

Universidad Nacional del Comahue
Facultad de Ciencias del Ambiente y Salud

Licenciatura en Saneamiento y Protección
Ambiental

*“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA
PROCEDENTE DE LA LAGUNA SAN LORENZO- NEUQUÉN”*



Autora: Cid, Nadia Solange

Directora: Lic. Navarro, Cecilia

Co-directora: Lic. Selzer, Paola

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN SANEAMIENTO Y
PROTECCIÓN AMBIENTAL- AÑO 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a:

- **Dios** por ser la luz que nos alumbra día a día y es quien nos dio la salud y las fuerzas necesarias para cumplir uno de mis sueños.
- A mis directoras: Lic. **Cecilia Navarro** y Lic. **Paola Selzer**, por brindarme conocimientos y paciencia para que este trabajo de tesis se realizara exitosamente.
- Al personal del Laboratorio de FACIAS, quien me proporcionó el espacio y material para poder realizar mi trabajo de tesis.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

NUNCA SOÑÉ CON TENER ÉXITO. ¡TRABAJÉ POR EL!

Estée Laud

RESUMEN

El crecimiento de la población a nivel mundial ha incrementado los niveles de contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea, debido a los vertidos sin tratamiento de desecho de origen doméstico e industriales. En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal (Campos, 2001).

La calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los parámetros cualitativos y cuantitativos que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado (Sanchez & Nickisch, 2013).

Este trabajo de investigación tuvo como finalidad evaluar la calidad bacteriológica del agua de la Laguna San Lorenzo de la ciudad de Neuquén, durante el año 2017.

La evaluación se realizó en dos periodos del año 2017, correspondientes a los meses de Junio –Julio y Noviembre-Diciembre.

Las muestras de agua se obtuvieron siguiendo las pautas indicadas por APHA (1992) en cuanto a su recolección, conservación y transporte hasta el laboratorio, así como su manipulación para el respectivo análisis. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología de FACIAS, en la ciudad de Neuquén.

Se determinó el Número Más Probable (NMP), mediante Técnica de Fermentación en Tubo Múltiple: Colimetría para microorganismos coliformes totales y coliformes fecales. Además se realizó un recuento en placa para bacterias heterótrofas aerobias mesófilas totales.

Las muestras analizadas dieron como resultado altos valores de organismos coliformes fecales, (>1100 NMP/100mL) en los meses de mayor temperatura como así también de organismos coliformes totales (>1100 NMP/100mL), comparados con los valores límites para la categoría IV propuesta por la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC). En cuanto al resultado obtenido de bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales también fue superior en los meses de mayor temperatura.

La calidad actual del agua de la laguna San Lorenzo se encuentra deteriorada, con posibilidad de afectar a la fauna que alberga y producir problemas de salud a la población que se encuentra cercana a ella.

Palabras claves: Calidad del agua, bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales y bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales.

ABSTRACT

Population growth worldwide has increased the contamination levels of surface and underground water bodies, due to discharges without domestic and industrial waste treatment. In the case of waste of domestic origin, the pollutant load is represented by high percentages of organic matter and microorganisms of fecal origin (Campos, 2001).

Water quality establishes a set of conditions, understood as the qualitative and quantitative parameters that must be met to ensure the protection of water resources and the health of the population in a given territory (Sanchez & Nickisch, 2013).

The purpose of this research work was to evaluate the bacteriological clarity of the water of the San Lorenzo Lagoon in the city of Neuquén during the year 2017.

The evaluation was carried out in two periods of the year 2017, corresponding to the months of June-July and November-December.

The water samples were obtained following the guidelines indicated by APHA (1992) regarding their collection, conservation and transport to the laboratory, as well as their manipulation for the respective analysis. The samples were processed in the Laboratory of Microbiology of FACIAS, in the city of Neuquén.

The Most Likely Number (NMP) was determined by Multiple Tube Fermentation Technique: Colimetry for total coliform microorganisms and fecal coliforms. In addition, a plate count was performed for total mesophilic aerobic heterotrophic bacteria.

The samples analyzed resulted in high values of fecal coliform organisms, (>1100 NMP / 100mL) in the months of higher temperature as well as total coliform (>1100 NMP / 100ml), compared with the limit values for category IV proposed by the Interjurisdictional Watershed Authority (AIC). In terms of the result obtained from mesophilic bacteria total aerobic heterotopic was also higher in the months of higher temperature.

The current water quality of the San Lorenzo Lagoon is deferred with the possibility of affecting the fauna it harbors and causing health problems for the population that is close to it.

Key words: Water quality, total coliform bacteria, fecal coliform bacteria and total aerobic heterotrophic mesophilic bacteria.

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Calidad Ambiental	9
2.2. Contaminación del agua.....	9
2.3. Microorganismos indicadores de contaminación del agua.....	10
2.4. Bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal	11
2.5. Bacterias mesófilas aerobias heterótrofas	12
2.6. Marco Legal	13
3. ANTECEDENTES	14
4. OBJETIVOS	17
4.1. Objetivo General	17
4.2. Objetivos Específicos.....	17
5. METODOLOGÍA.....	18
5.1. Área de Estudio.....	18
5.2. Ubicación de puntos de muestreo.....	20
5.3. Trabajo de campo	21
5.4. Procesamiento de la muestra.....	23
6. RESULTADO Y DISCUSIÓN	27
6.1. Temperatura tomada en los sitios de muestreo en los cuatro meses de estudio.	27
6.2. Recuento de bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales (BMHAT)	28
6.3. Recuento de bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales.	30
7. CONCLUSIONES.....	34
8. RECOMENDACIONES	35
9. BIBLIOGRAFÍA	36
10. ANEXO.....	40
10.1. Tabla de valores guías propuestos por la AIC, 1996.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Área de estudio "laguna San Lorenzo".....	19
Figura N°2. Puntos de muestreo en la laguna San Lorenzo.....	20
Figura N°3. Toma de muestra.	21
Figura N°4. Rotulado de la muestra.	22
Figura N°5. Medición de la temperatura del agua.	22
Figura N°6. Tubo McConkey con reacción negativa.	25
Figura N°7. Tubo McConkey con reacción positiva.....	25
Figura N°8. Tubo de CLVBB con reacción positiva a coliformes totales.	26
Figura N°9. Tubo positivo de EC para coliformes fecales.	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Puntos de muestreos.....	20
Tabla N°2. Temperatura del agua en los distintos muestreos en los cuatro meses de estudio.	27
Tabla N°3. Recuento en placa para bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales (BMHAT) expresados en UFC/ml en los distintos de muestreos en los cuatro meses de estudio.	29
Tabla N°4. Cálculo del valor del NMP en placa para bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales expresados en NMP/ml en los distintos sitios de muestreo.	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1. Relación obtenida del recuento de BMHAT, en los diferentes sitios de muestreo en los cuatro meses de análisis.....	29
Gráfico N° 2. Relación obtenida de los valores de coliformes totales en los distintos muestreos en los meses de estudio.	31
Gráfico N° 3. Relación obtenida de los valores de coliformes fecales en los distintos muestreos en los meses de estudio.	32

1. INTRODUCCIÓN

La temática ambiental ha adquirido en los últimos años una creciente importancia en la región y frecuentemente es motivo de situaciones altamente polémicas, que reflejan la inexistencia de un consenso social acerca de la materia (Arias, 2008). El aumento del uso del agua para diferentes fines y el crecimiento de la población a nivel mundial han contribuido al incremento de los niveles de contaminación de los sistemas acuáticos (Larrea et al, 2013).

