



Universidad de Nariño  
TANTVM POSSVMVS QVANTVM SCIMVS



¡EN DEFENSA  
DE LO NUESTRO!

# PILAS CON LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO GUAMUEZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA MICROBIANA  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE BIOLOGÍA MATEMÁTICA Y  
MATEMÁTICA APLICADA (GIBIMMA)  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD PÚBLICA



El conocimiento  
es de todos

Minciencias

# Proyecto

“Estudio de la diversidad de *Escherichia coli* y colifagos somáticos aislados de muestras de agua del Lago Guamuez (Nariño-Colombia)”



Universidad de Nariño  
TANTVM POSSVMVS QVANTVM SCIMVS



¡EN DEFENSA  
DE LO NUESTRO!



ISBN Obra independiente: 978-628-7509-64-1

Diseño e Ilustración:  
Natalia López Molano  
2022



# Presentación

El equipo de Investigación conformado por los grupos de Biotecnología Microbiana, Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA) y de Salud Pública, de la Universidad de Nariño, reúnen sus conocimientos en el proyecto titulado “Estudio de la diversidad de *Escherichia coli* y colifagos somáticos aislados de muestras de agua del Lago Guamués (Nariño-Colombia)”, financiado por la Gobernación de Nariño, la Universidad de Nariño y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), en el Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación en Ambiente, Biodiversidad y Hábitat, Convocatoria 818-2018 I+D+i Nariño, código 65200.

El objetivo principal del proyecto fue evaluar la calidad del agua de la Cocha utilizando los bioindicadores de contaminación fecal más representativos *E. coli* y colifagos somáticos. Basado en los resultados obtenidos durante su ejecución, se genera esta cartilla que contiene además de información general sobre la calidad del agua del Lago Guamués, reco-

mendaciones específicas para los habitantes aledaños a este, en lo referente al cuidado y manejo de esta fuente hídrica; en pro de conservar y mejorar su calidad ya que además de ser el cuerpo de agua más representativo en extensión en nuestro departamento, es una fuente importante de uso e intervención antropogénica, y se compone de una amplia biodiversidad de fauna y flora que es importante conservar.

La intervención antropogénica es la principal causa de contaminación del agua del Lago Guamués, por lo tanto, es importante puntualizar en los factores que inciden en el detrimento de la calidad del agua, con la finalidad de hacernos conscientes de su manejo y cuidado, y así corregir los factores que lo afectan, siendo esa la principal contribución de esta cartilla.

*Esperamos que la información contenida sea de interés y de utilidad para las personas directamente involucradas con las problemáticas de contaminación presentes en el lago Guamués.*



# Introducción

El agua es uno de los recursos fundamentales más importantes para la humanidad (Li, 2020; Pecl y col., 2017).

Las reservas de agua en embalses naturales y artificiales son útiles para aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos para las poblaciones (Pecl y col., 2017; Bajpai y col., 2019).

El desarrollo de la sociedad depende de la demanda del recurso hídrico (Li, 2020), sin embargo, la disponibilidad de agua tiende a escasear debido a la distribución espacial y temporal en nuestro planeta (Oki y Kanae, 2006), como también del desequilibrio derivado del cambio climático (Pecl y col., 2017) y las múltiples actividades antropogénicas que contribuyen a su contaminación (acuicultura, agricultura, emisión de aguas residuales), lo que además de crear un estrés considerable en los ecosistemas (Han y col., 2016), puede afectar la biodiversidad y la salud de los mismos

(Mijošek y col., 2020).

Algunos de los contaminantes más representativos en los cuerpos de agua incluyen, los de origen biológico, correspondientes a microorganismos como: *Escherichia coli* y *Salmonella*; los de origen químico como: pesticidas y herbicidas (Munira y col., 2018), arsénico (Saha y col., 2019), metales pesados (Mijošek y col., 2020), medicamentos y productos de cuidado personal (Bexfield y col., 2019); hormonas y disruptores endocrinos (Kong y col., 2020), fluoruros (Li y col., 2018), nitratos (Huan y col., 2020) y compuestos perfluorinados (Szabo y col., 2018). Estos factores aumentan los índices de contaminación del agua y representan un problema ambiental debido a la persistencia, toxicidad y posible bioacumulación en los reservorios (Motlagh y Yang, 2020).

Por otro lado, El Lago Guamuez (LG) más comúnmente conocido como laguna de la Cocha, es uno de los ecosistemas

más importantes en Colombia, corresponde al segundo cuerpo de agua más grande del país y se encuentra ubicado en el Departamento de Nariño (López y Palacios, 2015). Es un lago tropical de alta montaña que hace parte del humedal de importancia internacional RAMSAR, este sistema está localizado entre las coordenadas  $0^{\circ}50'-1^{\circ}15'$  de latitud norte y  $77^{\circ}05'-77^{\circ}20'$  de longitud oeste. Situado a una altura promedio de 2700 m.s.n.m., su área es de aproximadamente 39000 ha (Ministerio del medio ambiente, 2000).

Hasta hace algunos años el LG, fue considerado como oligotrófico o ultraoligotrófico, es decir, presentaba una muy baja contaminación ambiental (López y Palacios, 2015). Sin embargo, según lo descrito en el Plan de Manejo Integral del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha (2015), existen algunos factores que pueden contribuir con el deterioro de la calidad del agua del lago, entre ellos

se incluyen, procesos erosivos, sedimentación, presencia de asentamientos humanos cercanos a las fuentes de agua, deforestación y pérdida de biodiversidad (Plan de Manejo Integral del Humedal Ramsar Laguna de la Cocha, 2015).

De acuerdo con lo descrito por Price y Wildeboer (2015), la acuicultura intensiva corresponde a uno de los factores determinantes de la calidad de los cuerpos de agua. En el caso del LG, el cultivo de trucha arcoíris es una de las intervenciones antropogénicas más prevalentes. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de una de las jaulas de cultivo de trucha arcoíris establecida en el LG.

Además de la piscicultura, en las zonas aledañas existen actividades agrícolas las cuales se encuentran asociadas a la deforestación, actividades turísticas, y en general, los asentamientos humanos en las zonas aledañas, de manera

que el LG puede actuar como sumidero de contaminantes liberados de manera intensiva. Estos factores, sumados a la presencia de plantas invasoras contribuyen con el deterioro de la calidad del agua y como consecuencia con la biodiversidad (Quintero & Otero, 2006).

Teniendo en cuenta todo lo descrito, nos proponemos, por medio de esta cartilla, a sensibilizar a la población aledaña

al LG sobre los efectos que puede tener tanto a corto como a largo plazo el manejo no adecuado de este cuerpo de agua, además del manejo dado a las vertientes mayores o menores que fluyen y desembocan hacia el lago, ya que conducen directamente todos los contaminantes hacia este.



*Jaulas para la cría de trucha arcoiris en el lago Guamuez*



## Calidad del agua

El agua se considera como un recurso de circulación natural que se recarga constantemente (Oki y Kanoe, 2006). La calidad del agua afecta la salud humana y la biodiversidad ecológica, ya que la ingestión de agua es la principal vía de exposición de riesgo para la salud humana, y el agua es el elemento natural más activo que participa en la transformación del sistema ecológico (Li, 2020).

Con relación a la definición de la calidad del agua, su concepto es un desafío para las ciencias ambientales, pues debe definirse para diferentes tipologías de masas de agua y para diferentes ecorregiones (Vighi y col., 2006).



*Vista de la isla "La Corota" en el Lago Guamuez.*



En este sentido, de acuerdo con lo descrito por *Vighi y colaboradores (2006)* la Calidad Ambiental del agua se considera teniendo en cuenta las concentraciones de los parámetros físicos o químicos, o de los potenciales contaminantes. Estas concentraciones deben presentarse en niveles que garanticen la protección de las comunidades biológicas de los ecosistemas naturales.

