



***Diagnóstico bacteriológico de la calidad del agua en la zona norte del
Humedal La Vaca, Bogotá D.C, en dos épocas climáticas.***

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C
2019**



***Diagnóstico bacteriológico de la calidad del agua en la zona norte del
humedal La Vaca, Bogotá D.C, en dos épocas climáticas.***

**Karen Lizeth Arévalo Rodríguez
Diana Lisset Argoty Hernández
Yennifer Paola Copete Palomino**

**MSc. Sandra Mónica Estupiñán Torres
Asesora**

**Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Facultad de Ciencias de la Salud
Programa de Bacteriología y Laboratorio clínico
Trabajo de grado
Bogotá D.C
2019**

DEDICATORIA

A mi familia que me apoyó en el proceso.

Karen Lizeth Arévalo Rodríguez

A Dios...

Porque sin su infinita bondad y amor no hubiese sido posible culminar esta etapa fundamental para mi vida académica.

A mi familia...

Con toda la gratitud y el amor que ellos se merecen, dedico este trabajo de grado a mis padres Jorge Antonio Argoty Sánchez y Ruth Asceneth Hernández Burbano, a mis abuelitos Teresa, Antonio y Gerardo; a mis tíos Salvador Y Juan Carlos .Y, por último, pero no menos importante a mis hermanos Daniela y Mario, ya que, sin su apoyo incondicional, sus incansables consejos y todos los sacrificios que hicieron para brindarme una excelente educación, el día de hoy no estaría a punto de terminar esta linda profesión.

A todos mis amigos, sin excluir a ninguno, pero en especial a Jessica, Dayana, Vanesa, Lorena, Lisseth, Paola, Jhon, Rolando, por ser esas personas que siempre me brindaron todo su cariño, comprensión y paciencia. Les agradezco por todos los momentos compartidos, los llevare siempre en mi corazón. Y a mi amiga Yuya la única.

A la profesora Mónica Estupiñán por ser una excelente persona, docente e investigadora, muchas gracias por compartir cada uno de sus conocimientos.

Diana Lisset Argoty Hernández

Primeramente a Dios por guiarme en todos mis pasos según su voluntad, por darme el ánimo y la fuerza para culminar este ciclo tan importante en mi vida.

A mi familia, en especial a mí querida madre Elizabeth Palomino Martínez, y Alejandro Rodríguez quienes me brindaron su apoyo incondicional día tras día para no rendirme.

A la profesora Mónica Estupiñán por su paciencia y dedicación en el acompañamiento de nuestro trabajo de investigación.

A mis compañeras de trabajo Karen Arévalo y Diana Argoty, por su empeño, dedicación y responsabilidad en este proyecto hasta el final.

Yennifer Paola Copete Palomino

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la fuerza y sabiduría para lograr finalizar con éxito este trabajo de grado.

A nuestros padres por su apoyo y motivación diaria.

A la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca por todo el apoyo y comprensión recibidos y por habernos brindado la oportunidad de realizar este trabajo de grado en sus instalaciones.

Al laboratorio central de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, principalmente al personal del laboratorio, quienes nos brindaron su ayuda y el espacio para poder realizar parte de nuestro trabajo de grado.

A nuestra asesora, la docente Sandra Mónica Estupiñán Torres por su apoyo incondicional, orientación, paciencia, comprensión, confianza y aprendizaje brindado durante la realización de este trabajo.

A la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D.C. por permitirnos la entrada al Humedal La Vaca para poder desarrollar nuestro trabajo de investigación.

A las funcionarias Luisa Correa y Dora Villalobos quienes trabajan en conjunto con la comunidad del Semillero de mujeres para la recuperación del espejo de agua del Humedal La Vaca.

