs.



MATERIAL Y MÉTODO.

Tipo de Estudio: Es un estudio experimental, de corte transversal.

Área de estudio: Edificio de la Facultad de Ciencias Químicas, UNAN-León (Agua de Grifo del laboratorio de Control de calidad, grifo situado en el área de decanatura, grifo situada frente a la bodega de Odontología, grifo situado en el departamento de Farmacia industrial, grifo situado en el tercer piso del departamento de Servicios farmacéutico y grifo situado en el área de Ingeniería en Alimentos).

Universo de Estudio: Agua de los diferentes grifos ubicados en la Facultad de Ciencias Químicas.

Tamaño de Muestra: 100 mL de agua potable proveniente de cada una de las 6 áreas de la facultad de Ciencias Químicas.

Tipo de muestreo: No Probabilístico por conveniencia

Criterios de Inclusión:

- Los puntos de toma de la muestra para el estudio tienen que ser del área de la Facultad de Ciencias Químicas.
- Las muestras tienen que ser tomadas de grifos para consumo humano.

Criterios de Exclusión:

- Los puntos de toma de muestra para el estudio, que no estén en el área de estudio (Facultad de Ciencias Químicas).
- Las muestras no tienen que ser de grifos o llaves que no sean de consumo humano.



Fuente de información:

Se utilizarán dos tipos de fuentes: primaria y secundaria dado que al ser experimental se obtendrá información directa de los resultados y secundaria porque se requirió de información bibliográfica para fundamentar los datos.

Procesamiento y Análisis de la información.

La información que se obtuvo se procesará a través de los programas como: Paquete de Microsoft office 365.

Variables:

- ✓ Existencia de *Coliformes Totales y Fecales* (NMP).
- ✓ Presencia de Bacterias Aerobias Mesófilas (Recuento en placa).
- ✓ Presencia de *Pseudomonas aeruginosa*.



OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Variable	Concepto	Indicador	Escala
<i>Coliformes Totales</i>	Bacilo gramnegativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con propiedades de inhibición de crecimiento, no tiene citocromooxidasa y fermenta la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35 ò 37°C, en un periodo de 24 a 48 horas.	Presencia o ausencia de turbidez en la campana de Durham	NMP/mL
<i>Coliformes Fecales</i>	Son microorganismos que fermentan la lactosa a una temperatura de 44 ò 44.5°C y producen gas. Se encuentran en las heces fecales y tienen propiedades similares a <i>Coliformes Totales</i> . También se les asignan el nombre de <i>Coliformes Termorresistentes</i> o termotolerantes.	Presencia o ausencia de gas en la campana de Durham.	Presencia O Ausencia
Bacterias Aerobias Mesófilas.	Son la flora total compuesta por bacterias aerobios estricto o facultativos, poseen una velocidad de crecimiento entre 25 °C a 40 °C. Este grupo de bacterias necesitan de O ₂ para crecer y obtener energía a través de la oxidación de sustratos.	Crecimiento de colonias en superficie de Agar Caseína soja.	UFC/ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Es una bacteria gramnegativa puede derivar de heces humanas y animales. Este microorganismo crece en muy baja concentración de nutrientes en medio ambiente acuoso y puede sobrevivir durante muchos meses en aguas a temperatura ambiente.	Colonias de color verde fluorescente. Presencia o ausencia	Presencia O Ausencia



MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.

Material	Marca	Equipo	Marca
Beakers 100 y 500 mL.	KIMAX	Mechero Busner.	Humboldt.
Balones 250mL.		Incubadora europe.	Precisión scientific.
Erlenmeyer de 250 mL.	PYREX	Autoclave horizontal.	Pelton crane.
Gradilla.	-----	Horno para esterilizar cristalería.	Model 25X-1
Tubos de ensayo con rosca y sin rosca.	PYREX	pHmetro.	-----
Espátula analítica.	-----	Contador de colonias.	Quebee Darkfield.
Pipetas de 1, 5 y 10 mL.	KIMAX-S1	Balanza analítica	Gibertini.
Placas Petri 90x14mm.	-----	Agitador.	
Asa redonda.	-----		
Campana de Durham.	-----		
Termo.	-----		



Material descartable	Medios de cultivo	Reactivos
Guantes estériles y no estériles.	Agar Cetrimide.	Fosfato monobásico pH 7,2
Algodón.	Caldo Lactosado.	Tiosulfato de sodio 0,05%
Papel de aluminio.	Agar Tripticasa de soya.	Glicerina.
Gorro.		Agua destilada.
Zapatos.		Alcohol.
Fósforos.		
Nasobucos.		

PROCEDIMIENTO

1. Preparación de los medios de cultivo.

- a) Se procedió a esterilizar la cristalería, placas, Erlenmeyer y pipetas en autoclave a una temperatura de 121°C durante 2 horas.
- b) De acuerdo con el volumen a preparar y lo que nos indica la etiqueta de cada medio de cultivo se realizaron los cálculos para pesar la cantidad en gramos requeridos para el análisis.
- c) Los medios de cultivo líquidos se disolvieron en agua destilada a temperatura ambiente y los agares en agua destilada a ebullición.
- d) Se preparó caldo lactosado para concentraciones simples 2.6g para 200mL y dobles 5.2g para 200ml, se pesaron y se pasaron a unos Erlenmeyer, se le agregó un poco de agua destilada, se agitó para disolver y se aforó a 200mL utilizando una probeta.
- e) Se preparó una solución Buffer de Fosfato monobásico pH 7.2, se midió 0.75mL para 600ml, se llevó a un balón aforado en baño maría por 15 minutos.
- f) Se preparó Agar Cetrimide 4.53g más 1mL de Glicerina, se llevó a un Erlenmeyer con agua destilada caliente a ebullición.
- g) Y por último se preparó Agar Tripticasa de soya se pesó 8g para 200mL en un Erlenmeyer.
- h) Se midió el pH de cada uno de los medios preparados para verificar que fuera el



mismo del pH óptimo que declara la etiqueta.

- i) Posteriormente se taparon con tapón de algodón envuelto en papel aluminio y se cubrió con papel aluminio.
- j) Los medios se esterizaron a 121 °C por 15 min.

2. Recolección de la muestra.

Primero se realizó la ubicación de los puntos de muestreo.

Los recipientes para recolectar las muestras fueron esterilizados previamente, se taparon y se enumeraron respectivamente cada uno de ellos, para cada punto de muestreo.

Nos presentamos a cada una de las instalaciones y áreas en donde tomamos las muestras del agua de grifo. Procedimos a recolectar estas muestras usando el equipo necesario, guantes, nasobuco, gorro, gabacha y zapatos cerrados para evitar cualquier tipo de contaminación.