En particular un cuerpo de agua de buena calidad:



Debería permitir que todas las etapas de desarrollo de los diferentes organismos acuáticos que lo habiten se completen con éxito.



No debería afectar el hábitat donde estos organismos se encuentran presentes en condiciones naturales.



No debería producir bioacumulación de sustancias que puede ser peligrosas para la biota (incluido el hombre) a través de la cadena trófica u otras rutas.



No debería reproducir condiciones capaces de alterar la estructura y funciones del ecosistema acuático.



# Normatividad

En Colombia, las normativas que rigen la reglamentación de la calidad del agua están amparadas en el Decreto número 1575 de 2007 expedido por el Ministerio de Ambiente, junto con las Guías para la calidad del agua potable emitidas por la OMS, por la directiva europea 98/83/CE1.

La normativa establece que el agua es apta para el consumo humano si se encuentra exenta de agentes infecciosos (organismos patógenos de origen entérico), productos tóxicos y contaminantes radiológicos, los cuales son factores que ponen en riesgo la salud de las poblaciones (OMS, 2019a).



Para hacer uso de los recursos hídricos se deben tener **planes integrales de manejo de los desechos** que pueden generarse en estos ecosistemas, aún más cuando es para producción acuícola.



# Organismos Bioindicadores



## ¿Qué es un organismo bioindicador?

Son plantas, plancton, animales y microorganismos, que son utilizados para evaluar la salud de un ecosistema natural en el medio ambiente (Parmar y col., 2016); presentan un comportamiento similar a los demás microorganismos de interés para los cuales funcionarán como indicadores, además de concentración y reacción frente a factores ambientales.

La mayor ventaja de su aplicación es que su manejo implica protocolos estandarizados, sencillos, rápidos y económicos que hacen eficaces los procedimientos. Una vez se ha demostrado la pre-

sencia de grupos de organismos bioindicadores en un ecosistema (muestra), se puede inferir que los microorganismos de interés se encuentran presentes en éste, bajo las mismas condiciones en las que se encontró al organismo bioindicador (Albertini, 2009).

Según lo descrito por Albertini (2009), para que un microorganismo funcione como bioindicador de contaminación fecal (De la Lanza y Hernández, 2011) debe reunir las siguientes características:



Debe encontrarse normalmente en la microbiota intestinal de individuos sanos.

Hacer parte exclusivamente de las heces de animales de sangre caliente.

Estar presente en el mismo momento en el que los microorganismos contaminantes de origen intestinal lo están.

Presentarse en altas concentraciones, lo que facilitará su aislamiento e identificación.

Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales de sangre caliente.

Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias contaminantes de origen fecal, al igual que su resistencia a los factores ambientales.

Deben ser organismos fáciles de aislar y cuantificar.

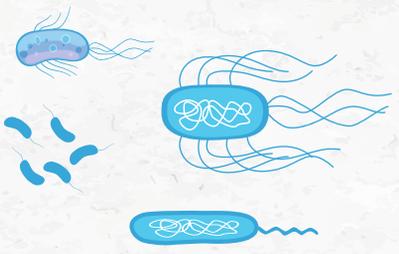
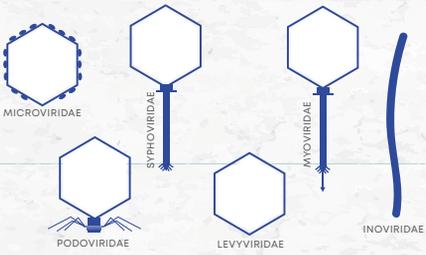




En este sentido, una forma ampliamente utilizada a nivel mundial para la detección del grado de contaminación fecal en ecosistemas acuáticos implica el uso y detección del grupo de las bacterias coliformes y *Escherichia coli* como bioindicadores (Wu et al., 2018; Yamaguchi y Goto, 2019).

Las enterobacterias de los géneros *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella*, *Citrobacter* y *Escherichia*, son buenos indicadores de contaminación fecal. *E. coli* es una bacteria que, por sus características, es uno de los principales bioindicadores de contaminación fecal en agua

(Price y Wildeboer, 2017; OMS, 2018b).

Tipos de Bioindicadores	Ejemplos
<p>Bacterias:</p> <p>Escherichia coli y otras Enterobacterias como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Enterobacter</li> <li>● Klebsiella</li> <li>● Serratia</li> <li>● Edwardsiella</li> <li>● Citrobacter</li> </ul>	
<p>Virus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Colifagos somáticos</li> <li>● Bacteriófagos F específicos</li> </ul>	

Otros bioindicadores importantes son los colifagos somáticos, virus con la capacidad de infectar *E. coli*, pero no a los seres humanos (Muniesa y col., 2003) y son los bioindicadores más abundantes en casi todas las muestras ambientales (Jebri y col., 2017).



# Factores que afectan la calidad del agua

La contaminación está relacionada directamente con la presencia y proliferación de organismos patógenos que afectan la salud, entre los que se incluyen, parásitos, virus, hongos y bacterias, agentes responsables de enfermedades como: cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A, hepatitis E y diarrea aguda (Moreno, 2020).

La razón principal se debe a que este recurso hídrico se destina para entornos domésticos e industriales, sin las respectivas medidas de tratamiento, de manera que la población se ve directamente expuesta (Moreno, 2020).

Con relación al diagnóstico de organismos patógenos realizado por el Ministerio del Medio Ambiente (2000) en la subcuenca del lago Guamuez, los cursos de agua que presentaron contaminación en aquella época fueron el río El Encano, quebrada El Motilón, quebrada San José y quebrada Quillinzayaco, los cuales corresponden a la zona de mayor concentración poblacional.



Igualmente, el Ministerio del Medio Ambiente (2002) sostiene que, estos ecosistemas han sido afectados por innumerables factores de intervención antropogénica, entre los que se destaca: las técnicas de manejo agrícola inadecuadas, la explotación desmesurada para el crecimiento de especies introducidas de peces con fines económicos como la producción y venta de la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris), el incremento de los vertimientos de aguas residuales en las fuentes hídricas, desechos de hidrocarburos generados por los motores de las lanchas, producción de carbón, turismo (López y Palacios, 2015), la deforestación progresiva del bosque natural primario, secundario y deterioro

del páramo azonal, ocasionado por la tala indiscriminada, los aprovechamientos ilícitos, y técnicas inadecuadas de manejo que, han generado un panorama alarmante con respecto a la calidad del agua e impacto en la salud de la población.

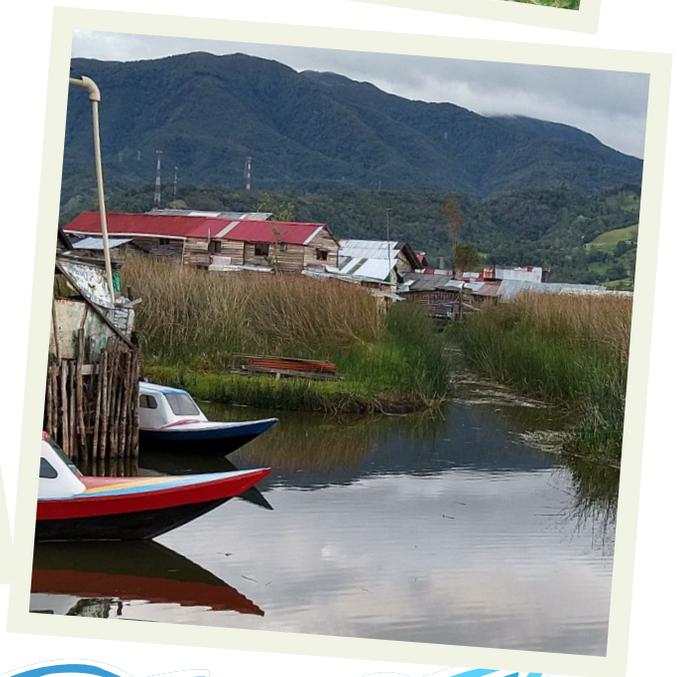
Asimismo, la frontera agrícola se amplía anualmente en 625 ha, debido a la baja disponibilidad de tierras para uso agrícola. Adicional, las políticas de desarrollo sectorial son inconsistentes y desarticuladas, aumentando la amenaza de destrucción de los humedales en Colombia (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).