La contaminación de los cuerpos naturales de agua es una problemática que se presenta en la actualidad, principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que los desechos domésticos e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos (Arias, 2008).

Entre los principales contaminantes microbiológicos de los cursos de agua superficiales son las bacterias, virus, protozoos, helmintos y cianobacterias que llegan procedentes de las heces de personas y animales, ya sea por las aguas residuales o por el uso de letrinas (Rueda, 2000). El aumento de este tipo de microorganismos está relacionado con cambios drásticos en el ambiente como los procesos de urbanización, la expansión de la pobreza, la ocupación de regiones no habitadas anteriormente y el movimiento creciente de animales domésticos (Pedley & Pond, 2003).

Existe una gran dificultad para determinar la presencia de todos los microorganismos patógenos implicados en los procesos de contaminación del agua debido a que implica costos elevados, tiempo, y laboratorios especializados (Campos, 1999).

Una alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido es el uso de indicadores, entre ellos los más comúnmente utilizados y que representan algunos de los pocos parámetros que exigen la gran mayoría de las normativas a nivel mundial son las bacterias del grupo coliformes. Entre ellos se encuentran los coliformes totales y fecales, aunque la abundancia de *Escherichia coli* se ha asociado más al riesgo sanitario en comparación con el resto de los coliformes (Larrea et al, 2013).

El empleo de estas bacterias para la evaluación de la calidad del agua ha sido aceptado ampliamente en países de clima templado. Los indicadores fecales

tales como *Escherichia coli* mueren en aguas templadas, debido a factores como la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y la depredación por protozoos. Sin embargo, en aguas tropicales numerosos estudios han mostrado resultados cuestionables en cuanto a la factibilidad de utilizar estos microorganismos para el monitoreo de la calidad de las aguas (Larrea et al, 2013).

El presente trabajo aborda una evaluación de la calidad bacteriológica del agua procedente de la laguna San Lorenzo, la cual se encuentra en el barrio San Lorenzo, al oeste de la ciudad de Neuquén.

Las condiciones de saneamiento ambiental de los asentamientos cercanos a la laguna generalmente son precarias, generando en la misma un depósito de todo tipo de residuos domésticos. Esta alteración en las condiciones ambientales incrementa la posibilidad de riesgos asociados a la salud de la población aledaña (Pérez, 2012).

Para analizar este ambiente en particular, se puso énfasis en determinar la presencia de bacterias coliformes fecales, coliformes totales como así también con las bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales como microorganismos indicadores de la calidad del agua.

Con el análisis de los datos obtenidos y posterior comparación con los criterios microbiológicos establecidos por la AIC se evaluó la calidad bacteriológica del agua de la laguna, la cual tiene como función servir de hábitat principalmente a aves silvestres y no como medio de recreación a la población.

La presente investigación se llevó a cabo en marco del Proyecto de Investigación U-017 de FACIAS – UNCo.

2. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del presente trabajo de tesis fue pertinente realizar previamente una discusión alrededor de conceptos que resultarán claves para la comprensión y abordaje de esta investigación, lo que permitirían realizar el diálogo en un lenguaje compartido y entendible.

2.1. Calidad Ambiental

La calidad ambiental se refiere al conjunto de características ambientales, sociales, culturales y económicas que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente por parte de los habitantes en una determinada zona o región (Osorio & Valencia, 2016).

El INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) define a la calidad ambiental del agua como un conjunto de condiciones, entendidas como los parámetros cualitativos y cuantitativos que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado (Sanchez & Nickisch, 2013).

2.2. Contaminación del agua

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define como agua contaminada cuando su composición se ve alterada de modo que no reúne las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural. Debe considerarse también, tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas, que pueden hacer perder a esta su potabilidad para su consumo diario o su utilización para actividades domésticas, recreativas, industriales, agrícolas, etc (Bracho et al, 2010).

Los principales efectos que produce el agua contaminada en el medio ambiente son: contaminación microbiológica, con la transmisión hídrica de enfermedades, pérdida de los ecosistemas acuáticos y riesgo de infecciones crónicas en el hombre (Bofill et al, 2005).

La contaminación microbiológica es responsable de más del 90 % de las intoxicaciones y transmisión de enfermedades por el agua. Los principales microorganismos que se transmiten a través del agua engloban a las bacterias *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, *Shigella* spp, entre otros (Bofill et al, 2005).

2.3. Microorganismos indicadores de contaminación del agua

Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos en cuanto a concentración en las aguas y reacción frente a factores ambientales, pero son más fáciles, rápidos y económicos de identificar. Una vez que se ha demostrado la presencia de grupos indicadores, se puede inferir que los patógenos se encuentran presentes en la misma concentración y que su comportamiento frente a diferentes factores como pH, temperatura, presencia de nutrientes, tiempo de retención hidráulica o sistemas de desinfección es similar a la del indicador (Campos, 1999).

Un microorganismo indicador de contaminación fecal debe reunir las siguientes características Geldreich (1978):

- Ser un constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos.
- Estar presente, de forma exclusiva, en las heces de animales homeotérmicos.
- Estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias patógenas, su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal.
- Debe ser fácil de aislar y cuantificar.
- No debe ser patógeno.

Sin embargo, ningún microorganismo cumple con todos estos requisitos de un indicador ideal, por lo que se seleccionan aquellos que cumplen con la mayoría de ellos (Vázquez et al, 2006).

2.4. Bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él. La presencia de coliformes en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua (Rodríguez et al, 2012).

Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860. Von Escherich la bautizó como bacterium coli "bacteria del intestino" y con posterioridad, la microbiología nombraría el género *Escherichia* en honor a su descubridor (López et al, 2004).

Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie. Todos pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y principalmente en los intestinos de los animales y seres humanos. La presencia en los cuerpos de agua es un indicio de que puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas: aerobias o anaerobias facultativas, ser bacilos Gram negativos, oxidasa negativos, no ser esporógenas, capacidad de fermentar la lactosa produciendo ácido láctico y gas (Camacho et al, 2009).

Los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y coliformes fecales.

- **Coliformes Totales**

El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gram-negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Este grupo está conformado por 4 géneros principalmente: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella* viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales (Camacho et al, 2009).

Estos organismos constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales e indican contaminación bacteriana reciente (Arcos et al, 2005).

- **Coliformes Fecales**

El grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gram-negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 horas de incubación a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo la más prominente es *Escherichia coli* (Camacho et al, 2009).

La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc (Prescott et al, 2002).

2.5. Bacterias mesófilas heterótrofas aerobias

También se han utilizado otras especies o grupos como indicadores de contaminación del agua, entre ellas de gran utilidad son las bacterias mesófilas aerobias heterótrofas.

Su presencia no representa a ningún grupo de bacterias en particular pero tienen una gran utilidad para evaluar la calidad de las aguas, ya que reflejan la carga total microbiana. Su desarrollo se ve favorecido por cantidades relativamente altas de materia orgánica biodegradable, en presencia de

oxígeno, su temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre los 20-37°C y bajas concentraciones de cloro residual. El descenso de temperatura y las radiaciones ultravioleta solares sobre las capas superficiales del agua pueden tener efectos letales sobre estos microorganismos (Espigares et al, 2001).

2.6. Marco Legal

La Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC), reglamenta los valores guía para los diferentes cursos de agua. Clasifica a los cursos de agua de la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro en función de los diferentes usos del recurso, conformándose en las siguientes categorías (Cifuentes & Labollita 1996):

- Uso I: Agua superficial destinada para consumo humano con tratamiento convencional.
- Uso II: Agua para Actividades recreativas con contacto directo.
- Uso III: Agua para Irrigación.
- Uso IV: Protección de vida acuática.