Las muestras fueron tomadas directamente del grifo, se desinfectó previamente con alcohol de 70% y se flameó durante un minuto para eliminar posibles impurezas presentes en los diferentes grifos, se abrió el grifo, hasta que alcanzara su flujo máximo y se dejó correr el agua durante un minuto. Este procedimiento limpia la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería. Se bajó el flujo de agua lo más bajo para no dañar a los microorganismos. Se abrió el frasco de muestreo con el mechero cerca. Se llenó el frasco a 250mL. Hay que Mantener la tapa y la cubierta protectora hacia abajo (para evitar la entrada de polvo portador de microorganismos). Poner inmediatamente el frasco debajo del chorro de agua y llenarlo. Se dejó un espacio de aire (aproximadamente un tercio del frasco) para facilitar la agitación de la muestra antes del análisis microbiológico. Se colocó el tapón al frasco. Posteriormente los 250mL de la muestra, se agitan y se descartan 150 mL dejando 100mL de muestra a la que se le agrega Tiosulfato de sodio 0.05% y se deja por 20 minutos para eliminar el cloro.



3. Ensayo Microbiológico para detectar presencia de *Coliformes totales y fecales*. Por el método NMP

➤ **Test presuntivos para *Coliformes*:**

Etiquetamos cada uno de los tubos a utilizar y agitamos la muestra de 100mL de agua antes de iniciar, para una distribución uniforme de los microorganismos en caso de que hubiera.

Preparamos las muestras y disoluciones siguientes:

- a) Elaboramos tres disoluciones de 1:10, 1:100 y 1:1000 procediendo a agregar la muestra por triplicado a una serie de tubos de la siguiente manera:
- b) 10 mL de la muestra a 3 tubos con 10 mL de caldo lactosado a doble concentración.
- c) 1 mL de la muestra a 3 tubos con 5 mL de caldo lactosado a concentración simple.
- d) 0.1 mL de la muestra a 3 tubos con 5 mL de caldo lactosado a concentración simple.
- e) El tiempo entre la preparación de la muestra y la inoculación en el medio no fue mayor de 15 min.
- f) Se incubaron a 37°C por 48 horas.

Nota: este procedimiento se realizó para cada una de las muestras, en total fueron 6 muestras.

Interpretación:

- a) Prueba positiva: producción de gas por presencia de burbujas en la campana de Durham.
- b) Prueba negativa: ausencia de gas.
- c) Si el total de tubos son negativos: El ensayo se da por terminado, reportando la ausencia de *Coliformes totales y fecales* en la muestra analizada.
- d) Todos aquellos tubos que den positivos para prueba presuntiva se anotarán convenientemente y se procederá a realizar la prueba confirmatoria para *Coliformes totales y fecales*.

➤ **Test confirmativos para *Coliformes* (no se realizó en el análisis):**

Los tubos que resultaran positivos a las 48 horas en la prueba presuntiva se transferirían al



caldo BVB para confirmar *Coliformes*.

- a) Se incubarían los tubos BVB a $37^{\circ}\text{C} \times 48\text{h} \pm 2$ horas. Al final se observaría la ausencia o presencia de gas.

Interpretación:

- a) Si se observa turbidez y producción de gas: La prueba se considera POSITIVA, debiendo anotar el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.
- b) Si en ninguno de los tubos se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez: Se consideran NEGATIVOS, estableciéndose el Código 0,0,0 para efecto del cálculo del Número más probable (NMP).

4. Identificación de bacterias Aerobios Mesófilas. Conteo por la técnica vertido en placa:

- a) Se tomó 10 mL de la muestra de 100mL y lo llevamos a un Erlenmeyer que contenía 90mL de solución de fosfato a pH 7.2; solución (10^{-1}). Se agitó para que la muestra se distribuya correctamente.
- b) Luego tomamos 1 mL de la solución de concentración 10^{-1} y lo llevamos a un tubo de ensayo conteniendo 9 mL de solución fosfato monobásico de potasio pH 7.2 para obtener una solución de concentración 10^{-2} .
- c) De la solución 10^{-1} y 10^{-2} transferimos 1 mL a dos placas Petri vacías y estériles (4 placas, 2 para cada solución) y se le agregó de 15 de Agar Tripticasa de soya fundido. Homogenizamos la muestra con el agar, teniendo el cuidado que no se derrame el medio de cultivo. Esperamos a que solidifique.
- d) Incubamos las dos placas invertidas a $37^{\circ}\text{C} \pm 1$ por 24 horas.
- e) Posterior a la incubación, observamos las placas si hubiera crecimiento contar en el contador de colonias las UFC presentes.

5. Determinación de *Pseudomona aeruginosa*.

De la muestra realizada anteriormente:

- a) tomamos una asada de la muestra y lo colocamos en una placa Petri con agar



Cetrimide.

- b) Incubar a 37°C por un periodo de 24 horas.
- c) Si se observa crecimiento de colonias verde fluorescente. Realizar prueba de oxidasa a una de las colonias. Si la prueba es positiva se considera que hay presencia de Pseudomona en la muestra.



RESULTADO Y ANÁLISIS DE RESULTADO

Tabla N° 1

Lugar de toma de muestras

N° de toma	Lugar de toma
01	Grifo del pantri, Laboratorio de Control y Calidad LCCM.
02	Grifo del pantri, Decanatura de CCQQ.
03	Grifo frente a la bodega de odontología.
04	Grifo del pantri, tercer piso, sala de estar, Dpto. Servicio Farmacéutico.
05	Grifo del pantri, segundo piso, sala de estar, Dpto. Farmacia Industrial.
06	Grifo laboratorio B-15 de Ingeniería en Alimento.

Fuentes de mayor uso.

La recolección de muestra es un punto crítico en el procedimiento de la evaluación de la calidad del agua. La selección del punto de muestreo tendrá como requisito principal, que sean muestras representativas de fuentes de agua de la Facultad de Ciencias Químicas.

El muestreo se realizó, escogiendo diferentes puntos de toma de agua en la Facultad, se realizó el muestreo en grifos que estuvieran en constante uso. También se incorporó un área del departamento de Ingeniería en Alimentos.



Tabla N° 2

Ensayo microbiológico para determinación de Coliformes totales y fecales por el método del Número Más Probable.