# Estado de calidad del agua del Lago Guamuez

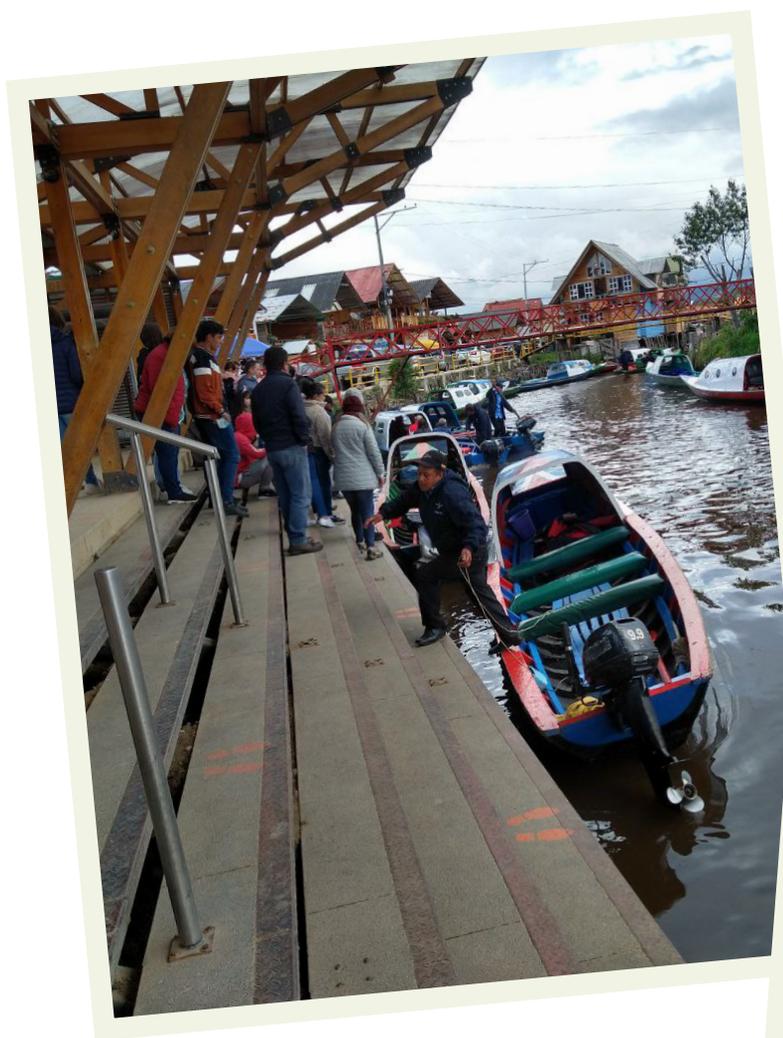
## Vertimientos:

En zonas aledañas a La Cocha o al Rio el Encano, se pueden observar malas condiciones de efluentes provenientes de asentamientos poblacionales en zonas aledañas que contribuyen con la contaminación



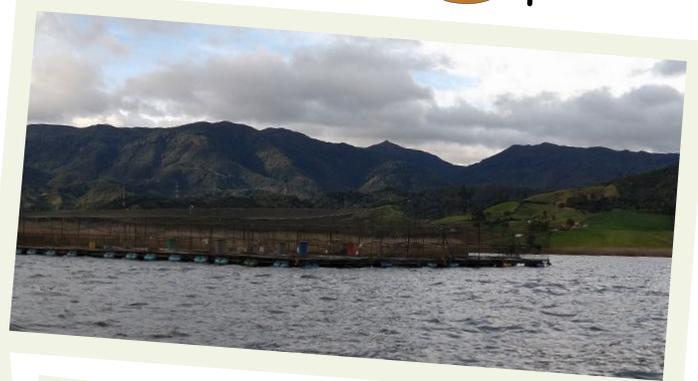
## Turismo:

Las actividades turísticas también contribuyen ya que en presencia de turistas aumentan de vertimientos, especialmente los fines de semana...  
...además las lanchas eliminan los productos de desecho del combustible en el agua



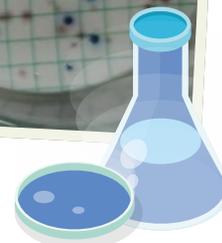
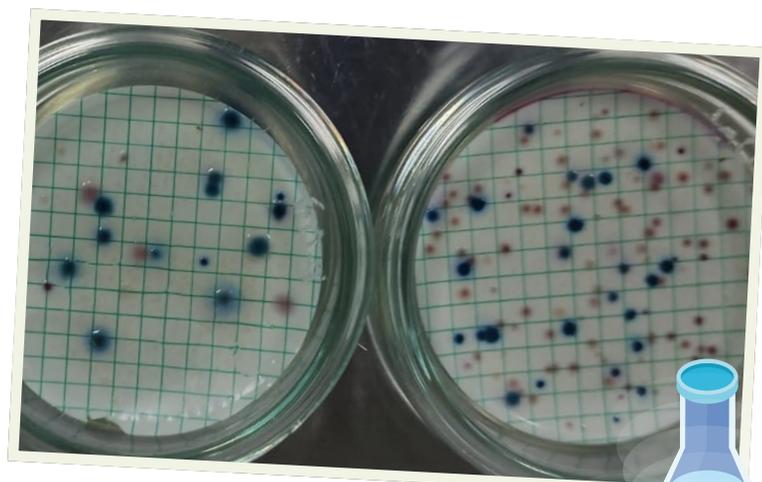
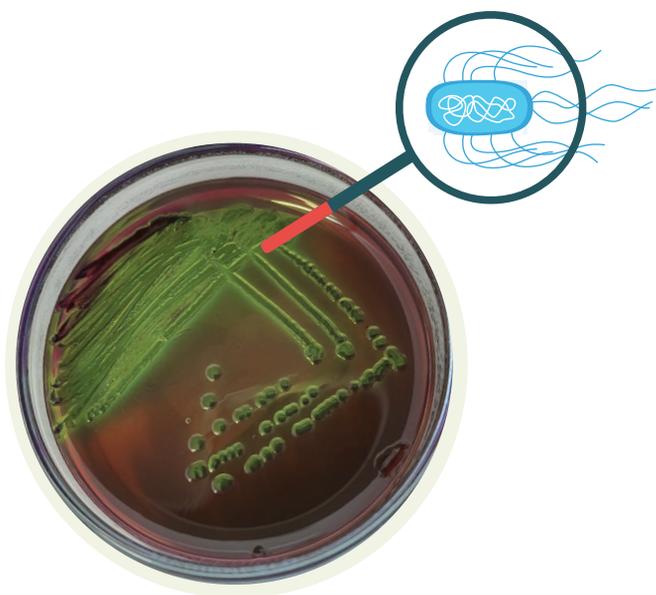
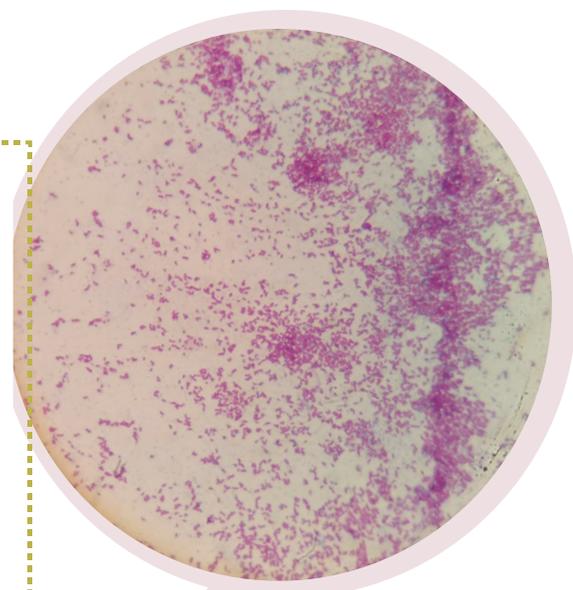
## Actividades agropecuarias:

La pesca, la ganadería y cría de animales, y la agricultura generan desechos como metales pesados, materia orgánica y desechos de medicamentos, entre otros, que son drenados al lago, incluso cuando se encuentran en sectores aledaños a la Laguna



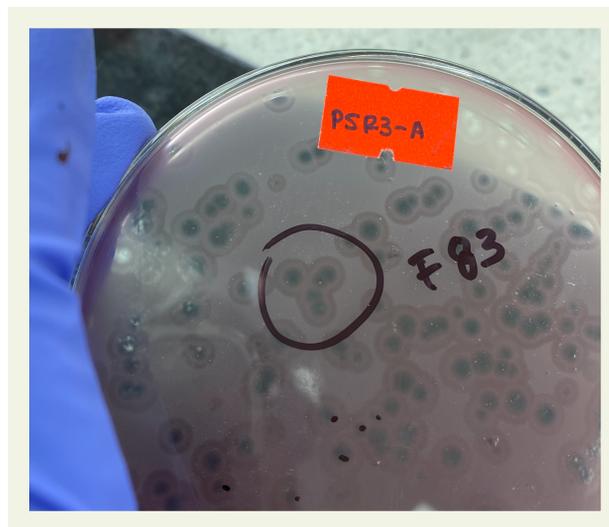
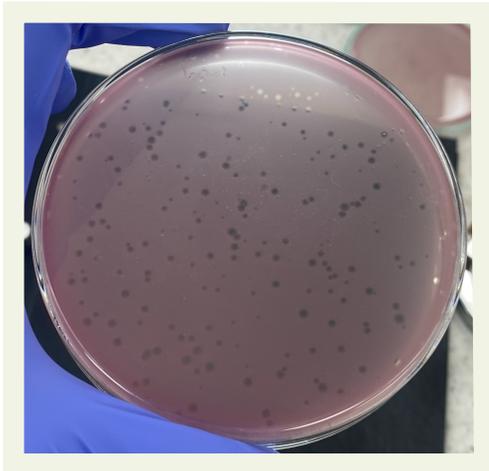
## En el laboratorio se encontraron microorganismos bioindicadores de contaminación fecal ...

Altos niveles de Enterobacterias y *E. coli*, además de muchas variantes genéticas de esta bacteria, indicador de los altos niveles de contaminación, especialmente en las zonas cercanas a los ríos que desembocan en el lago, en todas las épocas del año... Indicador además de la presencia de otros microorganismos patógenos. Muchas de las variantes de *E. coli* encontradas tienen capacidad de causar enfermedad



**Amplia** variabilidad de fagos, indicadores de la presencia de otros microorganismos patógenos y bacterias entéricas, se mantienen constantes en los puntos cercanos a los asentamientos humanos.

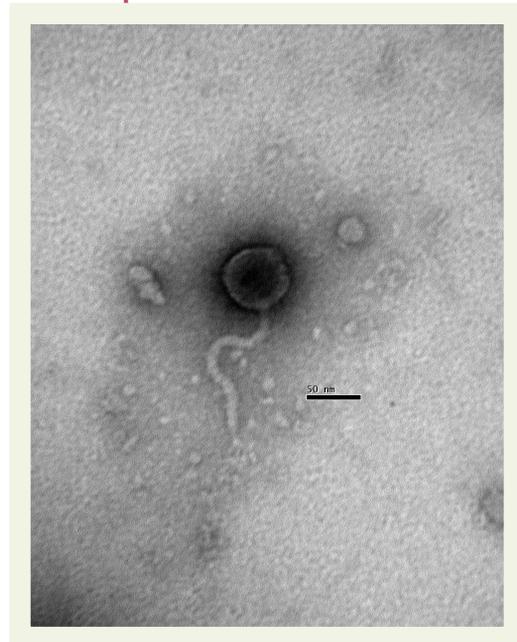
### A: Placas de lisis de colifagos somáticos



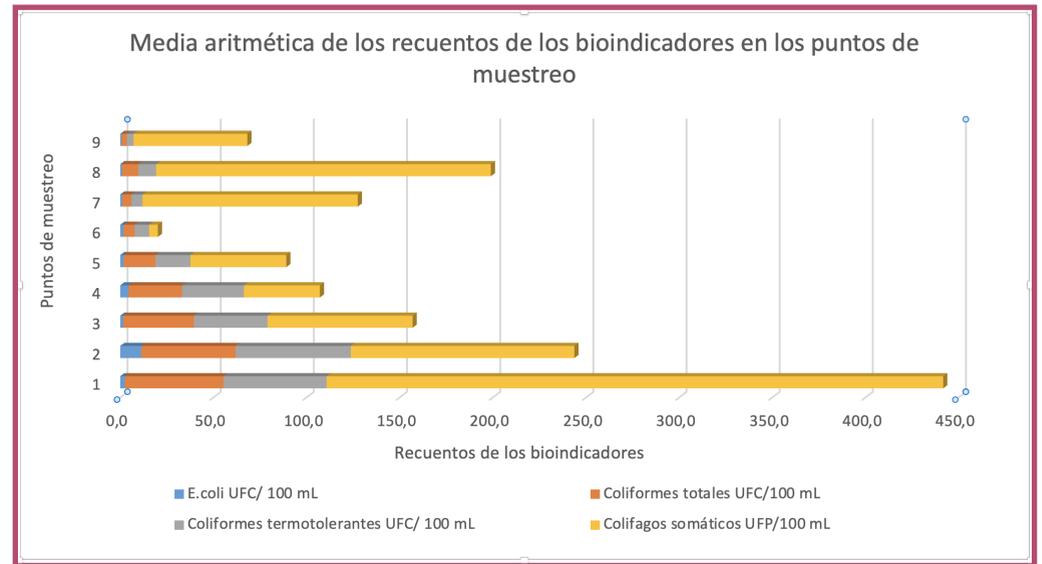
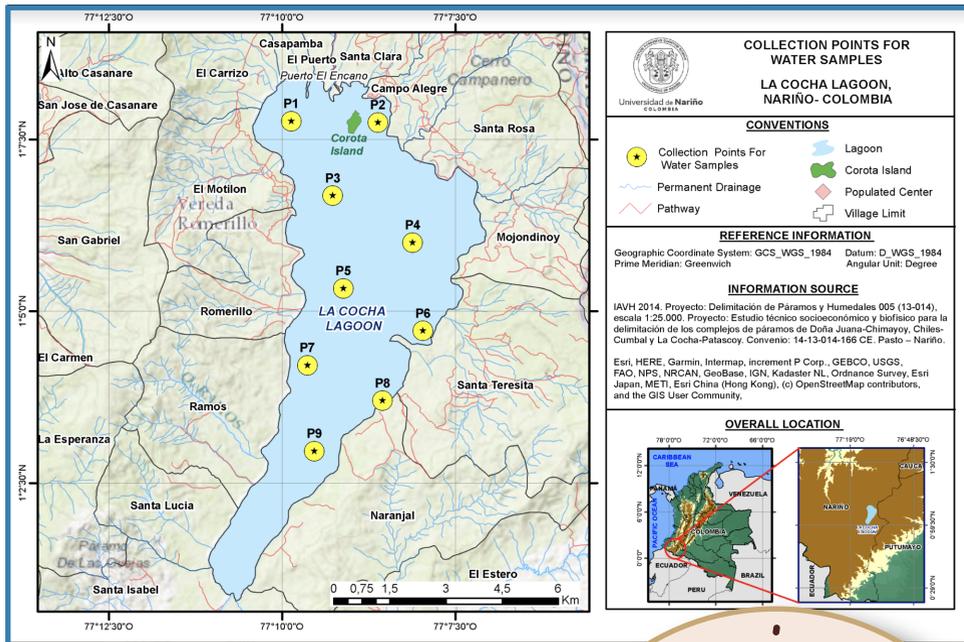
**B: Observación de colifagos somáticos en microscopio electrónico de transmisión**