Esta reglamentación vigente es aplicable a la laguna San Lorenzo ya que se trata de un depósito aluvial perteneciente al cauce del Río Limay. Se considerará para la presente investigación, que el agua de esta laguna cumpla con la especificación para el uso de la categoría IV propuesta por la Autoridad.

De acuerdo a lo pautado por la AIC, las aguas que garanticen la protección de la vida acuática, en cuanto a los criterios microbiológicos pueden contener hasta un nivel de 200 NMP/100 ml de coliformes fecales y de 1000 NMP/100 ml de coliformes totales (Anexo I).

En Argentina, más precisamente en la provincia de Neuquén, no existe normativa que establezca parámetros guía sobre las bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales en agua superficial destinada para la Protección de vida acuática.

3. ANTECEDENTES

Los estudios relacionados con análisis microbiológico de la calidad del agua superficial son amplios en el ámbito nacional e internacional, a continuación se describen antecedentes que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación.

- **A nivel Internacional**

En el 2010 en península de Osa, Costa Rica, se evaluó el estado de las aguas con posible presencia de coliformes fecales. En dicho estudio se usó el método de fermentación en tubos múltiples para determinar bacterias coliformes, según el procedimiento descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Waste water. Se concluyó que la mayoría de los cuerpos de agua de la península no se podrían utilizar para fines recreativos de contacto primario, para acuicultura o para el riego de cultivos que se consumirían crudos, ya que sobrepasaban el límite máximo permisible. Los autores se basaron en el Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales, que establece como guía valores inferiores a los 1000 NMP/100 ml en su concentración de coliformes fecales (Mora & Calvo, 2010).

- **A nivel Nacional**

Por su lado, García y Salinas en el 2008, luego de un análisis fisicoquímico y bacteriológico de las aguas del riacho Formosa de la ciudad de Formosa, concluyeron que si bien las aguas sin potabilizar no son óptimas para consumo humano y que si sería apta para uso recreativo con contacto directo, cabe mencionar que no se aconsejó su utilización por tratarse de un estudio de carácter exploratorio, y por la gran cantidad de vertidos que sufriría el cauce hídrico en su paso por la ciudad. Los autores expresaron los resultados de los ensayos en NMP/100 ml y se basaron en valores límites para consumo humano del Código Alimentario Argentino.

Más adelante, Nadal (2012) en su informe sobre el embalse San Roque (Córdoba, Argentina), establecía la necesidad de realizar muestreos frecuentes para tener una cantidad de muestras significativas que permitirían tener un control más estricto de la calidad del agua para uso recreativo, bajo los valores guías establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados

Unidos EPA, Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil CONAMA y el Consejo de la Comunidad Europea CCE. Consideraron que este cuerpo de agua era eutrófico y recibía descargas directas e indirectas de efluentes cloacales, por este motivo hicieron referencia a la utilización de bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* con la técnica de fermentación en tubos múltiples para su cuantificación.

- **A nivel Regional**

Godoy, por su parte en su trabajo de tesis en el 2014, evaluó la calidad microbiológica del agua en el tramo del canal principal Barda del Medio, Cinco Saltos, provincia de Río Negro. Realizó un recuento de bacterias heterótrofas aerobias totales y recuento de coliformes fecales. Dentro de los resultados obtuvo valores de bacterias heterótrofas aerobias totales dentro de los rangos normales de aguas superficiales y los valores de coliformes fecales en el agua del canal en Barda del Medio se hallaban dentro de los límites establecidos para agua de riego, mientras que en Cinco Saltos el 50% de las muestras excedió dichos límites, lo que podría estar asociado a descargas eventuales de aguas residuales. Comparó los valores con los establecidos por la Guía Canadienses de Calidad del Agua (1987) y límites establecidos por la OMS (1989) y concluyó finalmente que en cuanto a su uso como agua para recreación, no existiría riesgo sanitario, sin embargo evidenció su inaptitud para consumo humano, aunque ambos usos no están habilitados por las autoridades de aplicación.

En el año 2016 en la Universidad Nacional de Río Negro, se realizó un estudio con el objetivo de evaluar los parámetros microbiológicos de calidad de agua en el estuario del río Negro, empleando el método tradicional de Número Más Probable (NMP) para *Escherichia coli* incorporando para el género *Enterococcus* el método de filtración por membrana. En el mismo trabajo se logró hacer una comparación entre ambos métodos y se reconoció la eficiencia de las bacterias coliformes como indicadora de contaminación. Además se propuso generar políticas públicas orientadas a la toma de medidas tendientes a limitar el impacto antrópico, evitando que la degradación observada se incremente, con el objeto de preservar una fuente importante para la vida del hombre en la región, y para el mantenimiento de la biodiversidad (Cambruzzi, 2016).

Bustillo en su trabajo de tesis en el 2014, desarrollaba un estudio sobre la laguna San Lorenzo donde evaluaba la aproximación a riesgos asociados a la calidad ambiental en la zona de la Laguna, con la utilización de bacterias coliformes fecales, coliformes totales y bacterias mesófilas totales aerobias en su análisis microbiológico. Los valores superaron los parámetros establecidos en legislación provincial, nacional e internacional y la Organización Mundial de la Salud (OMS), evidenciando que las condiciones ambientales, calidad del Agua y Suelo y habitacionales no eran las adecuadas ni seguras.

En el trabajo de Tesis de Araujo 2011, realizado en la Universidad Nacional del Comahue se describieron a grandes rasgos los resultados del análisis de la composición microbiológica de contaminación fecal del arroyo Durán en cuatro estaciones climáticas. En el mismo se determinaron la presencia de bacterias coliformes fecales y coliformes totales en sectores de descargas de efluentes cloacales, sin diferencias significativas entre las distintas estaciones del año. Con respecto a las bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales (BMHAT) la autora explicaba que en las estaciones de mayor temperatura había un aumento significativo con respecto a la estación fría, esto también se debía a la descarga de efluentes industriales o domiciliarios.

Un estudio más reciente fue realizado por Gómez (2017), en la Universidad Nacional del Comahue, quien evaluó la calidad ambiental del agua de los balnearios habilitados del río Limay, en la ciudad de Neuquén, a través de la presencia del grupo *Enterococcus*. La autora emplea la Técnica del Número Más Probable para el aislamiento y recuento de *Enterococcus* concluyendo que las condiciones climáticas y parámetros fisicoquímicos en las diferentes estaciones no eran un condicionante para la presencia de dicho grupo de bacterias. Así también sostiene que se debe tener un monitoreo periódico del lugar, ya que los resultados superarían los valores permitidos y podrían generar un riesgo a la sociedad y al ambiente mismo.

4.OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Caracterizar mediante análisis bacteriológico el agua procedente de la laguna San Lorenzo-Neuquén con el fin de evaluar su calidad ambiental.

4.2. Objetivos Específicos

- Realizar muestreos en puntos específicos de la laguna San Lorenzo mediante el procedimiento oficial de las tomas de muestra para realizar los análisis bacteriológicos.
- Realizar el recuento en placa para bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales.
- Determinar el NMP de microorganismos coliformes totales y fecales mediante la técnica de fermentación de tubos múltiples para miembros del grupo coliformes.
- Analizar los resultados obtenidos mediante comparación con los niveles establecidos por la AIC.

5. METODOLOGÍA

A continuación se describe el área de estudio, ubicación de puntos de muestreo, trabajo de campo y selección de métodos para los análisis microbiológicos.