1. Prueba presuntiva para Coliformes Fecales y Totales.

Agua de las diferentes áreas de la Facultad de Ciencias Químicas			
Número de Mx	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
01	-	-	-
02	-	-	-
03	-	-	-
04	-	-	-
05	-	-	-
06	-	-	-

Fuente: lectura de muestra 1: Agua del Laboratorio de Control de Calidad LCCM. Muestra 2: Agua de Decanatura. Muestra 3: Agua de frente de bodega de Odontología. Muestra 4: Agua del Dpto. Servicio Farmacéutico. Muestra 5: Agua del Dpto. Farmacia Industrial. Muestra 6: Agua de Ingeniería de Alimento. (+) Positivo para Coliformes. (-) Negativo para Coliformes.

Se calculó la densidad microbiana utilizando el método del número más probable, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, para la determinación de bacterias Coliformes totales y bacterias Coliformes fecales; esta prueba consiste básicamente en la capacidad que posee este grupo microbiano, en fermentar la lactosa con la producción de ácido y gas al incubarlo. En esta tabla se muestra los resultados de la prueba Presuntiva, después de las 72 horas de incubación, observándose ausencia total en cada una de las diluciones de las diferentes muestras recolectadas, en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Químicas. Al dar negativa dicha prueba no fue necesario la realización de la pruebas confirmativas y complementarias, de acuerdo con los parámetros establecidos en las bibliografías, la cual refiere que al dar negativas la prueba presuntiva el ensayo se da por terminado reportando la ausencia de Coliformes Totales y Fecales en las muestras analizadas.

De acuerdo con estos resultados, las muestras cumplen con los requisitos de calidad microbiológica para el agua potable, como se ve en la tabla N° 2, permitiéndonos así, clasificarlas como agua apta para el consumo humano según la Norma Regional CAPRE, para Agua Potable.



Tabla N° 3

Ensayo microbiológico para determinación de BAM por el método de Recuento en Placa.

2. Determinación de Bacterias Aerobias Mesófilas (BAM).

Agua de las diferentes áreas de la Facultad de Ciencias Químicas		
Número de Mx	10⁻¹	10⁻²
01	-	-
02	-	-
03	-	-
04	-	-
05	-	-
06	-	-

Fuente: lectura de muestra 1: Agua del Laboratorio de Control de Calidad. Muestra 2: Agua de Decanatura. Muestra 3: Agua de frente de bodega de Odontología. Muestra 4: Agua del Dpto. Servicio Farmacéutico. Muestra 5: Agua del Dpto. Farmacia Industrial. Muestra 6: Agua de Ingeniería de Alimento. (+) Presencia de BAM. (-) Ausencia de BAM.

En relación con el crecimiento de bacterias aerobias mesófila, se realizó a través del método recuento en placa, útil para la determinación de la potabilidad del agua, así como la eficacia de las operaciones para la eliminación de microorganismos, como es la sedimentación, filtración y cloración.

Después de las 24 horas de incubación, se demostró la ausencia de aerobias mesófilas en todas las muestras de los diferentes puntos de la Facultad de Ciencias Químicas.



Tabla N° 4

Ensayo microbiológico para identificación de *Pseudomona aeruginosa*.

3. Identificación *Pseudomona aeruginosa*.

Agua de las diferentes áreas de la Facultad de Ciencias Químicas	
Número de Mx	<i>Pseudomona aeruginosa</i>
01	Ausencia
02	Ausencia
03	Ausencia
04	Ausencia
05	Ausencia
06	Ausencia

Fuente lectura de muestra 1: Agua del Laboratorio de Control de Calidad. Muestra 2: Agua de Decanatura. Muestra 3: Agua de frente de bodega de Odontología. Muestra 4: Agua del Dpto. Servicio Farmacéutico. Muestra 5: Agua del Dpto. Farmacia Industrial. Muestra 6: Agua de Ingeniería de Alimento. Presencia o ausencia.

Para la determinación de presencia de *Pseudomona aeruginosa*, se realizó asadas en cada una de las muestras en las diluciones 10^{-1} , donde se demostró después de 24 horas de incubación, la ausencia total de *Pseudomona a.* en todas las muestras.

De acuerdo con datos bibliográfico, el agua de buena calidad, para consumo humano, debe tener cuentas bajas de estas bacterias: < 100 UFC por mililitro, tal y como lo mostraron los resultados. Por lo tanto, de acuerdo con esta prueba, desde el punto de vista microbiológico con relación a bacterias aerobias mesófilas y *Pseudomona aeruginosa*, las aguas analizadas en el laboratorio están libre de contaminantes biológicos, como se ve en la tabla N° 3 y N° 4.



CONCLUSIONES

El agua es un recurso natural indispensable para la humanidad, siendo esta de consumo, se requiere de un análisis microbiológico, para poder ser óptima para su uso, para ello se requiere diversos requisitos de calidad establecidos por las Normas CAPRE, que nos indicó las diferentes técnicas que llegamos a realizar y que se deben seguir realizando periódicamente, en los diferentes puntos de nuestra facultad.

Nuestro trabajo tuvo como objetivo: Evaluar la calidad microbiológica (*Coliformes Totales y fecales*, Bacterias Aerobias Mesófilas y *Pseudomonas aeruginosa*) del agua de los diferentes grifos que más se utilizan en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN – León, llegando a las siguientes conclusiones:

El ensayo microbiológico del Número Más Probable determinó: la ausencia total de *Coliformes Totales y Fecales* en las muestras analizadas de agua independientemente de su procedencia, todas las muestras mostraron la ausencia total de estos microorganismos, por lo cual es apta para su consumo, según el reglamento de la calidad del agua para el consumo humano (Las Normas CAPRE).

En la cuantificación de bacterias aerobias mesófilas y la identificación de *Pseudomona aeruginosa* se evidenció la ausencia de estos microorganismos en todas las 6 muestras analizadas.

Por lo tanto, concluimos que, de acuerdo con los resultados de cada uno de los ensayos realizados, el agua de los grifos que actualmente se está consumiendo en las diferentes áreas de la Facultad de Ciencias Químicas, son aptas para el consumo humano



RECOMENDACIONES

Posterior a la obtención de resultados y a las conclusiones a que se llegó luego de realizar el presente trabajo investigativo, sugerimos las siguientes recomendaciones:

A los estudiantes y a la universidad:

1. Seguir realizando estudios experimentales, para monitorear la calidad del agua, en todos los sectores del Campus médico, para así, poder proporcionar a la comunidad universitaria que labora y estudia en esta área, agua de calidad.
2. Proponer el estudio para la identificación de diversos tipos de bacterias que puedan estar presente en el agua y causen un potencial daño a la salud humana.
3. Se recomienda realizar ensayos cualitativos para metales pesados en el agua y ensayos que permitan cuantificar las concentraciones de cada uno de estos metales.