**C: Observación de colifagos somáticos en microscopio electrónico de transmisión**



# Presencia de bioindicadores de contaminación fecal en el Lago Guamuez



Muestreo	Temperatura	pH	Potencial oxidación reducción		ISE (ppb)	Conductividad (Ms/cm)	Sólidos totales disueltos	Salinidad (psu)
			Mv	ORP				
Muestreo 1	16,7	7,5	-14,9	-15,4	0,5	42,6	21,7	0,1
Muestreo 2	16,9	7,6	-26,4	-26,4	0,4	44,0	22,0	0,1
Muestreo 3	16,8	7,7	-32,2	-32,2	0,3	43,8	22,0	0,1
Muestreo 4	16,4	7,7	-34,9	-34,8	0,3	42,7	22,0	0,1
Muestreo 5	16,5	8,4	-79,3	-79,4	0,0	9,5	5,1	0,1
Muestreo 6	16,3	7,7	-45,4	-45,8	0,2	9,4	5,1	0,1
Muestreo 5	16,5	8,4	-79,3	-79,4	0,0	9,5	5,1	0,1
Muestreo 6	16,3	7,7	-45,4	-45,8	0,2	9,4	5,1	0,1

Resistividad (Kohm*cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Saturación de oxígeno (%)	Cloruros (mg Cl-/L)	Fosfatos (mg PO4/L)	Nitratos (mg NO3/L)	Nitritos (mg NO2/L)	Nitrogeno amoniacal (mg NH4/L)	Pluviosidad
23,1	6,7	96,6	3,4	0,1	0,58 <LCM	0,038 <LCM	0,1	0,0
22,8	7,1	101,6	3,2	0,7	0,9 <LCM	0,02 <LCM	0,4	0,4
22,8	7,2	103,3	4,0	0,1	0,7 <LCM	0,05 <LCM	0,2	0,0
22,8	7,3	7,3	4,6	0,2	0,56 <LCM	0,0	0,4	5,6
106,0	7,3	4,3	0,2	0,2 < LCM	0,017 < LCM	0,46 <LCM	5,6	16,6
106,2	5,1	0,1	107,6	7,3	4,1 <LCM	0,45 <LCM	0,7	0,0
106,0	7,3	4,3	0,2	0,2	0,0	0,5	5,6	16,6
106,2	5,1	0,1	107,6	7,3	4,1	0,5	0,7	0,0

# Se concluyó que...

## El agua del Lago Guamuez

Según el análisis integral de los datos desde los enfoques (microbiológico, molecular, estadístico y biomatemático) de los bioindicadores colifagos somáticos y *Escherichia coli* de las muestras de agua del Lago Guamuez, se puede concluir que existe contaminación fecal en el Lago en los diferentes puntos de muestreo y que esto puede conllevar a afectaciones sobre la calidad de vida, sino se establecen procesos de aprovechamiento sustentable sobre los recursos que este cuerpo de agua suministra a la población.

## Se puede mejorar la calidad del agua del Lago Guamuez

Se puede mejorar la calidad del agua del Lago Guamuez, siempre y cuando exista un compromiso de TODOS para trabajar de FORMA AUNADA con las entidades del estado, entidades ambientales, entidades académicas, y la misma población, con la única finalidad de conservar la biodiversidad de este ecosistema.

Además de lo que encontramos en nuestro estudio en cuanto a contaminación biológica y cualidades fisicoquímicas del agua de la Laguna, se han realizado labores de limpieza en las que se han retirado toneladas de residuos sólidos que afectan la calidad del agua.

✓ Realizar disposición correcta de las excretas en letrinas.



✓ Las basuras se deben depositar en los recipientes dispuestos para este fin

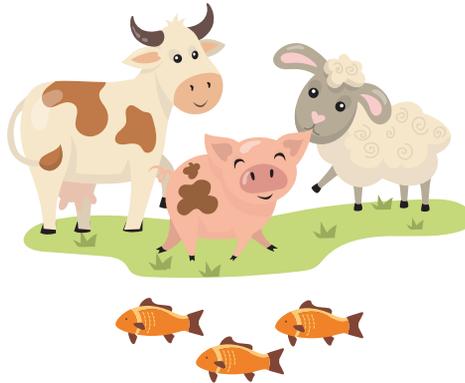
✓ Los residuos domésticos sólidos no deben arrojarse a la Laguna



✓ Los residuos orgánicos pueden ser utilizados para preparar abonos.



✓ Los desechos producto de las actividades agropecuarias deben ser debidamente eliminados



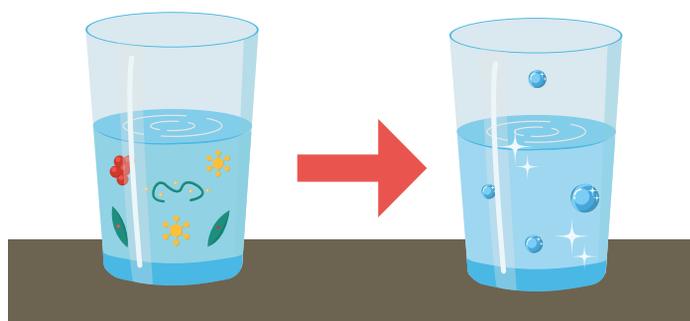
✓ Siempre que sea posible, separar la basura para reciclar, es una buena opción.

Evitar verter cualquier tipo de líquido, aceites, jabones, soluciones, entre otros, además de sólidos, de cualquier tipo. Recordemos que no todo es biodegradable y que una vez contaminado el ambiente, la contaminación, especialmente la de origen biológico y químico no desaparece por si sola. Cuando sea posible, es importante que las comunidades se organicen y realicen jornadas de limpieza.

## Recomendaciones para disminuir riesgo de infección por el agua contaminada

El agua contaminada, es agua no segura y puede enfermar a quien la toma o prepara los alimentos con ella. Enfermedades como la diarrea o los parásitos (lombrices, tenia, entre otros) son consecuencia de consumir agua contaminada.

Para consumir agua segura es necesario desinfectarla. La desinfección del agua es la eliminación de microorganismos transmisores de enfermedades que están presentes en la misma.



Se estima para Colombia que el 40% de los hogares urbanos tienen agua que recibió algún método de desinfección. Mientras que sólo el 17% de los hogares rurales la recibe desinfectada.

# ¿Cómo disminuir riesgo de infección por el agua contaminada?

Para consumir agua segura es necesario desinfectarla. La desinfección del agua es la eliminación de microorganismos transmisores de enfermedades que están presentes en ella, abajo se relacionan los métodos recomendados por la FAO (2012):

## 1. Hervido de agua



1. Llenar una olla con el agua que desea purificar.



2. Hervir durante 10 minutos (contar el tiempo a partir de que salen las burbujas).



3. enfriar y guardar.

## 2. Método Sodis:

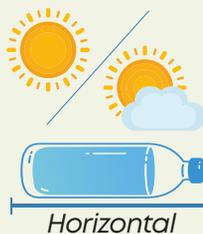
El calor combinado con la radiación del sol, sirve para inactivar los microorganismos que provocan enfermedades presentes en el agua. Se recomienda utilizar para este método botellas de plástico transparente reciclables o botellas de vidrio.