5.1. Área de Estudio

La Laguna San Lorenzo se encuentra en la ciudad de Neuquén, entre las calles Necochea (hacia el oeste), República de Italia (al Sur), Coronel Eduardo Racedo con Rafaela (al Norte) y Domingo Matheu con Campora (al este), con una superficie de 7.7 ha a las cuales se le suman 9.3 ha de espacio verde “Toma de La Paz” (Figura1).

La Laguna surge a raíz de la extracción de áridos para la construcción del Aeropuerto Internacional de Neuquén. La misma constituía un depósito aluvial perteneciente al cauce del Río Limay, ya que el propio río lo fue clasificando y almacenando a lo largo de miles de años. Al ubicarse próxima al río Limay y a fin de reducir el costo de transporte, se convierte en un punto de extracción muy próximo al área urbana. Esta cantera ha sido excavada por debajo del nivel freático del terreno, y tras cesar su explotación, el agua afloró a la superficie rellenando en poco tiempo la depresión practicada al extraer los áridos, pudiendo ser usado el área como zona deportiva y de recreación o como hábitat adecuado para albergar fauna silvestre.

Es un área creada mediante Ordenanza Municipal N° 10113/04, como “Patrimonio Natural Ecológico” bajo la categoría de Monumento Natural en el año 1993, con el objeto de proteger el ámbito físico y promover el mantenimiento de la diversidad biológica (Vejsbjerg, Calfio & Heredia, 2002).



Figura N°1. Área de estudio "laguna San Lorenzo".

A: Imagen satelital con la ubicación de la laguna en el sector oeste de la ciudad de Neuquén.

B: Detalle del área de estudio "laguna San Lorenzo".

Fuente: Google Earth (2018).

5.2. Ubicación de puntos de Muestreo

Se seleccionaron cuatro puntos de muestreos alrededor de la laguna, en cada punto se registraron las coordenadas geográficas con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), las cuales se detallan en la tabla N°1 y en la figura N°2.

Tabla N° 1. Puntos de muestreos.

Muestreo	Descripción	Coordenadas Geográficas
M1	calle Campora	38° 56' 41.2'' S – 68° 07'55.0'' O
M2	calle Rafaela	38° 56' 37,1'' S – 68° 07'48.5'' O
M3	calle Necochea	38° 56' 36.05'' S – 68° 07'54.0''O
M4	calle Italia	38° 56' 37.8'' S – 68° 07'59.5'' O



Figura N°2. Puntos de muestreo en la laguna San Lorenzo.

Fuente: Google Maps, (2018).

5.3. Trabajo de Campo

Se realizaron dos recorridos previos con la finalidad de conocer el área de estudio y de esta manera determinar la mejor accesibilidad a los sitios de muestreo. Fueron dos estaciones del año consecutivas (Junio, Julio, Noviembre y Diciembre de 2017) que se eligieron para realizar el estudio.

La toma de muestras se realizaron de acuerdo a las especificaciones establecidas en el American Public Health Association (APHA) para examen microbiológico (APHA, 1992). Se colectaron muestras de agua en frascos estériles de 120 ml de capacidad sumergiéndolos por lo menos 50 cm de profundidad (Figura N°3).

Las cuatro muestras fueron debidamente rotuladas (Figura N°4), etiquetadas con fecha, número de muestra y la temperatura del agua en el momento de toma (Figura N°5). Inmediatamente fueron trasladadas en conservadora portátil hasta el Laboratorio de Microbiología de FACIAS, donde fueron procesadas.



Figura N°3. Toma de muestra.



Figura N°4. Rotulado de la muestra.



Figura N°5. Medición de la temperatura del agua.

5.4. Procesamiento de la Muestra

Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Microbiología de FACIAS de la Universidad Nacional del Comahue, en envases cerrados herméticamente, resguardadas de la luz y refrigeradas.

Los medios de cultivo utilizados para el análisis microbiológico fueron esterilizados en autoclave a una temperatura de 121°C y a 1atm de presión, durante un período de 15 min, mientras que el material de vidrio se esterilizó en estufa a una temperatura de 180° C durante 1 h.

Para la caracterización microbiológica de las muestras de agua obtenidas de la Laguna San Lorenzo, se utilizaron dos métodos:

- Recuento en placa de bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales (APHA, 1992).
- Recuento de coliformes fecales y coliformes totales por medio de la Técnica de Fermentación en Tubo Múltiple: Colimetría (APHA, 1992).

Recuento de mesófilos heterótrofas aerobias totales en agua.

Técnica de recuento en placa: Se realizaron las diluciones de las cuatro muestras en relación a la carga microbiana que se sospechaba, a continuación se sembraron 0,1 ml de cada una de las diluciones realizadas en una placa con agar nutritivo y se incubaron 48 hs a 35°C. Se realizaron los conteos de las placas que presentaban entre 30-300 colonias de bacterias y los resultados fueron expresados como UFC (Unidades Formadoras de Colonias) por mililitro de muestra (UFC/ml) (Manacorda, 2014).

Recuento de coliformes fecales y coliformes totales por medio de la Técnica de Fermentación en tubo Múltiple: Colimetría.

Dicha técnica consta de tres etapas: la prueba presuntiva, la prueba confirmatoria y la prueba completa.

Recuento de coliformes totales:

1° Prueba presuntiva: Se sembraron diluciones seriadas de las cuatro muestras en medio Mac Conkey. Se incubaron 48 hs. a 35°C. La reacción se consideraba negativa si el tubo mantenía la misma tonalidad azul del medio Mac Conkey (Figura 6) y a positividad se interpretaba por viraje del indicador y/o producción de gas (Figura7).

2° Prueba confirmatoria: Se inocularon cada uno de los tubos con Caldo Lactosa Verde Brillante Bilis (CLVBB) con cada tubo de Mac Conkey positivos utilizando un ansa estéril y se incubaron a 35 °C ± 0,5 °C durante 48 horas. La formación de gas indicó resultado positivo, no así la turbidez (Figura 8).

Recuento de coliformes fecales:

1° Prueba presuntiva: Se sembraron diluciones seriadas de las cuatro muestras en medio Mac Conkey. Se incubó 48 hs. a 35°C. La positividad se interpreta por viraje del indicador y/o producción de gas.

2° Prueba confirmatoria: Se inocularon cada uno de los tubos con caldo EC (caldo preparado con sales biliares que inhiben el crecimiento de la flora acompañante) con cada tubo de Mac Conkey positivo con un ansa estéril y se incubaron en baño de agua a 44°C ± 0,2°C durante 24 horas (prueba de alta temperatura). Los resultados fueron positivos con la presencia de gas (Figura 9).

La cuantificación de las bacterias coliformes se realizaron por medio del método NMP (Manacorda, 2014).

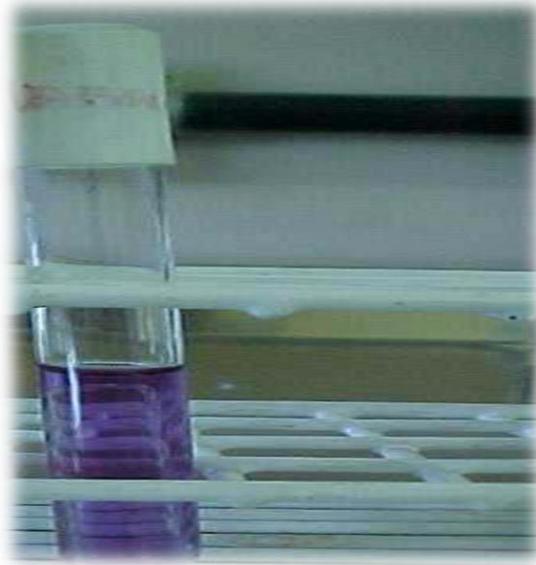


Figura N°6. Tubo Mac Conkey con reacción negativa.