Al personal de la Facultad de Ciencias Química:

Se les recomienda utilizar filtros de agua en los diversos grifos o realizar una limpieza de la boquilla del grifo todos los días antes de utilizarlo, esto con el fin de evitar la acumulación de zarro en la misma.



BIBLIOGRAFÍA

1. García, L. y Iannacone, J. (2014). Pseudomonas Aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. [online] Academia.edu. Disponible en: https://www.academia.edu/27164640/Pseudomonas_Aeruginosa_un_indicador_complementario_de_la_calidad_de_agua_potable_an%C3%A1lisis_bibliogr%C3%A1fico_a_nivel_de_Sudam%C3%A9rica?auto=download (Recopilado Abril 2019).
2. Rose, J. B. and D. J. Grimes. (2001). Revaluation of microbial water quality: Powerful new tools for detection and risk assessment. A report from the American Academy of Microbiology. Washington, DC, USA. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a392435.pdf> (Recopilado Abril 2019).
3. Cuno, W. (2017). El Agua Es El Componente Más Importante de Nuestro Planeta y Ocupa El 70 | Calidad del agua | Agua. [online] Scribd. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/360489155/El-Agua-Es-El-Componente-Mas-Importante-de-Nuestro-Planeta-y-Ocupa-El-70> (Recuperado Abril 2019).
4. Raffino, M. (2019). Agua: Concepto, Composición, Funciones e Importancia. [online] Concepto.de. Disponible en: <https://concepto.de/agua/> (Recuperado Abril 2019).
5. Agua.org.mx. (2017). ¿Qué es el agua? [online] Disponible en: <https://agua.org.mx/que-es/> (Recuperado Abril 2019).



6. Barba, L. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. [online] Scribd. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/151391186/1-Libro-Agua> (Recuperado Mayo 2019).
7. UNESCO (2019). Historia del agua. [online] Disponible en: http://www.cofes.org.ar/descargas/info_sector/Agua_Temas_Varios/La_historia_de_l_agua_UNESCO.pdf (Recuperado Mayo 2019).
8. Gray, N. (1996). Orígenes del agua. [online] Cidta.usal.es. Disponible en: http://cidta.usal.es/potables/libros/Origen_agua.pdf (Recuperado Mayo 2019).
9. Aurazo de Zumaeta, M. (2004). Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. [Online] elaguapotable.com. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/manual%20analisis%20basicos%20CA.pdf> (Recuperado Mayo 2019)
10. Wikiwater. (2017). E26-Análisis y calidad del agua. Principales normas e indicadores de potabilidad y de calidad del agua. [Online] wikiwater.fr. Disponible en: <https://wikiwater.fr/e26-analisis-y-calidad-del-agua> (Recuperado Junio 2019)
11. INAA. (2006). Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99). Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados ente regulador. [Online] delcampo.net.ni. Disponible en: https://delcampo.net.ni/file_bibli/ncal/NTON_09_003-99_ParaElDisenoAbastecimientoPotabiliazacionAgua.pdf (Recuperado Junio 2019)



12. Remtavares. (2009). ¿Cómo se potabilizan las aguas para el consumo humano? | El Agua. [Online] madrimasd.org. Disponible en:
<https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/02/25/113410>
(Recuperado Junio 2019)
13. Aragón. (2019). ¿Cómo se potabiliza el agua? Gobierno de Aragón. [Online] aragon.es. Disponible en:
<https://www.aragon.es/-/como-se-potabiliza-el-agua-#anchor2>
(Recuperado Junio 2019)
14. Oocities. (2015). Desinfección y métodos de desinfección del agua. [Online] oocities.org. Disponible en:
<https://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/desinfeccion5.pdf>
(Recuperado Junio 2019)
15. Reyes, E., & Quezada, G. (2002). Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. [Online] elaguapotable.com. Disponible en:
<http://www.elaguapotable.com/manual%20 analisis%20basicos%20CA.pdf>
(Recuperado Julio 2019)
16. M, V, S. (2005). La contaminación del agua. [Online] unican.es. Disponible en:
<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf>
(Recuperado Julio 2019)
17. Calvo Flores, F. (2015). Tema 4. Contaminación del agua. [Online] ugr.es. Disponible en:
https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf
(Recuperado Julio 2019)



18. Crana. (2011). Tipos de contaminación. [Online] crana.org. Disponible en:
http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/segan-extensian-fuente
(Recuperado Julio 2019)

19. Chang Gómez, J. (2016). Calidad del agua. [Online] dspace.espol.edu.ec
Disponible en:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201%2C2%2C3.pdf>
(Recuperado Agosto 2019)

20. Agua Potable. (2003). Calidad del agua. [Online] elaguapotable.com. Disponible en:
http://www.elaguapotable.com/calidad_del_agua.htm
(Recuperado Agosto 2019)

21. CAPRE. (1994). Norma de calidad de agua para consumo humano. [Online] biblioteca.enacal.com.ni. Disponible en:
http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/pdf/CAPRE_Normas_Regional.pdf
(Recuperado Agosto 2019)

22. IICA. (2001). Ministerios de agricultura y ganadería. Manual de procedimientos para el control microbiológico de alimentos. [Online] books.google.com.ni. Disponible en:
[https://books.google.com.ni/books?id=HcsOAQAAIAAJ&pg=PR1&lpg=PR1&dq=.+Ministerio+de+agricultura+y+ganader%C3%ADa.+Instituto+interamericano+de+cooperaci%C3%B3n+para+la+agricultura+\(2001\).+Manual+de+procedimientos+para+el+control+microbiol%C3%B3gico+de+alimentos.&source=bl&ots=u7qi9TDeXm&sig=ACfU3U0I0zUe4BpfxcnPTbPqwVnW22dK-g&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj96q2K6YTnAhWixVkKHX7MCyEQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q=.%20Ministerio%20de%20agricultura%20y%20ganade](https://books.google.com.ni/books?id=HcsOAQAAIAAJ&pg=PR1&lpg=PR1&dq=.+Ministerio+de+agricultura+y+ganader%C3%ADa.+Instituto+interamericano+de+cooperaci%C3%B3n+para+la+agricultura+(2001).+Manual+de+procedimientos+para+el+control+microbiol%C3%B3gico+de+alimentos.&source=bl&ots=u7qi9TDeXm&sig=ACfU3U0I0zUe4BpfxcnPTbPqwVnW22dK-g&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj96q2K6YTnAhWixVkKHX7MCyEQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q=.%20Ministerio%20de%20agricultura%20y%20ganade)



[r% C3% ADa.% 20Instituto% 20interamericano% 20de% 20cooperaci% C3% B3n% 20 para% 20la% 20agricultura% 20\(2001\).% 20Manual% 20de% 20procedimientos% 20p ara% 20el% 20control% 20microbiol% C3% B3gico% 20de% 20alimentos.&f=false](#)

(Recuperado Agosto 2019)

23. Bell, Chris y Kyriakides, Alec. (1998) E. coli una aproximación practica al microorganismo y su control en los alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acribia.