Por último, agradecemos a todas las personas que nos brindaron su colaboración y conocimientos durante la realización de este trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	2
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	6
General	6
Específicos	6
1. ANTECEDENTES	7
2. MARCO REFERENCIAL	9
2.1 HUMEDALES	9
2.2 FUNCIONES IMPORTANTES DE LOS HUMEDALES	10
2.3 HUMEDALES EN COLOMBIA	11
2.4 HUMEDALES DEL DISTRITO CAPITAL	13
2.5 HUMEDAL LA VACA	15
2.5.1 FAUNA PRESENTE EN EL HUMEDAL LA VACA	17
2.5.2 FLORA PRESENTE EN EL HUMEDAL LA VACA	19
2.6 PROBLEMÁTICA DEL HUMEDAL LA VACA	21
2.7 MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA	22
2.7.1 Coliformes totales	23
2.7.2 <i>Escherichia coli</i>	24
2.7.3 <i>Enterococcus</i>	24
2.7.4 <i>Pseudomonas sp.</i>	24
3. DISEÑO METODOLÓGICO	26
3.1 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	26
3.2 HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES	26
3.2.1 Variables	26
3.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS	27
3.3.1 Sitio de estudio	27
3.3.2 Elección de los puntos de muestreo	27
3.3.2.1 Descripción de los puntos de muestreo en el humedal La Vaca	28
3.3.3 Toma de muestra	30
3.3.4 Procesamiento de las muestras	30

3.3.5 Controles	32
3.3.6 Identificación de los microorganismos aislados	32
4. RESULTADOS	33
4.1 Bacterias aisladas	40
5. DISCUSIÓN	42
6. CONCLUSIONES	48
7. BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funciones de los humedales.....	10
Tabla 2. Humedales Ramsar Colombia.....	12
Tabla 3. Coordenadas y puntos de toma de muestra.....	28
Tabla 4. Medios de cultivo para indicadores de contaminación.....	31
Tabla 5. Recuento de indicadores en las dos épocas (lluvia y seca).....	33
Tabla 6. Identificación de algunas bacterias presentes en el humedal La Vaca....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Humedales Distrito Capital incluidos en el POT.....	16
Figura 2. Sitios de toma de muestra. Google Maps.....	27
Figura 3. Promedio de recuento de los microorganismos indicadores de contaminación en época de lluvia.....	34
Figura 4. Promedio de recuento de los microorganismos indicadores de contaminación en época seca.....	35
Figura 5. Recuento de <i>coliformes totales</i> en época seca y de lluvia.....	36
Figura 6. Recuento de <i>E. coli</i> en época seca y de lluvia.....	37
Figura 7. Recuento de <i>Enterococcus</i> totales en época seca y de lluvia.....	38
Figura 8. Recuento de <i>Pseudomonas sp.</i> , en época seca y de lluvia.....	39
Figura 9. Promedio de recuento de microorganismos indicadores de contaminación.....	40

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO**

RESUMEN

Los humedales son ecosistemas fundamentales, ya que son cuna de diversidad biológica, reducen las inundaciones y son grandes depósitos de carbono del planeta. El humedal La Vaca está ubicado en la localidad de Kennedy - Bogotá D.C y presenta una alta contaminación por desechos y vertimientos de aguas residuales. El objetivo de este proyecto fue evaluar la calidad bacteriológica del agua de la zona norte del humedal La Vaca, por medio de los microorganismos indicadores de contaminación (Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Enterococcus* y *Pseudomonas sp.*), en dos épocas climáticas (seca y lluvia). La metodología se desarrolló en cuatro fases: elección y toma de muestra de diferentes puntos del humedal La Vaca teniendo en cuenta la NTC ISO 5667-2 de 1995, utilización del método de filtración por membrana, recuento de microorganismos indicadores de contaminación e identificación de los microorganismos aislados utilizando el sistema de identificación BBL Crystal. Finalmente se encontraron altos recuentos de todos los indicadores utilizados, por lo tanto, el agua del humedal La Vaca no es apta para la recreación activa; sin embargo puede ser utilizada para la recreación pasiva como: educación ambiental, miradores paisajísticos, observatorios de avifauna, toma de fotografías entre otros. Se debe agregar, que este trabajo fue socializado de manera didáctica al grupo de mujeres y niños guardianes del humedal la Vaca.

PALABRAS CLAVES: humedal, indicadores de contaminación, microorganismos, espejos de agua, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Pseudomonas sp.*, humedal La Vaca.