Figura N° 7. Tubo Mac Conkey con reacción positiva.



Figura N° 8. Tubo de CLVBB con reacción positiva a coliformes totales.



Figura N° 9. Tubo positivo de EC para coliformes fecales.

6. RESULTADO Y DISCUSIÓN

6.1. Temperatura tomada en los sitios de muestreo en los cuatro meses de estudio.

Los valores de temperatura registrados fueron aumentando con el transcurso de los meses de estudio. Se pudo observar que en el sitio 3, de los cuatro muestreos, la temperatura medida fue un poco más elevada. Esto se debía a que se encontraba más desprotegido de la vegetación, el nivel de agua era más bajo y había una exposición al sol mucho más directo (Tabla N°2).

Tabla N° 2. Temperatura del agua en los distintos muestreos en los cuatro meses de estudio.

Muestreo	Mes	Sitio			
		Temperatura en °C			
M1	Junio	Sitio 1	1	Sitio 3	1,1
		Sitio 2	1	Sitio 4	1
M2	Julio	Sitio 1	7	Sitio 3	7,2
		Sitio 2	7	Sitio 4	7
M3	Noviembre	Sitio 1	15	Sitio 3	15.6
		Sitio 2	15	Sitio 4	15
M4	Diciembre	Sitio 1	21	Sitio 3	22
		Sitio 2	21	Sitio 4	21

6.2. Recuento de bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales (BMHAT).

Los valores obtenidos del recuento en placa para bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales expresados en UFC/ml en los distintos sitios de muestreo, se pueden observar en la Tabla N° 3 y Gráfico N° 1.

Tabla N°3. Recuento en placa para bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales (BMHAT) expresados en UFC/ml en los distintos de muestreos en los cuatro meses de estudio.

PRIMER MUESTREO	Sitios de muestreo	UFM/ml
JUNIO	1	$9,6 \times 10^4$
	2	$4,25 \times 10^4$
	3	$9,8 \times 10^4$
	4	N/E
SEGUNDO MUESTREO		
JULIO	1	$6,7 \times 10^4$
	2	$3,65 \times 10^4$
	3	$7,6 \times 10^4$
	4	$6,7 \times 10^4$
TERCER MUESTREO		
NOVIEMBRE	1	15×10^4
	2	10×10^4
	3	8×10^4
	4	8×10^4
CUARTO MUESTREO		
DICIEMBRE	1	$15,5 \times 10^4$
	2	$13,5 \times 10^4$
	3	$17,5 \times 10^4$
	4	$10,15 \times 10^4$

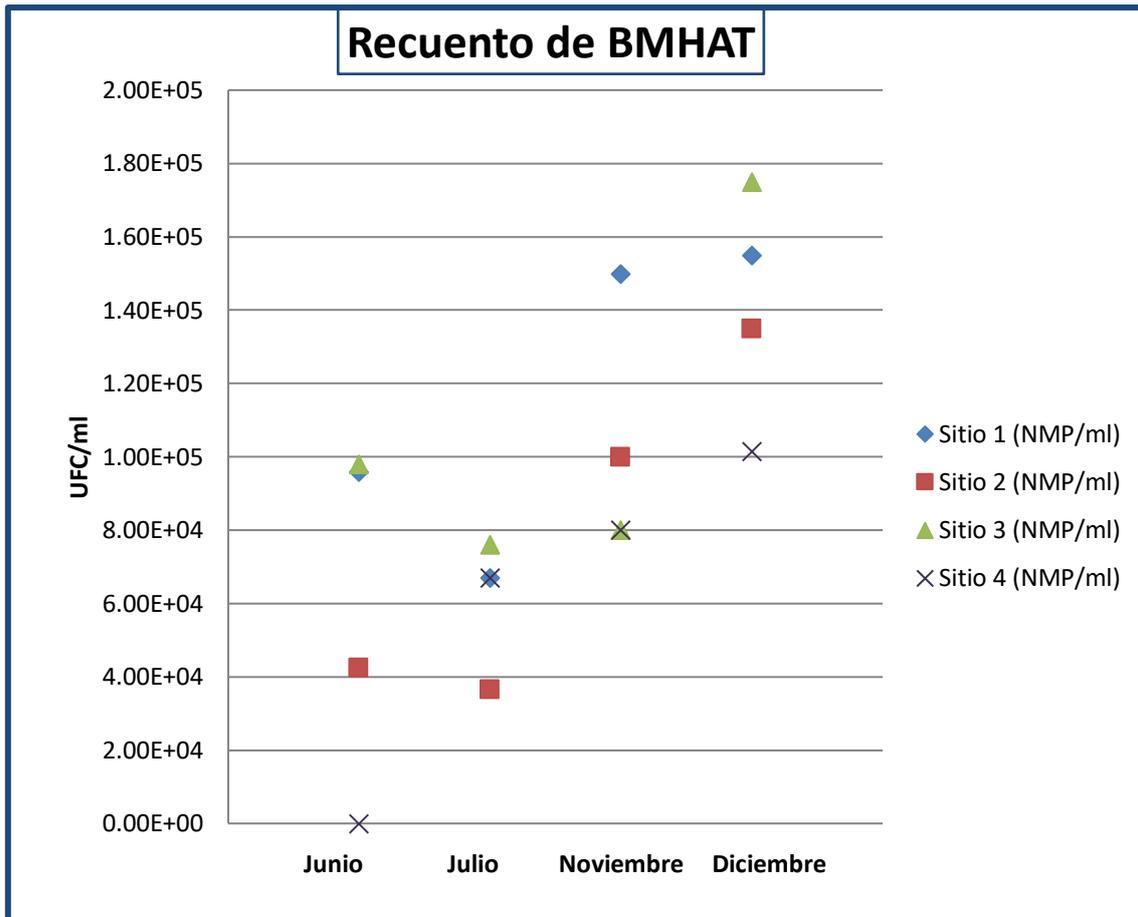


Gráfico N°1. Relación obtenida del recuento de BMHAT, en los diferentes sitios de muestreo en los cuatro meses de análisis.

De acuerdo a los resultados obtenidos, notamos un mayor porcentaje de BMHAT en los meses Noviembre y Diciembre, en los cuales se observaron los mayores registros de temperatura (Figura N°7).

En el sitio 3 el valor de BMHAT fue superior al del resto de los sitios en los cuatro muestreos realizados, lo que podría estar relacionado, entre otros factores, con la mayor incidencia de luz solar.

Araujo, (2011) afirmaba que el recuento de BMHAT en el Arroyo Durán, tuvo un incremento en la estación primavera-verano debido a la temperatura favorable, a mayor disposición de nutrientes y a un aumento de la incidencia de la luz solar. Como así también a descargas de efluentes sin tratamiento en determinadas épocas del año y un aumento de materia orgánica por un afloramiento de cianobacterias.

Por otro lado, Bustillo (2014), confirmaba que la presencia de bacterias heterótrofas totales en las muestras de suelo de la laguna San Lorenzo fue mayor que en las muestras de agua. El hecho pudo corresponder principalmente al fácil acceso de animales domésticos (perros específicamente), donde sobre la margen de la laguna depositan sus heces.

6.3. Recuento de bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales.

Los resultados obtenidos de NMP/ml para bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales en los distintos sitios de muestreo se pueden observar en la Tabla N° 4, Gráfico N° 2 y Gráfico N° 3.