24. Brock, T. (1978). Biología de los microorganismos. [Online] academia.edu. Disponible en:

https://www.academia.edu/39077515/Biolog%C3%ADa_de_los_microorganismos_BROCK

(Recuperado Septiembre 2019)

25. McJunkin, F. (1985). Agua y salud humana. [Online] iris.paho.org. Disponible en: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/3099/Agua%20y%20salud%20humana.pdf?sequence=1>

(Recuperado Septiembre 2019)

26. Jawetz, Ernest, Melnick, Joseph, Adelberg Edward. (2010) Microbiología Médica. México D.F 25a Edición. Editorial EL Manual Moderno S.A de C.V. 1992. Págs. 237-238.

27. Yousef, A. E., Carlstrom, C. (2006). Microbiología de los alimentos: Manual de Laboratorio. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 2006. Págs. 65 – 66, 68, 69-70,129- 134,181, 187.

28. ICMSF. (2000). Microorganismo de los alimentos I: Su significado y método de enumeración. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 2º Edición. Págs. 131, 134,189.

29. R, M and G, M. (2004). Bacterias Mesófilas. [Online] Ecured.cu. Disponible en:



https://www.ecured.cu/Bacterias_mesofilas

(Recuperado Septiembre 2019)

30. Brunel, J. (2015). ¿Qué son los aerobios Mesófilos? [Online] Foodnewlatam.com. disponible en:

<https://www.foodnewlatam.com/paises/74-bolivia/2499-¿que-son-losaerobios-mesofilos.html>

(Recuperado Septiembre 2019)

31. Who. (2018). E. coli. [online] who.int. Disponible en:

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

(Recuperado Septiembre 2019)

32. Lira, C. (2017). Mesófilos: características, tipos, hábitat, enfermedades. [online] Lifeder. Disponible en:

<https://www.google.com.ni/amp/s/www.lifeder.com/mesofilos/amp/> [Accessed 15 Jan. 2020].

(Recuperado Octubre 2019)

33. Woese. (1987). Evolución bacteriana. Microbiología. Costa Rica. Págs. 221,271.

34. Tango, D. (2016). Pseudomonas. [online] Es.slideshare.net. Disponible en:

<https://es.slideshare.net/mobile/diegomaier/pseudomonas-14807341>

(Recuperado Octubre 2019)

35. Mondaca J, M.A. Campos A, V. (2009) Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Cap. 13.

ANEXOS



ANEXO N°1

PRINCIPALES ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA

Enfermedades	Causas y día de transmisión	Extensión geográfica	Nº de casos ^a	Defunciones por año
Disentería amebiana	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona a otra.	Todo el mundo	500 millones por año.	*
Disentería bacilar	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona a otra.	Todo el mundo	*	*
Enfermedades diarreicas (inclusive la disentería amebiana y bacilar)	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía oral-fecal por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona a otra.	Todo el mundo	4,000 millones actualmente.	3–4 millones.
Cólera	Las bacterias pasan por la vía fecal – oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Sudamérica, África, Asia.	384,000 por año.	3–4 millones.



Hepatitis A	El virus pasa por la vía fecal – oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	600,000 a 3 millones por año.	2,400 a 12,000.
Fiebre Paratifoidea y Tifoidea	Las bacterias pasan por la vía fecal – oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	80% en Asia, 20% en América Latina, África.	16 millones actualmente.	600,000.
Poliomelitis	El virus pasa por la vía fecal – oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	66% en la India, 34% en el Cercano Oriente, Asia, África.	82,000 actualmente.	9,000.

^a El número de casos se presenta como incidencia (por año) - el número de nuevos casos ocurridos en el año – o como prevalencia (actualmente) – el número de casos existentes en un momento dado.

* Incluidas las enfermedades diarreicas.

** No hay defunciones, pero causa 270,000 casos notificados de ceguera anualmente.

ND = No disponible.

Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998.



ANEXO N°2

PRINCIPALES BACTERIAS TRANSMITIDAS POR EL AGUA

Bacterias	Fuentes	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Salmonella thypi</i>	Heces y orina	7-28 días	5-7 días	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea.
<i>Salmonella sp</i>	Heces	8-48 horas	3-5 días	Disentería (Diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<i>Shiguellae sp.</i>	Heces	1-7 días	4-7 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	9-72 horas	3-4 días	Diarrea acuosa
V. cholerae N°-01	Heces	1-5 días	3-4 días	Diarrea acuosa
<i>Escherichia coli enterohemorrágica 0157:H7</i>	Heces	3-9 días	1-9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre.
<i>Escherichia coli enteroinvasiva</i>	Heces	8-24 horas	1-2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre.
<i>Escherichia coli enterotoxigena</i>	Heces	5-48 horas	3-19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náuseas, mialgia.



<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces y orina	1-11 días (24-48 horas)	1-21 días	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vómito.
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2-5 días (42-72 horas)	7-10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces fecales con sangre, dolor de cabeza.
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20-24 horas	1-2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito.
<i>Aeromonas sp</i>	Heces	Desconocido	1-7 días	Diarrea, dolor abdominal, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas.



ANEXO N° 3
TABLA DE NMP

No de Tubos con Reacción Positiva			Índice del NMP/100mL	Límite Confiable de 95%	
3 Tubos con 10 mL	3 Tubos con 1 mL	3 Tubos con 0.1 mL		Inferior	Superior
0	0	0	< 3		
0	0	1	3	< 0.5	9
0	1	0	3	< 0.5	13
1	0	0	4	< 0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36

Evaluación microbiológica de la calidad del agua potable, abastecida en Campus Médico,
de la ciudad de León, Noviembre 2019.



2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440

Evaluación microbiológica de la calidad del agua potable, abastecida en Campus Médico, de la ciudad de León, Noviembre 2019.



3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800
3	3	3	≥ 2 400		

Esta tabla está diseñada para la determinación de Número Más Probable de organismos *Coliformes* en agua, inoculando tres tubos con caldo lactosado de doble concentración con alícuotas de 10 mL, tres tubos con caldo lactosado de concentración sencilla con alícuotas de 1 mL y tres tubos con caldo lactosado de concentración sencilla con alícuotas de 0.1 mL. Los datos de NMP que aparecen en ella se reporta como el NMP de organismos *Coliformes* por 100 mL de muestra.