Estudiantes: Karent Lizeth Arévalo Rodríguez, Diana Lisset Argoty Hernández, Yennifer Paola Copete Palomino

Docente: Sandra Mónica Estupiñán Torres

Institución: UCMC

INTRODUCCIÓN

Los humedales son importantes por los múltiples servicios o beneficios que proporcionan a las personas y a la naturaleza, estos ecosistemas son buenos retenedores de dióxido de carbono, ayudan a la mitigación del cambio climático y brindan el hábitat de diferentes especies de animales, plantas y aves migratorias; por otro lado, cabe señalar que algunos permiten la recreación y el turismo. (1,2)

Considerando que el agua es el recurso principal del ser humano, se ha despertado un mayor interés para realizar estudios que permitan la evaluación de la calidad del agua (3).

Por otra parte, hay que mencionar que a través de la Ley 357 de 1997, Colombia hace parte de la Convención Ramsar que tiene como prioridad la protección, conservación y uso racional de los humedales (4).

Dentro de los 15 humedales que tiene el Distrito Capital, el humedal La Vaca se encuentra ubicado en la localidad de Kennedy al sur occidente de Bogotá (5); este es un humedal deteriorado debido a que posee conexiones erradas de drenaje, depósitos de basura y desechos de construcción que van directamente al cuerpo de agua. Además, el asentamiento urbano ilegal por parte de la comunidad y la falta de sensibilidad de la población, hace que se aumenten los factores negativos para este ecosistema (6).

La Corporación de Abastos de Bogotá es una entidad que se encuentra contigua al humedal La Vaca y separada por un muro; éste presenta aberturas realizadas de manera ilegal, permitiendo el vertimiento de aguas residuales y desechos de basura (7).

Las entidades ambientales encargadas de la protección y conservación de estas fuentes naturales han realizado varias intervenciones para evitar el deterioro del

humedal La Vaca y su contaminación; sin embargo, esta problemática se sigue presentando (7).

Teniendo en cuenta, lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad bacteriológica del agua de la zona norte del humedal La Vaca, por medio de los microorganismos indicadores de contaminación (Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Enterococcus* y *Pseudomonas*). Este estudio se realizó por medio de la técnica de filtración de membrana y se utilizaron paneles de BBL Crystal para la identificación de las bacterias aisladas; además, se llevó a cabo una comparación de los resultados en dos épocas climáticas (época seca y época de lluvia) con el fin de determinar si la época climática influye o no, en el recuento de los indicadores bacteriológicos de calidad del agua del humedal La Vaca.

Por otra parte, cabe resaltar que este trabajo aportó conocimiento de una manera didáctica acerca de las técnicas y procedimientos realizados en el laboratorio de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, tanto al semillero de mujeres como a los niños guardianes del humedal La Vaca, con el fin de contextualizarlos acerca del proceso experimental que llevó a cabo.

Del mismo modo esta investigación aporta información sobre el estado actual de la calidad del agua en el Humedal La Vaca para que así, las entidades ambientales cuenten con estudios que permitan realizar las acciones pertinentes para la preservación de este ecosistema.

OBJETIVOS

General

Evaluar la calidad bacteriológica del agua de la zona norte del humedal La Vaca, por medio de los microorganismos indicadores de contaminación (Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* y *Enterococcus*)

Específicos

- Establecer el recuento de UFC/100ml de Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* y *Enterococcus*.
- Identificar algunos de los microorganismos aislados
- Determinar si la época climática influye en el recuento de los indicadores bacteriológicos de calidad del agua del humedal La Vaca

1. ANTECEDENTES

En Bogotá, se han llevado a cabo varios estudios sobre la calidad microbiológica del agua en los diferentes humedales con el fin de conocer el estado de estos ecosistemas para su posible intervención. Uno de estos estudios es el titulado Calidad Bacteriológica del agua del Humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia, en el cual se determinó que los microorganismos de mayor abundancia en este cuerpo de agua son los coliformes totales, *Aeromonas* y *Pseudomonas* y concluyeron que las aguas del humedal no deben ser usadas para recreación activa (8).