Tabla N° 4. Cálculo del valor del NMP para bacterias coliformes fecales y bacterias coliformes totales expresados en NMP/ml en los distintos sitios de muestreo.

PRIMER MUESTREO	Sitios de muestreo	coliformes fecales NMP/ml	coliformes totales NMP/ml
JUNIO	1	4	9
	2	9	9
	3	15	43
	4	43	43
SEGUNDO MUESTREO			
JULIO	1	23	23
	2	93	21
	3	240	240
	4	29	16
TERCER MUESTREO			
NOVIEMBRE	1	>1100	>1100
	2	>1100	210
	3	460	460
	4	210	210
CUARTO MUESTREO			
DICIEMBRE	1	>1100	>1100
	2	>1100	>1100
	3	>1100	>1100
	4	>1100	>1100

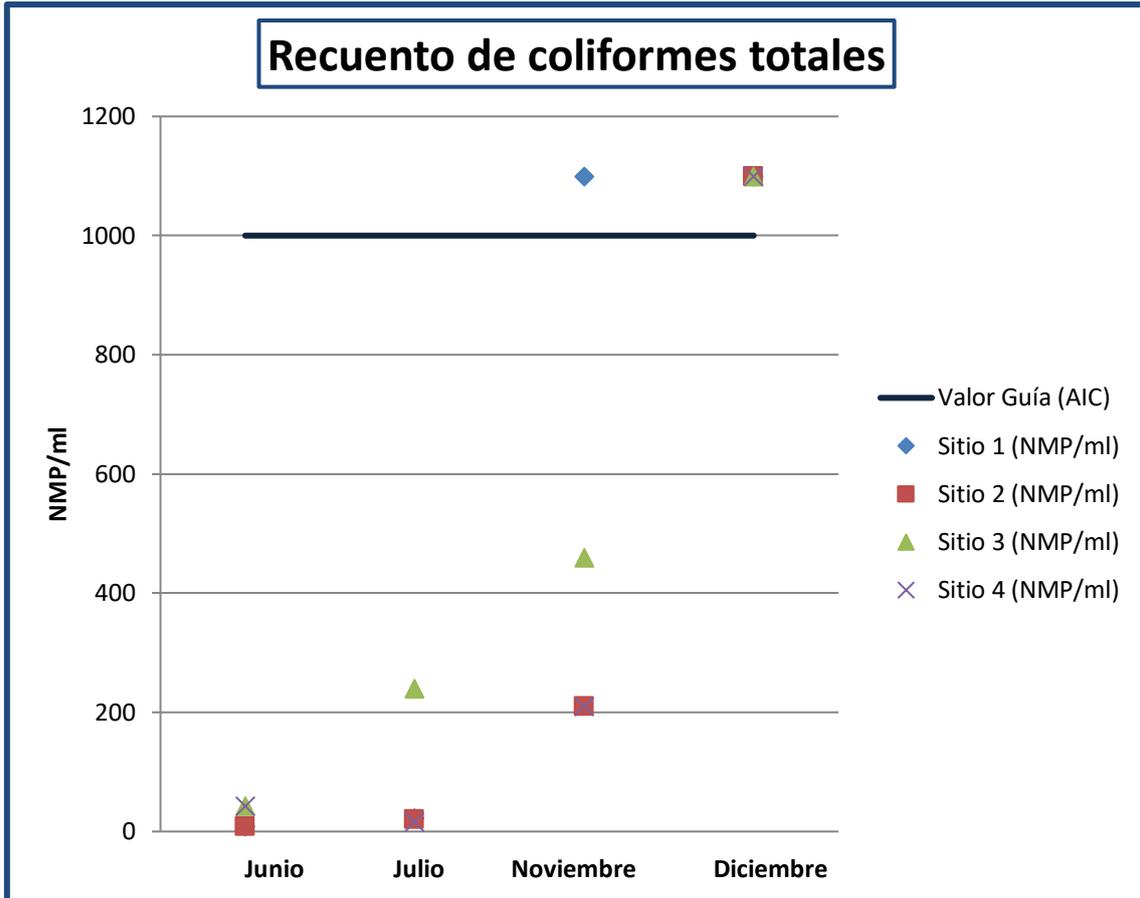


Gráfico N° 2. Relación obtenida de los valores de coliformes totales en los distintos muestreos en los meses de estudio.

En los meses de Junio y Julio, se observaron una concentración de bacterias coliformes totales muy por debajo del valor admisible propuesto por la AIC (1996). En el tercer muestro, solo en el primer sitio se superó el valor establecido, en cambio para el caso del último muestreo que se realizó en diciembre, en los cuatro sitios los valores de coliformes totales fueron muy superiores al valor admisible por la AIC.

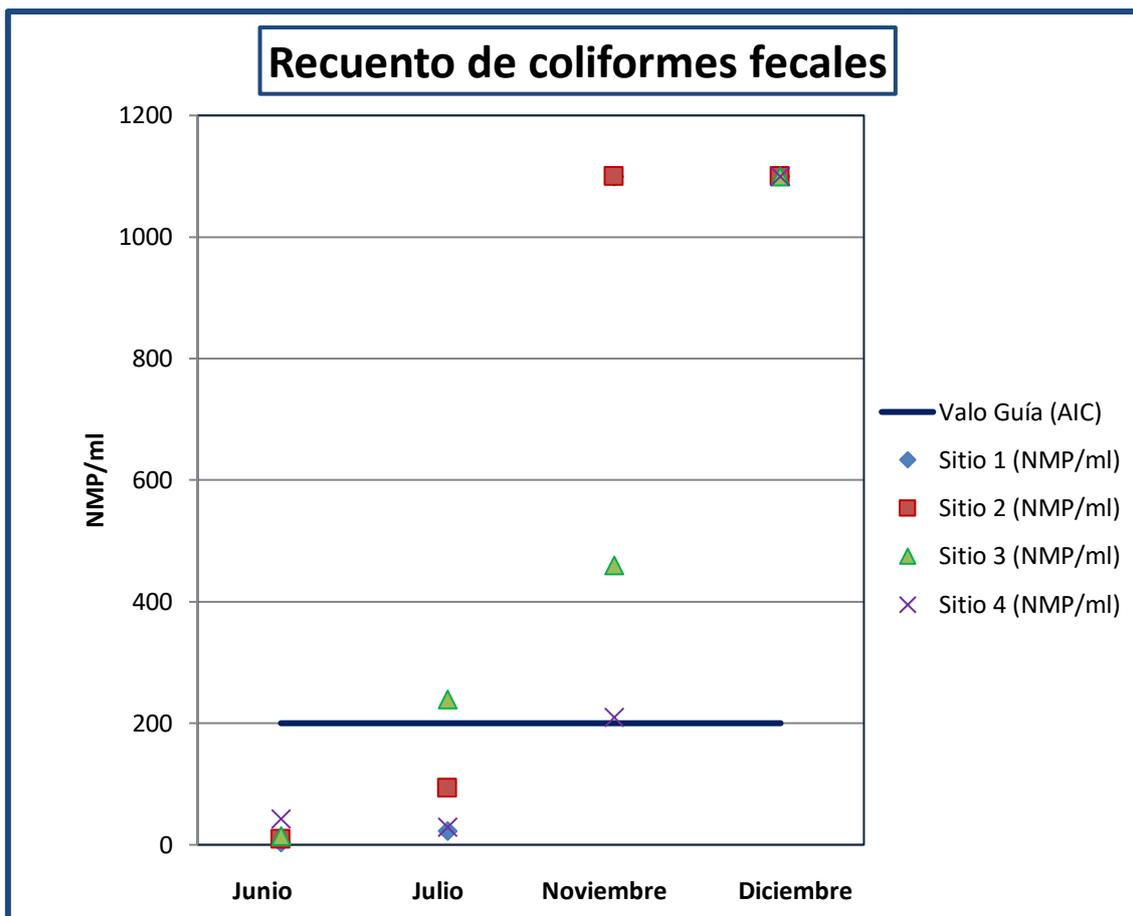


Gráfico N° 3. Relación obtenida de los valores de coliformes fecales en los distintos muestreos en los meses de estudio.