1. Lavar el recipiente y la tapadera.



2. Llenarlo de agua sin dejar aire.



3. Colocar las botellas horizontalmente y exponerlas al sol directo. Si hay sol directo, dejar la botella 6 horas y si está nublado, dejarla durante 2 días.

### 3. Método de desinfección con cloro (hipoclorito de sodio) Cloro = lejía:

En este método se ha colocado dosis mínima y máxima debido a que las presentaciones en que se vende el cloro tienen diferentes concentraciones.



a. Usando cloro  
(Hipoclorito de sodio)

1. Recoger el agua.



2. Colocar de una a tres gotas de lejía por litro de agua.



3. Dejar reposar por 30 minutos.



4. Guarde en envase limpio.

# Proporción de Cloro para la desinfección del agua

Balde y botellas	Dosis de uso	
	Dosis mínima	Dosis máxima
1 litro	1 gota	3 gotas
10 litros	10 gotas	30 gotas
20 litros	20 gotas	60 gotas

Toneles	Dosis de uso cuchara sopera 100 gotas	
	Dosis mínima	Dosis máxima
100 litros	1/2 cucharada	1 1/2 cucharada
200 litros	1 cucharada	3 cucharada

Tanques	Dosis de uso (cucharada sopera=100 gotas)	
	Dosis mínima	Dosis máxima
500 litros (2.5 toneladas de 200 litros)	2 1/5 cucharadas	7 1/5 cucharadas
1000 litros (5 toneladas de 200 litros)	5 cucharadas	15 cucharadas
4100 litros (20 toneladas de 200 litros)	20 1/5 cucharadas	61 1/5 cucharadas
6000 litros (30 toneladas de 200 litros)	30 cucharadas	90 cucharadas

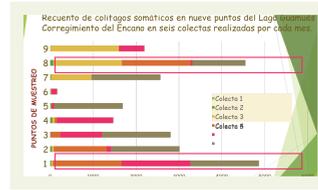
# Línea de tiempo proyecto



Observación de la problemática de contaminación en el Lago Guamuez

CONTRATO DE FINANCIAMIENTO DE RECUPERACIÓN CONTINGENTE No. 80748-513	
CELEBRADO ENTRE FUNDACIÓN LA PREVISORA S.A. - FIDUCIARIA S.A. ACTUANDO COMO VICERA Y ADMINISTRADORA DEL FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FONDO FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS Y LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO.	
IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTES	
FONDO:	FIDUCIARIA S.A. ACTUANDO COMO VICERA Y ADMINISTRADORA DEL FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN, FONDO FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS Y LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO.
REPRESANTANTE LEGAL:	LUIS OMAR TORRADO MANTILLA
CÉDULA DE CIUDADANÍA:	No. 13.982.814 expedida en Chuña (Norte de Santander)
CARGO:	Abogado General. Escritura Pública No. 2.382 del 20 de noviembre de 2018. Notaría 42 del Estado de Bogotá D.C.
LA ENTIDAD EDUCATIVA:	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
REPRESANTANTE LEGAL:	BOG. LUIS PÉREZ
DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN:	C.C. No. 11.970.772

Obtención de la financiación para ejecución del proyecto de investigación en el Lago Guamuez

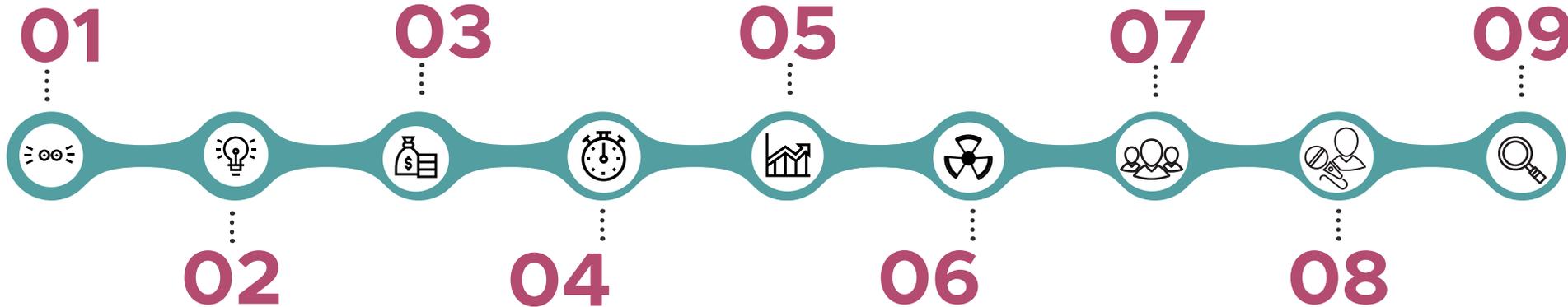


Obtención de resultados de la investigación respecto a la presencia de los bioindicadores E.coli y colifagos somáticos en el Lago Guamuez.



Socialización de los resultados ante la comunidad y entidades gubernamentales.

A largo plazo se podrá establecer un proceso de monitoreo ambiental que conlleve al mejoramiento de las condiciones de saneamiento ambiental y disminución de la contaminación en el Lago Guamuez.

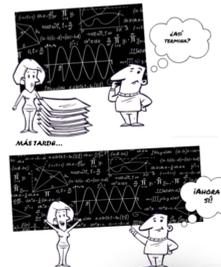


Construcción de la propuesta de investigación para determinar la contaminación por bioindicadores



Puesta en marcha del proyecto

Estimación de la contaminación del Lago Guamuez mediante el análisis integral de los datos a nivel biológico, molecular, estadístico y matemático (modelos determinísticos).



# Referencias

Albertini, L.S (2009). *Ecología, factores asociados à virulência e diversidade de Escherichia coli aislados de amostras de água de lastro, água de regiões portuárias e moluscos bivalves no Brasil*. [Tesis Doctoral, Universidad de São Paulo]. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42132/tde-10022010-092618/pt-br.php>

Álvarez, L.F. (2015). *Plan de Manejo Integral Humedal Ramsar Laguna de la Cocha*. <https://es.scribd.com/document/299903264/PLAN-DE-MANEJO-INTEGRAL-HUMEDAL-RAMSAR-LAGUNA-DE-LA-COCHA>

Bajpai M, Katoch SS, Chaturvedi NK. Comparative study on decentralized treatment technologies for sewage and graywater reuse - a review. *Water Sci Technol*. 2019 Dec;80(11):2091-2106. doi: 10.2166/wst.2020.039. PMID: 32198327.

Bexfield LM, Toccalino PL, Belitz K, Foreman WT, Furlong ET. Hormones and Pharmaceuticals in Groundwater Used As a Source of Drinking Water Across the United States. *Environ Sci Technol*. 2019 Mar 19;53(6):2950-2960. doi: 10.1021/acs.est.8b05592. Epub 2019 Mar 5. PMID: 30834750.

De la Lanza, G. y Hernández, S. (2011). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés Editores

Han D, Currell MJ, Cao G. Deep challenges for China's war on water pollution. *Environ Pollut*. 2016 Nov;218:1222-1233. doi: 10.1016/j.envpol.2016.08.078. Epub 2016 Sep 6. PMID: 27613318.

Huan H, Hu L, Yang Y, Jia Y, Lian X, Ma X, Jiang Y, Xi B. Groundwater nitrate pollution risk assessment of the groundwater source field based on the integrated numerical simulations in the unsaturated zone and saturated aquifer. *Environ Int*. 2020 Apr;137:105532. doi: 10.1016/j.envint.2020.105532. Epub 2020 Feb 18. PMID: 32062435.