ANEXO N° 4

GLOSARIO

- Aerobiosis: condición de vida de un organismo aerobio
- Acetamida: amida del ácido acético.
- Aerobiosis: condición de vida de un organismo aerobio
- Acetamida: amida del ácido acético.
- Aireación: ventilación.
- Asparagina: amina de un aminoácido que se encuentra en los brotes de espárragos.
- Beta galactosidasa: grupo de enzimas que catalizan la hidrólisis de residuos terminales.
- Biofilm: tapiza bacteriano o tapete microbiano, es un ecosistema mmicrobiano organizado, conformado por una o varias especies de microorganismos asociados a una superficie viva o inerte.
- Bióticos: se dice del factor económico ligado a la actividad de los seres vivos.
- Cromogénico: es un compuesto o sustancia que contiene un grupo formador de color
- Desarenadores: quitar la arena.
- Esporulantes: formación de esporas o pasar al estado de esporas, cuando las condiciones de vida se hacen desfavorables.
- Esporogenas: que forma o genera esporas.
- Flóculos: masa que es formada por la acumulación de partículas suspendidas.
- Fluoresceína: materia colorante amarilla con fluorescencia verde, extraída de la resorcina.
- Homeotermos: se dice del ser vivo que la temperatura central es constante.
- Hemólisis: destrucción de los glóbulos rojos de la sangre por estallido.
- Lisímetros: es un dispositivo introducido en el suelo, rellenado en el mismo terreno del lugar y con vegetación.
- Motilidad: facultad de moverse ante determinados estímulos.
- Nilómetros: nombre dado a una construcción escalonada, o pozos.



- Ornitina: es un aminoácido bibásico sintetizado en el citosol como producto del glutamato
- Polución: contaminación.
- Saprófitos: se dice del microorganismo que se alimentan de materia orgánica, sin vida que generalmente no producen enfermedades en los seres humanos
- Trihalometanos: son compuestos químicos volátiles que se generan durante el proceso de potabilización del agua, por la reacción de la materia orgánica aun no tratada con el cloro utilizado para desinfectar.
- Triptona: es un digerido pancreático de caseína que contiene todos los aminoácidos que se encuentran en la caseína, así como las fracciones de péptidos mas grandes.
- Triptofanasa: es un catalizador de la reacción de desaminación, durante el cual remueve el grupo amino de la molécula de triptófano.
- Venturi: tubo provisto de un estrechamiento, utilizado para la medida del caudal de los fluidos
- Xilosa: es un azúcar que se aisló de la madera, se clasifica como un monosacárido del tipo aldopentosa.