En relación a los valores de coliformes fecales, se encontró que en el primer muestreo en Junio no se superó el límite obligatorio propuesto por la AIC (1996). En el segundo muestreo en Julio hay un pico de concentración en el tercer sitio con un valor de 240 UFC/100ml.

Finalmente, en el tercer y cuarto muestreo correspondiendo a los meses de Noviembre y Diciembre, la concentración de bacterias coliformes fecales en todos los sitios superó de manera superlativa al valor límite establecido por la AIC.

El estudio realizado por Bustillo (2014), en la laguna San Lorenzo, comprobó una alta concentración de coliformes fecales en agua. Sin embargo, en el muestreo de suelo no dio resultados positivos, pero no descarta la posibilidad de contaminación biológica y como consecuencia, la consideración como medio indirecto de acceso de enfermedades.

García, F., Torres, J. & Vergara, S. (2011) afirmaron que, la variación en la concentración de bacterias coliformes en los cuerpos de agua es motivo a la cercanía de los centros poblados, ya que estos en su totalidad vierten sus efluentes sin ningún tratamiento. A la vez, la incorporación de materia orgánica y consecuentemente la modificación del pH puede propiciar las condiciones adecuadas para el desarrollo de microorganismos. La variación de la temperatura, la humedad, la nubosidad, la pluviosidad, entre otros factores climáticos, pueden también originar que varíen las poblaciones de microorganismos en las distintas estaciones del año.

Sin embargo, las bacterias indicadoras de contaminación sólo sobreviven lapsos cortos de tiempo en las aguas, por lo que una prueba positiva puede tomarse, por lo general, como evidencia de contaminación reciente. Algunos ríos, lagos y lagunas en la actualidad están tan contaminados con aguas residuales que se ha encontrado que las bacterias coliformes no sólo sobreviven cortos periodos, sino que mantienen una población significativa mediante multiplicación lenta a partir de sustancias orgánicas en las diversas estaciones del año. Este fenómeno se reportó en varios estudios (Fujioka et al., 1982; Rivera et al., 1988), donde también se demuestra que pueden ser parte de la microflora ambiental en ambientes acuáticos de climas tropicales.

7.CONCLUSIONES

De la evaluación microbiológica de la Laguna San Lorenzo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- ✓ El mayor porcentaje de coliformes fecales fue en los meses de mayor temperatura que corresponden a noviembre y diciembre, ya que es un factor importante para la supervivencia y multiplicación de estos microorganismos. La presencia de estas bacterias en las muestras analizadas indica una contaminación de origen fecal.
- ✓ Se observa también, altos niveles de bacterias coliformes totales en los meses de noviembre y diciembre. La presencia de éstas en las muestras tomadas confirma un estado de degradación del agua de laguna.
- ✓ También se encuentra una mayor concentración de bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales en los últimos meses de muestreo. Su presencia nos indica junto con las bacterias coliformes que la laguna San Lorenzo presenta un estado de degradación y contaminación que aumenta en la estación más calurosa del año.

Es importante mencionar que estos resultados podrían estar relacionados con el estancamiento del agua por ausencia de renovación y por infiltraciones que recibe la laguna de origen desconocido proveniente de tuberías soterradas.

Analizar el estado actual del agua de la laguna San Lorenzo fue importante para determinar sus condiciones bacteriológicas y si las mismas se encontraban dentro de los valores establecidos por la AIC.

8. RECOMENDACIONES

A partir de los datos relevados durante el desarrollo de ésta tesis y con el resultado alcanzado, se sugiere generar un punto de partida para futuras investigaciones a nivel local, sobre la importancia de las bacterias coliformes fecales y coliformes totales conjuntamente con las bacterias mesófilas heterótrofas aerobias totales como indicadores de contaminación de las aguas superficiales.

Es recomendable seguir una línea de investigación de otros grupos de microorganismos de calidad sanitaria como *Pseudomona saeruginosa* y *Enterococcus* sp para profundizar aún más los estudios de la laguna San Lorenzo.

Además surge la necesidad de realizar los muestreos más frecuentemente, a fin de obtener una cantidad de muestras significativas que permitan tener un control más estricto de la calidad microbiológica del agua de la laguna San Lorenzo y una base histórica de datos más amplia.

Es necesario implementar estrategias para reducir la contaminación por residuos sólidos, infiltraciones y un punto importante también sería el control de la proliferación de mosquitos ya que al tratarse de un ambiente húmedo se convierte en un ambiente ideal para los mismos.

Es de suma importancia establecer una conducta ciudadana entre los vecinos para conservar y manejar adecuadamente éste ecosistema y su biodiversidad.

Se propone dejar a disposición de las autoridades municipales competentes, una copia de la presente investigación como antecedente para futuros monitoreos.

9. BIBLIOGRAFÍA

APHA (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18 th edition*. American Public Health Association, Washington D.C.

Araujo, C. M. (2011). *Análisis de la composición microbiológica indicadora de contaminación fecal del Arroyo Durán, en las cuatro estaciones climáticas*. FACIAS - Universidad Nacional del Comahue. Neuquén.

Arcos, M., Villa, S., Torres, S & Gómez, C. (2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. NOVA., 3 (4), 69-79.

Arias, I. (2008). *Recursos hídricos en América Latina: planificación es la estrategia*. Tecnología en Marcha., 21 (1), 161-173.

Bracho, V., Bravo, C., Cedolín, R., Gómez, S., Rojas, R Tridente, C. & Valbuena, M. (2010). *Contaminación del agua*. Ministerio del poder popular para la educación. San Francisco., U.E.P.

Bustillo, N. (2014). *Aproximación a riesgos asociados a la calidad ambiental en la zona de la Laguna San Lorenzo, ubicada en el oeste de la ciudad de Neuquén en el período 2014*. Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Neuquén.

Bofill, S., Clemente, P., Albiñana, N., Maluquer, C., Hundesa, A & Girones, R. (2005). *Efectos sobre la salud de la contaminación del agua y alimentos por virus emergentes humano*. Rev Esp Salud Pública., II. (79), 253-269.

Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, O., Serrano, B.& Velázquez, O. (2009). *Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*. Facultad de Química. México: UNAM.

Cambuzzi, N. (2016). *Indicadores de Contaminación Microbiológica del Río Negro*. UNRN. Sede Atlántica.

Campos, C. (1999). *Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de aguas residuales para riego agrícola*. Universidad de Barcelona., Facultad de Biología .

Campos, P. (2001). Indicadores de Contaminación fecal en aguas. En A. F. Cirelli., C. Díaz Delgado, C. Fall, S. E. Garrido Hoyos. & D. García Pulido (Edits), *Agua Potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. México: CYTED XVII.

Cifuentes, O, & Labollita, H. (1996). *Propuesta de niveles guías de calidad para las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro*. Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). Secretaría de Gestión Ambiental (SGA).