En cuanto al estudio realizado por Chaves *et al* (9). en el humedal La Conejera de la localidad de Suba, se evidenció un mayor número de UFC/100ml en temporada de lluvia para los géneros *Enterococcus*, *Pseudomonas* y *Aeromonas*, mientras que en temporada seca los microorganismos de mayor recuento en UFC/100ml fueron *Escherichia coli* y coliformes totales, por lo tanto, estas aguas no deben ser usadas para la agricultura o de recreación activa.

Por otra parte, Caicedo *et al* (10). en su trabajo relacionado con el humedal Córdoba, evaluaron la calidad del agua mediante la presencia de *Aeromonas* sp, *Pseudomonas* sp, *Escherichia coli*, coliformes totales y *Enterococcus* sp, y concluyeron que el agua no es apta para realizar actividades recreativas, agrícolas y evidenciaron un recuento bacteriano superior en época lluviosa.

En el artículo publicado por Ávila *et al* (11). Se evaluó la calidad bacteriológica del agua del humedal Jaboque mediante recuentos de coliformes totales, *E. coli*, *Enterococcus*, además de géneros como *Aeromonas*, *Pseudomonas* sp. y *Clostridium* en época seca y de lluvia, como resultados reportan un recuento alto de UFC/ 100mL de coliformes totales, *Enterococcus* con un comportamiento similar entre épocas, mientras que las UFC/100ml de *E. coli* aumentó en época lluvia. Se observó un recuento elevado de los géneros de *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp., y *Clostridium* en las dos épocas. Se concluyó según los resultados obtenidos en el análisis, que estos microorganismos superan el límite permisible según el Decreto

1594 de 1984 para agua de uso recreativo y que, el aumento de UFC de *E. coli* podría deberse a la invasión de terrenos y pastoreo cerca al humedal.

Fierro *et al* (12). en su trabajo de grado “Evaluación de la calidad del agua del humedal de Santa María del Lago mediante el uso de índices biológicos y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales” hallaron límites de calidad mala a muy mala, con valores promedio de 4,6 mg/L O₂ para oxígeno disuelto, 35691,7 NMP/100mL para coliformes totales. Estos valores reportados se asociaron a vertimientos de agua residuales, aguas lluvias del sector y a la presencia de aves e invertebrados de mayor tamaño en el punto de monitoreo.

En el trabajo “Calidad Bacteriológica del agua del humedal El Salitre de Bogotá en época seca y de lluvia” los resultados mostraron que en época seca los recuentos de coliformes totales y *E. coli* fueron superiores a los de la época lluviosa, que la contaminación del humedal es de origen humano y que los recuentos de *E. coli* y coliformes totales son altos para usar el agua con fines recreativos o agrícolas, el escaso recuento de *Enterococcus* mostró bajos índices de contaminación de origen animal (13).

Lancheros *et al* (14). De la Universidad Distrital Francisco José De Caldas en su trabajo de grado “Evaluación de la calidad del agua en el humedal la conejera, localidad 11 de Suba” concluye que existe una alta presencia de microorganismos especialmente en la quebrada Salitrosa, la cual hace parte del humedal La Conejera.

Por otra parte, se revisó el trabajo por Tuboi *et al* (15). en India en el 2017, titulado “Variaciones estacionales en la calidad del agua de un humedal tropical dominado por praderas flotantes y su implicación para la conservación de los humedales de Ramsar” en el cual se analizó el lago Loktak, un humedal palustrino ubicado en la cuenca del río Barak-Chindwin en el noreste de la India; este ha sido incluido en el registro de Montreux, ya que está cambiando su carácter ecológico debido a las presiones antropogénicas especialmente debido a la contaminación del agua.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 HUMEDALES

Se define como humedal a las “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros” (16).

Los humedales se consideran ecosistemas de gran importancia ya que estos actúan como filtradores naturales de agua, logrando efectos que otorgan varias funciones: regulación de inundaciones y sequías, protección contra fenómenos naturales, manutención de la calidad del agua, reserva de agua, estabilización de microclimas, retención de carbono, reservorios de diversidad biológica, reponen las aguas subterráneas y algunos son sitios que permiten la recreación y el turismo (17).