Ibargüen-Mondragón, E., Mosquera, S., Cerón, M., Burbano-Rosero, E. M., Hidalgo-Bonilla, S. P., Esteva, L., & Romero-Leitón, J. P. (2014). Mathematical modeling on bacterial resistance to multiple antibiotics caused by spontaneous mutations. *BioSystems*, 117, 60-67.

Jebri, S., Muniesa, M., & Jofre, J. (2017). General and host-associated bacteriophage indicators of fecal pollution. In: J.B. Rose and B. Jiménez-Cisneros (Eds.) *Global Water Pathogens Project*. Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO.

Kong, D., Liu, H., Liu, Y., Wang, Y., & Li, J. (2020). Thyroid-disrupting activities of groundwater from a riverbank filtration system in Wuchang City, China: Seasonal distribution and human health risk assessment. *Journal of Chemistry*, 2020, 1–9.

Li D, Gao X, Wang Y, Luo W. Diverse mechanisms drive fluoride enrichment in groundwater in two neighboring sites in northern China. *Environ Pollut*. 2018 Jun;237:430-441. doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.072. Epub 2018 Mar 15. PMID: 29502006.

Li P. To Make the Water Safer. *Expo Health*. 2020 Jul 9:1-6. doi: 10.1007/s12403-020-00370-9. Epub ahead of print. PMID: 32838055; PMCID: PMC7344344.

López, L., & Palacios, S. M. M. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: Caso Laguna de la Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 3.

Mijošek T, Filipović Marijić V, Dragun Z, Ivanković D, Krasnići N, Redžović Z, Sertić Perić M, Vdović N, Bačić N, Dautović J, Erk M. The assessment of metal contamination in water and sediments of the lowland Ilova River (Croatia) impacted by anthropogenic activities. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2020 Jul;27(20):25374-25389. doi: 10.1007/s11356-020-08926-7. Epub 2020 Apr 28. PMID: 32347492.

Ministerio del Medio Ambiente. (2000). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Laguna de La Cocha. Colombia, abril de 2000*. <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/CO1047RIS.pdf>

Moreno, E.A. (2020). *Principales enfermedades causadas por el consumo directo de aguas residuales [Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Sur]*. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1553> <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1553>

Motlagh AM, Yang Z, Saba H. Groundwater quality. *Water Environ Res*. 2020 Oct;92(10):1649-1658. doi: 10.1002/wer.1412. Epub 2020 Aug 17. PMID: 33428311.

Muniesa, M., Mocé-Llivina, L., Katayama, H., & Jofre, J. (2003). Bacterial host strains that support replication of somatic coliphages. *Antonie Leeuwenhoek*, 83(4), 305-315

Munira S, Farenhorst A, Sapkota K, Nilsson D, Sheedy C. Auxin Herbicides and Pesticide Mixtures in Groundwater of a Canadian Prairie Province. *J Environ Qual*. 2018 Nov;47(6):1462-1467. doi: 10.2134/jeq2018.05.0202. PMID: 30512061.

Oki T, Kanae S. *Global hydrological cycles and world water resources*. Science. 2006 Aug 25;313(5790):1068-72. doi: 10.1126/science.1128845. PMID: 16931749.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)-FAO. (2012). Editor técnico: Eduardo Moreira. Ilustraciones: Erick Soto. Diseño y diagramación: Rubí López / Comunicación Ilimitada. *Cartilla de uso y manejo de agua Segura para consumo y la producción en huertos familiares*. 12 páginas. [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/fao\\_cartilla\\_de\\_uso\\_y\\_manejo\\_de\\_agua\\_segura\\_para\\_consumo\\_y\\_la\\_produccion\\_en\\_huertos\\_familiares\\_2012.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/fao_cartilla_de_uso_y_manejo_de_agua_segura_para_consumo_y_la_produccion_en_huertos_familiares_2012.pdf).

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018b). *E. coli*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

Organización Mundial de la Salud. (2019a). *Guías para el saneamiento y la salud*.

Organización Mundial de la Salud.

Parmar, T.K., Rawtani, D., & Agrawal, Y.K. (2016). *Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution*. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 110-118. 10.1080/21553769.2016.1162753

Pecl GT, Araújo MB, Bell JD, Blanchard J, Bonebrake TC, Chen IC, Clark TD, Colwell RK, Danielsen F, Evengård B, Falconi L, Ferrier S, Frusher S, Garcia RA, Griffis RB, Hobday AJ, Janion-Scheepers C, Jarzyna MA, Jennings S, Lenoir J, Linnetved HI, Martin VY, McCormack PC, McDonald J, Mitchell NJ, Mustonen T, Pandolfi JM, Pettorelli N, Popova E, Robinson SA, Scheffers BR, Shaw JD, Sorte CJ, Strugnell JM, Sunday JM, Tuanmu MN, Vergés A, Villanueva C, Wernberg T, Wapstra E, Williams SE. *Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being*. Science. 2017 Mar 31;355(6332):eaai9214. doi: 10.1126/science.aai9214. PMID: 28360268.

Pereira, M., Ferreira, F., Guimaraes, F.R. y Fumian, T. (2008). *Molecular detection and characterization of gastroenteritis viruses occurring naturally in the stream waters of Manaus, Central Amazonia, Brazil*. *Applied and Environmental Microbiology*, 375-382. 10.1128/AEM.00944-07

*Plan de manejo integral humedal ramsar Laguna de la Cocha, 2008*. <https://ris.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/CO1047RIS.pdf>

Price C, KD Black, BT Hargrave & JA Morris Jr. 2015. Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. *Aquaculture Environment Interactions* 6: 151-174. doi: 10.3354/aei00122

Price, R.G., & Wildeboer, D. (2017). *E. coli* as an indicator of contamination and health risk in environmental waters. In: *Escherichia coli - Recent Advances on Physiology, Pathogenesis and Biotechnological Applications*, Amidou Samie, (Ed.). 10.5772/67330.

Quintero, M., & Otero, W. (2006). Mecanismo de financiación para promover Agricultura de Conservación con pequeños productores de la cuenca de la laguna de Fúquene. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/21891/21891.pdf?sequence=1>

Saha R, Dey NC, Rahman M, Bhattacharya P, Rabbani GH. Geogenic arsenic and microbial contamination in drinking water sources: Exposure risks to the coastal population in Bangladesh. *Frontiers in Environmental Science*. 2019, 7(57), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00057>

Szabo D, Coggan TL, Robson TC, Currell M, Clarke BO. Investigating recycled water use as a diffuse source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to groundwater in Melbourne, Australia. *Sci Total Environ*. 2018 Dec 10;644:1409-1417. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.048. Epub 2018 Jul 23. PMID: 30743853

Vighi M, Finizio A, Villa S. The evolution of the Environmental Quality concept: from the US EPA Red Book to the European Water Framework Directive. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2006 Jan;13(1):9-14. doi: 10.1065/espr2006.01.003. PMID: 16417126.

Wu, J., Stewart, J.R., Sobsey, M.D., Cormency, C., Fisher, M.B., & Bartram, J.K. (2018). Rapid detection of *Escherichia coli* in water using sample concentration and optimized enzymatic hydrolysis of chromogenic Substrates. *Current Microbiology*, 75(7), 827-834.

Yamaguchi, N., & Goto, S. (2019). Rapid quantification of *Escherichia coli* in potable water by fluorescence in situ hybridization performed in liquid (liq-FISH) and microfluidic System. *Water Air Soil Pollut*, 230-285.

## RESEÑA DE LOS AUTORES

### **Edith Mariela Burbano Rosero**

Email: [marielaburbano@udenar.edu.co](mailto:marielaburbano@udenar.edu.co)

Docente tiempo completo de la Universidad de Nariño. Bióloga con énfasis en Microbiología Industrial de la Universidad de Nariño, Magister en Microbiología de la Pontificia Universidad Javeriana, Doctora en Ciencias por el Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, Brasil. Experiencia investigativa en el área de biología molecular de microorganismos. Integrante de los grupos de investigación en Biotecnología Microbiana y Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA). Miembro de la American Society for Microbiology (ASM) y de la Pan American Marine Biotechnology Association (PAMBA). Par evaluador del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (Minciencias) y Review Editor of Frontiers.