Espigares, M. (2001). *Higiene y Sanidad Ambiental*. Universidad de Granada., Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Granada, España: Campus Universitario de Cartuja.

Fujioka, R. S. & Navikawa, O. T. (1982). *Effect of sunlight on enumeration of indicator bacteria under field conditions*. Appl. Environ. Microbiol. 44: 395-401.

Garcia, L. A. & Salinas, R. (2008). *Estudio de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua del riacho*. Universidad Nacional de Formosa., Secretaria de Ciencia y Tecnología., Formosa.

García, F. T., Torres, D, J. & Vergara, E. S. (2011). Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos. *SCIÉENDO*. (14), 7-19.

Godoy, M. N. (2014). *Relevamiento del uso actual del canal principal de riego del alto Valle en el primer tramo (barda del medio – Cinco Saltos) y su calidad microbiológica del agua*. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén: FACIAS.

Gómez, C. L. (2017). *Indicadores Ambientales Sustentables y servicios ecosistémicos en el periurbano neuquino*. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén: FACIAS.

Geldreich, E. (1978). *Characterizing bacterial populations a in treated water supplies: A progress report*. International Seminar on Microbiological. Sao Paulo, Brasil.

Larrea, J. A., Rojas, M.M., Romeu, B. A., Rojas, N. M. & Heydrich, M.P. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas*. CENIC., 44. (3), 24-34.

López, S., Calderón, V., Videá, T., Ávila, J. & Mejía, T. (2004). *Manual de procedimientos de Bacteriología Médica*. (Ed), República de Nicaragua. MINSA- CNDR. C. 17. Pág. 314-324.

Manacorda, A. M., Álvarez, A. S., Pezzullo, S. D. & Cuadros, D. P. (2014). *Manual Práctico de Microbiología*. (Tercera edición. ed.). Neuquén., Argentina: Departamento de Ciencias del Ambiente.

Mora, J.& Calvo, G. (2010). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa*. CIPA. Costa Rica: Tecnología en Marcha.

Nadal, F., Ruiz, M., Rodríguez, M. I., Halac, S. & Olivera, P. (2012). *Evaluación de la calidad de agua para uso recreativo del embalse San Roque*. Instituto Nacional del Agua. Córdoba: Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos.

Osorio, J. & Valencia, B. (2016). *La percepción ciudadana de la calidad ambiental en la ciudad de Pereira*. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica De Pereira Facultad De Ciencias Ambientales. Programa De Administración Ambiental Pereira. Pereira, Colombia.

Pedley, S. & Pond, k. (2003). *Emerging Issues in Wate and Infectious Disease WHO press*. (Vol. II). France: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.

Pérez I, A. (2012). *Aproximaciones a técnicas de bio-construcción de viviendas como estrategias de residencia en asentamientos informales de Cipolletti y aportes desde el Saneamiento Ambiental*. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, Universidad Nacional del Comahue. Neuquén Capital.

Prescott, L ., Harley, J. & Kleint, J. (2002). *Nutrición, crecimiento y control bacteriano*. Allen, D. (Ed.), Microbiología. (C. G. Rasilla., Trad., Quinta edición. ed., págs. 99-145). McGraw- Hill. Madrid, España.

Rueda, E. (2000). *Contaminación del agua*. Buenos Aires. Recuperado el 16 de Noviembre. de 2017, de [http:// www.pharmaportal.com.ar/default.htm](http://www.pharmaportal.com.ar/default.htm).

Rivera SC, Hazen T. C. & Toranzo G. A. (1988). *Isolation of fecal coliforms from pristine sites in a tropical rain-forest*. Appl Environ Microbiol. 54:513–517

Rodríguez, S., Tremblay R., Hernández C., González, N., Santo, D. & Toranzo, G. (2012). *Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events*. Appl and Environ Microbiol. 78(15): 5160-5169.

Sánchez, L. & , Nickisch, M. (2013). *4ta Jornada Ambiente y Producción. El Agua*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Vázquez Silva, G., Castro Mejía, G., González Mora, I., Pérez Rodríguez, R. & Castro Barrera, T. (2006). *Biondicadores como herramientas para determinar la calidad del agua*. El Hombre y su Ambiente. UAM-X.

Vejsbjerg, L., Calvo, J. & Heredia, S. (2001). *Evaluación diagnóstica turística, recreativa y científica del Parque de los Dinosaurios*. Ciudad de Neuquén.

10. ANEXO

10.1. Tabla de valores guías propuestos por la AIC, 1996.

Valores provisorios propuestos como niveles guías de calidad de agua superficial en función de los diferentes usos del recurso (Marzo 1996).

Uso I: Agua superficial destinada al consumo humano con tratamiento convencional.

Uso II: Agua para irrigación.

Uso III: Agua para irrigación.

Uso IV: Protección de vida acuática.

PARAMETROS	UNIDAD	USOS				OBSERVACIONES
		I	II	III	IV	
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes totales	NMP/100ml	5000	1250	1000	1000(4)	
Coliformes fecales	NMP/100ml	1000	200	100	200	
MATERIA PARTICULADA						
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	(1)	ausente	450	(1)	
Turbiedad	UNT	(1)	(1)	(1)	(1)	
Transparencia	cm	(1)	(1)	(1)	(1)	
INDICADORES DEPOLUCIÓN ORGÁNICA						
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /l	> 5	> 5	5	> 4*	*Ver referencia Tabla B
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅ - 20°C)	mgO ₂ /l	< 3	< 3	< 3	< 3	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	(1)	(1)	(1)	(1)	
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/l					
Fósforo (P ₂ O ₅)	mg/l	(1)	(1)	(1)	(1)	
Clorofila a						
TEMPERATURA						
	°C	(1)		(1)		
COMPUESTOS NITROGENADOS						
Nitrógeno de Nitratos (NO ₃)	mg NO ₃ /l	10	10	< 5	(1)	
Nitrógeno de Nitritos (NO ₂)	mg NO ₂ /l	1	(1)	(1)	0,06	
Nitrógeno Amoniacal (NH ₄)	mg NH ₄ /l	0,05	(1)	(1)	(2)	
Kjeldahl - N	mg/l	(1)	(1)	(1)	(1)	
SALINIDAD E IONES ESPECÍFICOS						
pH	UpH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5 - 8,5	
Conductividad eléctrica	µs/cm	(1)	(1)	(1)	(1)	
Sólidos Disueltos totales	mg/l	500	500	500-3500	(1)	
Calcio (Ca)	mg/l	(1)	(1)	(1)	(1)	
Magnesio (Mg)	mg/l	(1)	(1)	(1)	(1)	
Sodio (Na)	mg/l	(1)	(1)	(1)	(1)	
Potasio (K)	mg/l	(1)	(1)	(1)	(1)	
Boro (B)	mg/l	1,0	(1)	0,5	0,75	
Flúor (F)	mg/l	1,5	1,5	1	(1)	
Cloruros (Cl)	mg/l	250	250	250	250	
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	200	250	250	(1)	
Bicarbonatos	mg/l	(1)	(1)	1,5	(1)	

Carbonatos	mg/l	(1)	(1)	(1)	(1)	
Dureza	mgCo ₃ /Ca/l	(1)	(1)	500	(1)	

1. No se adopta valor de referencia.
2. Nitrógeno Amoniacal depende de pH y temperatura según tabla A: "Guías recomendables para Nitrógeno Amoniacal".
3. Aguas muy buenas cuando el 80% del conjunto de muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas anteriores no es superior a dichos valores.

FIRMAS

.....

Cid, Nadia Solange

.....

Lic. Navarro, Cecilia

.....

Lic. Selzer, Paola