Los humedales hacen parte de nuestra riqueza natural, siendo estos considerados como los ecosistemas más productivos del mundo, se caracterizan por su ciclo hidrológico, estos biomas actúan como una esponja que ayuda a que el cuerpo de agua se acumule o circule de una manera más lenta dentro de ellos. Estas zonas de reserva son indispensables, ya que gracias a ellas se puede brindar diferentes beneficios tanto a la diversidad biológica como a la sociedad (18). Por otro lado, los humedales a pesar de su importancia siguen estando en amenaza, esto se debe a diversos factores como: el desarrollo inmobiliario, industrial, cambios hidrológicos artificiales, y destrucción por parte de la sociedad (19).

Según la Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático, (20) “los humedales son considerados sumideros de gases invernadero; por lo tanto, su apropiada restauración y conservación, constituye una estrategia de mitigación

práctica de las problemáticas ambientales que se presentan a nivel mundial como el Cambio Climático”.

Los humedales ofrecen múltiples beneficios para la sociedad, estos son llamados servicios ecosistémicos y pueden variar dependiendo de las características específicas de cada humedal, como su grado de conservación hidrológica, ubicación, clase y tamaño. Es decir, que las funciones de cada humedal dependen del entorno ambiental en el que se encuentren. Entre las funciones ecosistémicas encontramos varios factores: físicos, químicos y biológicos como la regulación del ciclo del agua (tanto superficial como subterránea), nutrientes, suelo, vegetación y diversas especies de animales (21). En la tabla 1. Se da a conocer las funciones más importantes de estos ecosistemas.

2.2 FUNCIONES IMPORTANTES DE LOS HUMEDALES

Tabla 1. Funciones de los humedales (22)

FUNCIONES	PROCESOS	VALOR
Físicas/hidrológicas	Compartimento dentro del ciclo hidrológico. Recarga y descarga de acuíferos. Regulación de los módulos de crecida de ríos. Retención de sedimentos.	Indicadores de la salud de los sistemas hidrológicos. Abastecimiento de agua. Reducción del daño a cosechas y propiedades. Control de erosión. Conservación de suelos. Mejora de la calidad de las aguas.
Geoquímicas	Reservorio de minerales. Procesos geoquímicos. Retención de nutrientes y contaminantes.	Fuente de sales minerales. Baños medicinales. Mejora de la calidad de las aguas. Filtros naturales de contaminantes.

Biológicas	Hábitat de poblaciones y comunidades singulares de organismos. Soporte de cadenas tróficas. Eslabones básicos de las rutas migratorias de las aves acuáticas europeas. Lugar de asentamientos humanos. Restos arqueológicos.	Reservorio genético. Mantenimiento de la biodiversidad. Mantenimiento del patrimonio cultural.
Ecológicas	Producción primaria o secundaria. Materia orgánica. Turba. Registros abióticos y bióticos continuos en sus sedimentos. Interacciones entre sus componentes bióticos y abióticos.	Fuente de materiales y alimentos. Caza, pesca. Acuicultura. Horticultura. Reconstrucción histórica de comunidades biológicas, usos del suelo, cambios climáticos. Paleohidrología. Reservorio de procesos y ecosistemas. Mantenimiento de la ecodiversidad. Turismo, recreo, educación. Valores paisajísticos.

2.3 HUMEDALES EN COLOMBIA

Colombia es uno de los países más ricos en fuente hídrica, cuenta con un 60% de los páramos del mundo y cerca de 31.702 humedales, siendo estos, el cuerpo de agua dulce que ayuda a la regulación de los ciclos hídricos y la conservación de la biodiversidad biológica (23).

En el territorio colombiano existen diferentes tipos de humedales tales como: manglares, arrecifes, ciénagas, lagunas, chucuas, pantanos estuarios y entre otras fuentes hídricas que conforman ecosistemas de vital importancia para la conservación de flora y fauna, del mismo modo estas fuentes son vitales para la población colombiana (24).