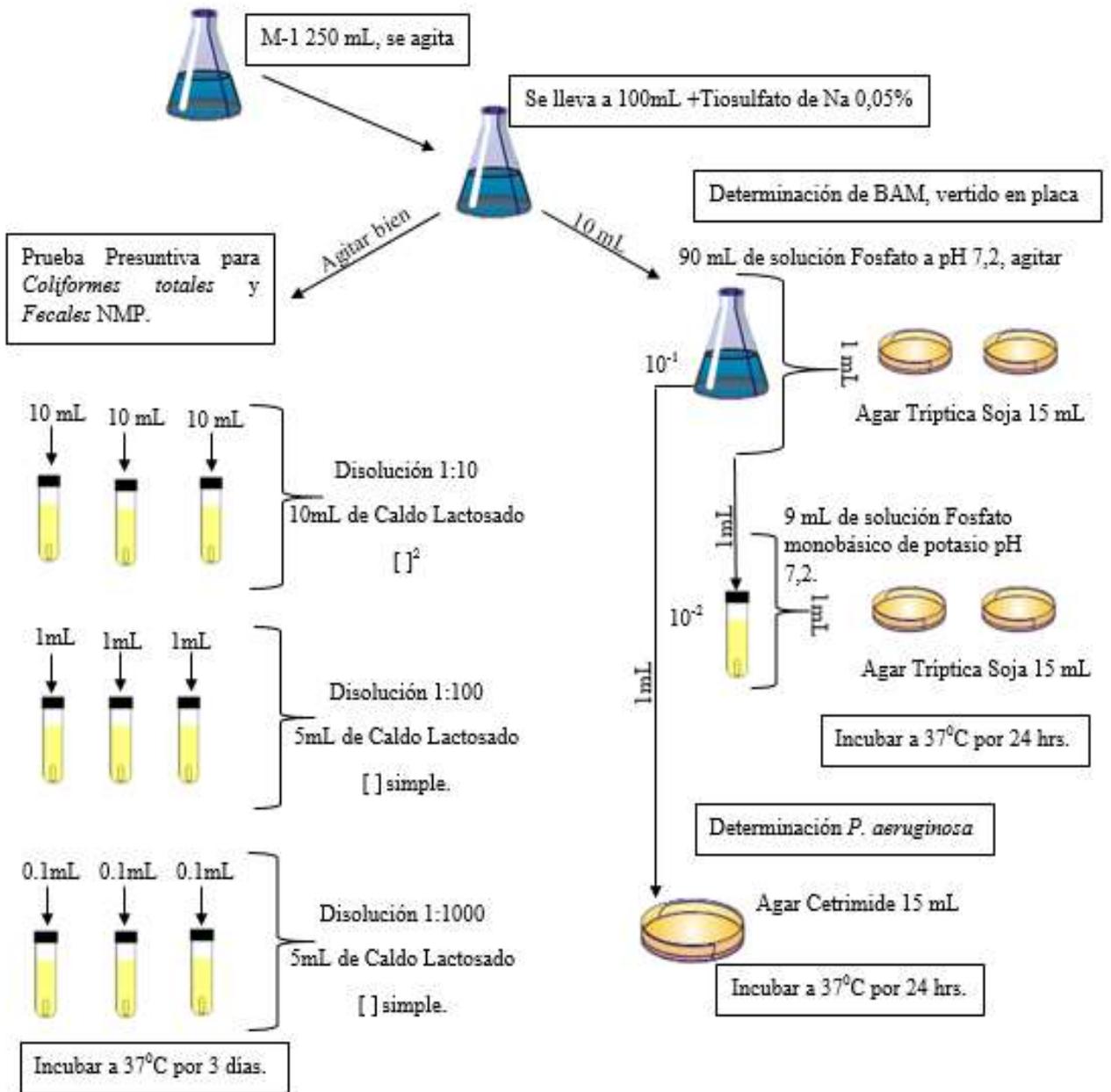


ANEXO N° 5
ABREVIATURAS

- ONPG: orto-nitrofenil- β -d-galactopiranosido.
- BGGB: brilliant green biles broth. (Caldo lactosado Bilis verde brillante).
- INVIC: Prueba utilizada en microbiología para la identificación de bacterias. Se compone de cuatro pruebas: Indol, rojo de metilo, voges-proskauer y citrato. El resultado de este test se expresa mediante símbolos de positivo o negativo, según el resultado de cada prueba, siguiendo siempre el orden establecido por las iniciales del método.
- BLVB: Caldo bilis lactosa verde brillante.
- EMB: Agar Eosina Azul de Metileno.
- PCA: Plate Count Agara (Agar para Standard Methods).
- NMP: Número Más Propable
- CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroaméric.
- DBO: Demanda Biológica de Oxígeno
- DQO: Demanda Química de Oxígeno
- COT: Carbono Orgánico Total
- SIM: Sulfide Indole Motility (Medio de Sulfuro Indol para Movilidad)
- MIO: Motility Indole Ornithine (Medio de Movilidad Indol Ornitina)
- LIA: Lysine Iron Agar (Agar lisina de Hierro)
- TSC: Triptona Sulfito Cicloserina.
- Ph: medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
- UFC: Unidad Formadoras de Colonias.



ANEXO N° 6
PROCEDIMIENTO





ANEXO N° 7

MEDIOS DE CULTIVO Y REACTIVOS UTILIZADOS

SOLUCIÓN REGULADORA DE FOSFATO PH 7,2

Fosfato monobásico de potasio 34.0 g.

Agua destilada 500 mL.

Preparación solución concentrada

En un matraz volumétrico de 1000ml, disolver el fosfato 500 mL de agua destilada, ajustar el pH hasta $7,2 \pm 0.1$ con una solución de NaOH 1N (aproximadamente 175 mL) y llevar a volumen y mezclar. Envasar en recipiente adecuado y esterilizar a 121°C durante 15 min. Almacenar en refrigeración.

Solución diluida.

Diluir 1.25 mL de la solución concentrada en 1000 mL de agua destilada. Envasar en volúmenes de 90 mL y esterilizar por calor húmedo a 121°C durante 15 min.

AGAR CETRIMIDE

COMPOSICIÓN	g/L
Digerido pancreático de gelatina	20.0 g
Cloruro de Magnesio	1.4 g
Sulfato potásico	10.0 g
N-cetil-N,N,N-trimetiamoniobromuro(Cetrimide)	0.3 g
Agar-agar	13.6 g
Aditivo: glicerina	10.0 mL
Agua destilada	1 L
pH después de esterilizar	7.2 ± 0.2

Disolver en el agua los componentes sólidos, adicionar el glicerol. Calentar a ebullición con agitación constante durante un minuto.



AGAR TRIPTICASA DE SOYA (TSA)

COMPOSICIÓN	g/L
Triptona	15.0 g
Peptona de Soya	5.0 g
Cloruro de Sodio	5.0 g
Agar	15.0 g
Agua destilada csp	1L.
pH después de esterilizar	7,3 ± 0.2

CALDO LACTOSADO

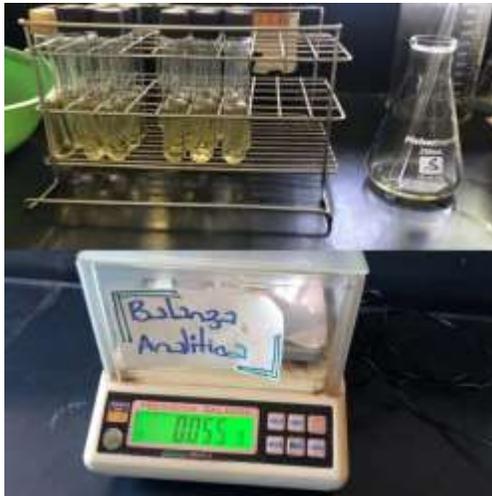
COMPOSICIÓN	g/L
Extracto de carne	3.0 g
Digerido pancreático de gelatina	5.0 g
Lactosa	5.0 g
Agua destilada	1L
pH después de esterilizar	6.9 ± 0.2

Después de esterilizar enfriar el medio de cultivo lo más rápido posible.



ANEXO N° 8

Preparación de medios de cultivo

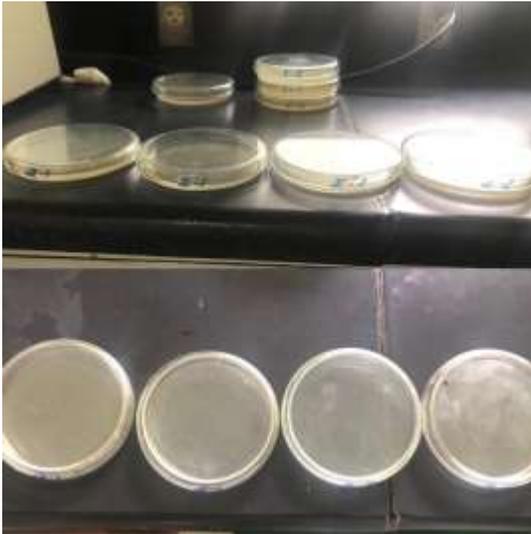
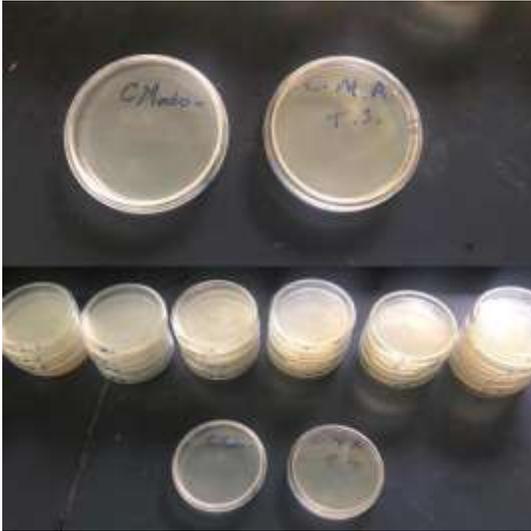