### **Jenny Dimelza Gómez Arrieta MSc. PhD.**

Email: [rizaldza@gmail.com](mailto:rizaldza@gmail.com)

Posdoctorante Universidad de Nariño-CEIBA, Grupo de Biotecnología microbiana. Microbióloga de la Universidad de Pamplona, Magister en Bioquímica de la Universidad de Pamplona, Doctora en Ciencias con énfasis Bioquímica Aplicada de la Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

### **Deisy Lorena Guerrero Ceballos MSc.**

Email: [daisymartinez-18@hotmail.com](mailto:daisymartinez-18@hotmail.com)

Docente hora cátedra de la Universidad de Nariño. Bióloga de la Universidad de Nariño, Magister en Ciencias Biológicas de la Universidad de Nariño. Experiencia investigativa en el área de Microbiología y biología molecular de microorganismos. Integrante de los grupos de investigación en Biotecnología Microbiana y Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA). Curadora de la Colección de Microorganismos de la Universidad de Nariño.

### **Arsenio Hidalgo Troya**

Email: arsenio.hidalgo@gmail.com

Docente titular de la Universidad de Nariño. Licenciado en Matemáticas y Física de la Universidad de Nariño, Economista de la Universidad de Nariño. Magister en Ciencias Estadística Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Epidemiología del Centro de Estudios en Salud-CES de Medellín. Especialista en Proyectos de Desarrollo de la Escuela de Administración Pública ESAP Bogotá. Investigador Senior en Minciencias. Par evaluador del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (Minciencias). Investigador del grupo de investigación en Salud Pública. Autor de varios libros y artículos en revistas indexadas nacionales e internacionales.

### **Eddy Patricia López Molano PhD.**

Email: patilop@udenar.edu.co

Bióloga de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá y Ph. D. en Genética y Biología Molecular de la Universidad Estadual de Campinas-Brasil. Ha impartido las cátedras como docente de Biología celular, Biología general, Microbiología Ambiental e Investigación en la Universidad de Nariño. Ha publicado artículos y libros sobre ciencia, entre ellos el libro "Ceratomyxa Wilt Pathogens: History and Biology Highlighting C. cacaofunesta, the Causal Agent of Wilt Disease of Cacao" USDA ed. Springer. 2016. Actualmente trabaja como investigadora del grupo de investigación GIBIMMA de la universidad de Nariño, participando en proyectos de investigación.

### **Mario Andrés Pantoja España**

Email: mariopantoja1996@gmail.com

Biólogo de la Universidad de Nariño, Magister en Salud Pública de la Universidad de Nariño. Experiencia investigativa en el área de microbiología y biología molecular de microorganismos. Integrante del Grupo de Investigación en Biotecnología Microbiana y Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA).

### **Juan Camilo Paz García**

Email: camilopaz004@gmail.com

Biólogo egresado de la Universidad de Nariño y miembro del Grupo de Investigación en Biotecnología Microbiana. Realizó su trabajo de grado, modalidad pasantía, bajo la supervisión de la docente Deisy Lorena Guerrero y la docente Edith Mariela Burbano Rosero. Experiencia investigativa en el área de Microbiología, Biología molecular, Genética, Variabilidad y Bioinformática. Actualmente se desempeña como Auxiliar de Laboratorio de Biología General en la Universidad de Nariño e investigador para el Grupo de Investigación en Biotecnología Microbiana

### **María Alejandra Mármol Martínez**

Email: mariaalejandramarmolmartinez@gmail.com

Licenciada en Matemáticas de la Universidad de Nariño y miembro del Grupo de Investigación en Biología Matemática y Matemática Aplicada-GIBIMMA. Experiencia investigativa en el área de modelación matemática aplicada a fenómenos biológicos. Bajo la aprobación y financiación de la vicerrectoría de investigaciones de la Universidad de Nariño VIIS realizó un proyecto de investigación estudiantil, llevó a cabo su trabajo de grado, en la modalidad: publicación de artículo bajo la asesoría del docente Eduardo Ibarguen Mondragón y la docente Edith Mariela Burbano, mismo que fue reconocido con la mención Laureada.

**Eduardo Ibarguen Mondragón MSc. PhD.**

Email: edbargun@udenar.edu.co

Matemático y Magister en Ciencias Matemáticas de la Universidad del Valle (Colombia), Dr. en Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor Titular del Departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad de Nariño, Investigador Senior de Miniciencias, líder del Grupo de Investigación en Biología Matemática y Matemática Aplicada-GIBIMMA, autor de artículos en revistas indexadas nacionales e internacionales en diferentes ramas de la Biomatemática, Matemática Pura y/o Aplicada, ciencias ambientales, así mismo es autor de capítulos de libro y libros.

**Miller Cerón Gómez MSc. PhD.**

Email: millercg@udenar.edu.co

Estudió licenciatura en Matemática en la Universidad de Nariño en Colombia y es Magister en Ciencias Matemáticas de la Universidad Nacional de Colombia. Obtuvo un PhD en Matemática Aplicada en la Universidad estatal de Campinas (Unicamp) en Brasil. Ha publicado artículos y libros sobre ciencia, entre ellos el libro “Ecological Modelling Applied to Entomology” Ed. Springer. 2014. Actualmente trabaja como docente asociado del departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad de Nariño y es miembro del grupo de investigación en Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA).

**Raúl Mauricio Insuasty Ing.**

Email: raulinsu@hotmail.com

Ingeniero en Producción Acuícola Universidad de Nariño, estudiante Maestría Ciencias Biológicas Universidad de Nariño, Laboratorio de Procesos Microbianos, Dra. Edith Mariela Burbano.

Colaborador en proyecto de investigación “Diversidad genética de Escherichia coli aislada de muestras de agua del Lago Guamez-Nariño, Colombia”. Profesional Oficina de Planeación de la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO.

**Pablo Heyman Fernández Izquierdo PhD.**

Email: pfernandez@udenar.edu.co

Docente de tiempo completo de la Universidad de Nariño. Licenciado en Biología de la Universidad de Nariño. Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad de Nariño. Especialista en Microbiología de la Universidad Católica de Manizales. Doctor en Ciencias Biológicas área Microbiología de la Universidad de la Habana. Director del Grupo de Biotecnología Microbiana de la Universidad de Nariño.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Gobernación de Nariño, a la Universidad de Nariño y al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación por la financiación del proyecto: “Estudio de la diversidad de Escherichia coli y colifagos somáticos aislados de muestras de agua del Lago Guamuez (Nariño-Colombia), en el Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación en Ambiente, Biodiversidad y Hábitat, Convocatoria 818-2018 I+D+i Nariño, código 65200.

De la misma manera se expresa gratitud a Corponariño por el permiso marco para recolección de muestras de agua, a Empopasto por el análisis fisicoquímico de las muestras, a la Secretaría de Saúde do Estado de São Paulo, Brasil a través de la Seção de Microscopia eletrônica do Instituto Adolfo Lutz por la caracterización morfológica de los colifagos somáticos, a la Rectoría de la Universidad de Nariño por su continuo apoyo, a la Vicerrectoría de Investigaciones e Interacción Social por su acompañamiento y diligencia, a la oficina de proyectos por su gestión y trámite, como también a los grupos de investigación de la Universidad de Nariño que ejecutaron esta propuesta: Grupo de Salud Pública (Categoría A1- COL0003069), Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA) (Categoría A-COL0126928) y Biotecnología Microbiana (Categoría C-COL0021327).