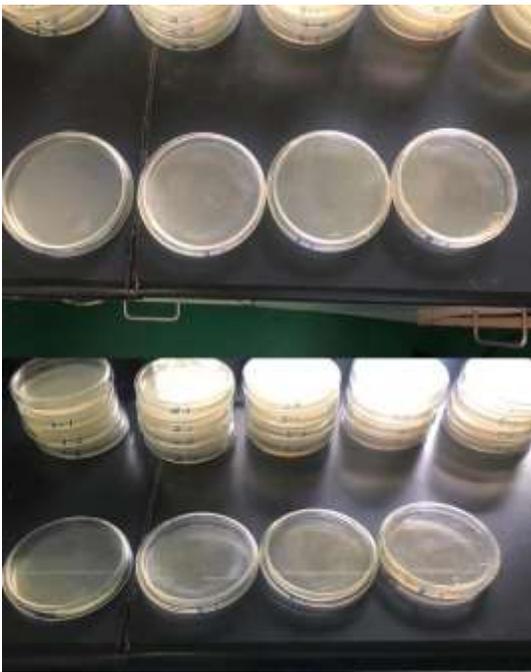
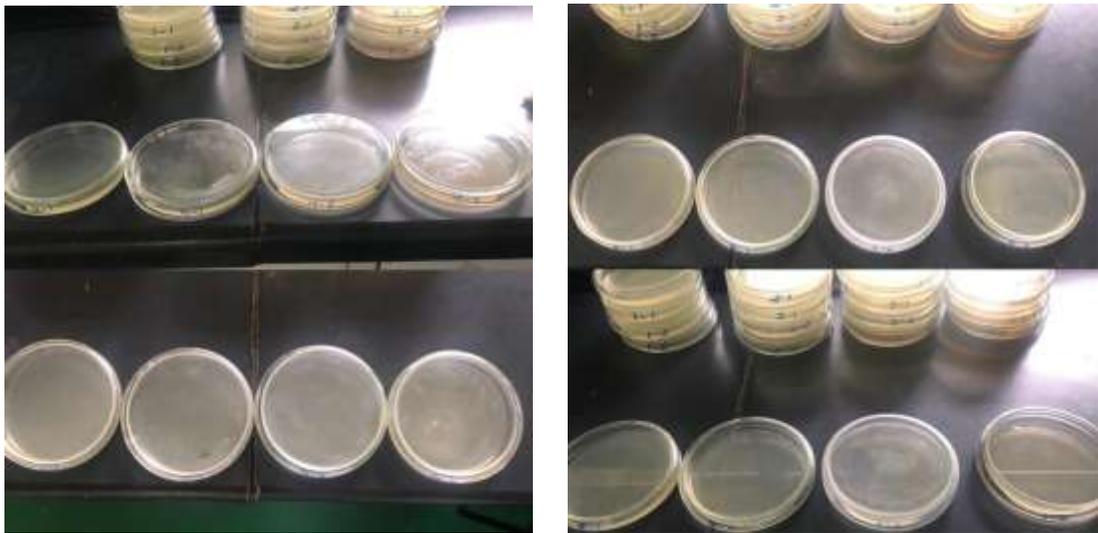


ANEXO N° 9

Resultados

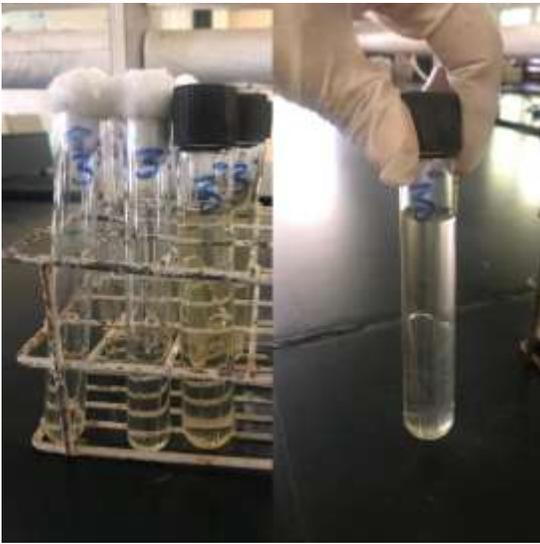
Cuantificación de BAM





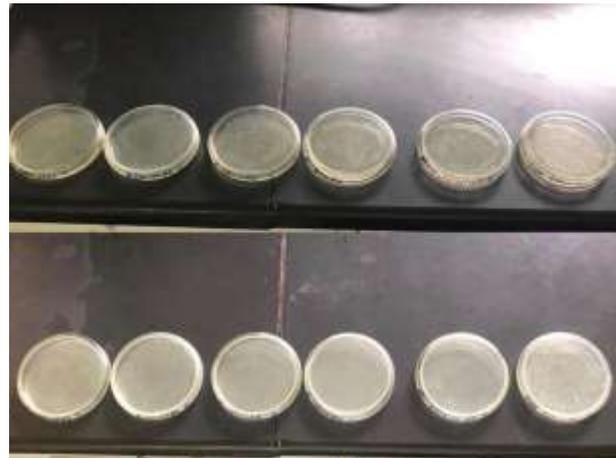


Resultados de Coliformes Fecales y Totales.





Resultado de *Pseudomona Aeruginosa*.





ANEXO N° 10

Factura del Agar donado.

PRODUCTOS EL SOL
PRODUCTOS EL SOL, S.A
 De los sanitarios del Hospital La Masada 1 1/2 cuadras arriba
 • Teléfono: 2289-5248 Fax: 2285-1220 Managua Nicaragua
 E-mail: info@productoselsol.com • www.productoselsol.com
 Managua, Nicaragua
 RUC N° J0310000110867

ENTREGUERO
 Por: _____
 Fecha: _____
 Firma: _____

FACTURA N° 27366

Cliente: _____ Fecha: _____
 Dirección: _____
 Condiciones de Pago: Crédito _____ Días Contado _____

ITEM	CANT.	COOIGO	DESCRIPCION	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	1	1000	AGAR PARA ELABORAR CULTIVOS EN AGUA Y SUELO PARA ELABORAR CULTIVOS EN AGUA Y SUELO PARA ELABORAR CULTIVOS EN AGUA Y SUELO.	2.875.00	2.875.00

ENTREGADO EN BODEGA
 Nombre: ASSM
 Fecha: 5/11/19 hora: 10:30 am
 Firma: [Signature]

ENTREGADO EN BODEGA
 Nombre: [Signature]
 Fecha: 5/11/19
 Cheque No: _____
 Efectivo: [Signature]

en Guaymas RUC: 20123088012K AMPR00004056-2018 1580c No 20751200 ACI 6017100-2019 OT 115100-2019 Oct. 30, Agosto 2019
 los pagos deben hacerse a la tasa Cambiaria del Mercado
 de los. Si usted no cancela su Factura en el Periodo
 indicado se le recargará un 2% adicional mensual.

**Favor revisar su mercadería al recibirla,
 no se aceptarán devoluciones, ni reclamos.**

El cliente reconocerá cualquier devolución
 conforme decreto del EC. Sin relación al
 Dolar estadounidense por cualquier obligación
 pendiente de pago a la firma de productos el sol al
 decreto.

Recibido por: [Signature]

Sub-Total
 Descuento
 Sub-Total
 I.V.A.
TOTAL