Por otra parte, cabe destacar que estos biomas no son importantes solo eco sistémicamente, si no también económicamente puesto que en algunos humedales por su variedad de servicios, funciones y atributos, generan ingresos económicos; sin embargo, se debe tener en cuenta, que parte de estos cuerpos de agua se encuentran en amenaza ya que se ha hecho un mal uso de estos recursos naturales. Algunos factores como la contaminación del agua, la desecación, el desarrollo industrial, las economías extractivas, las actividades agropecuarias y el rápido crecimiento urbano, ha favorecido para que este recurso se encuentre en riesgo.

Colombia sin duda es declarada como un país anfibio ya que cuenta con un 26 % de territorio de humedales, aunque no todos se encuentran en un estado sano y favorable (23).

En los últimos años, la cifra de sitios registrados en la lista Ramsar en Colombia aumentó a doce; la inclusión de un humedal en esta lista representa el compromiso del Gobierno de adoptar las medidas necesarias para garantizar que se mantengan sus características ecológicas (25).

En la tabla 2 se encuentra el listado actualizado de sitios Ramsar en Colombia.

Tabla 2. Humedales Ramsar Colombia (25).

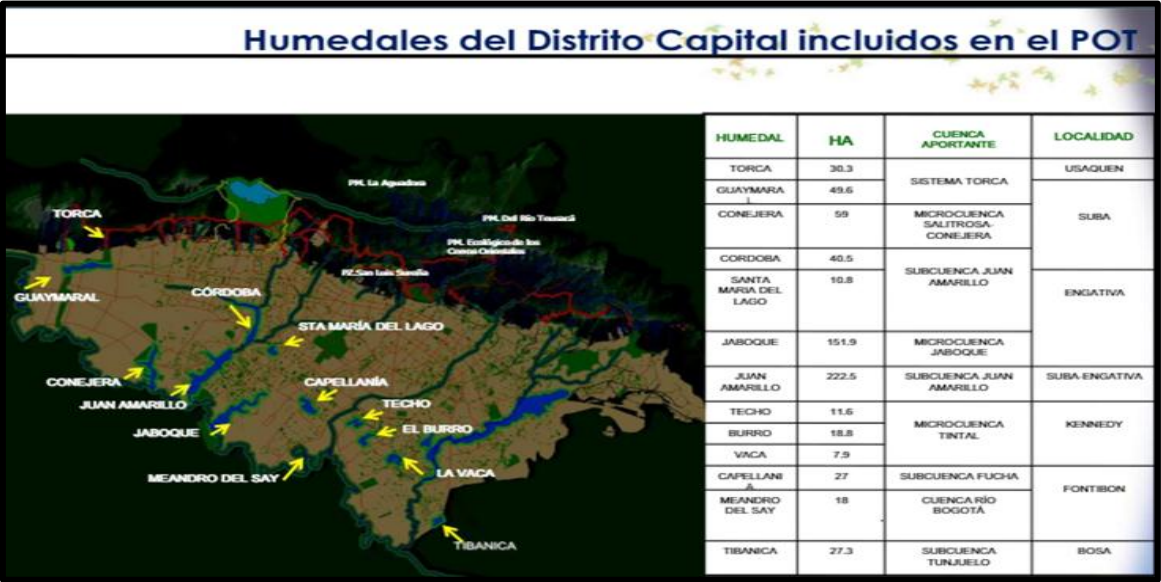
NOMBRE DEL HUMEDAL	FECHA DE DESIGNACIÓN	HECTÁREAS
Sistema Delta estuarino del río Magdalena, Ciénaga grande de Santa Marta	1998	400.000
Laguna de la Cocha	2001	39.000
Delta río Baudó	2004	8.888
Sistema Lacustre Chingaza	2008	4.058

Complejo de humedales laguna del Otún	2008 ampliación 2017	115.883,09
Complejo de humedales de la Estrella fluvial del Inírida	2014	250.158,9
Laguna de Sonso	2017	5.524,95
Lagos de Tarapoto	2018	45.463
Ciénaga de Ayapel	2018	54.000
Ciénaga de Zapatosa	2018	123.624
Río Bitá	2018	824.535
Complejo de humedales urbanos de Bogotá	2018	667,38
	Total	1.871.802

2.4 HUMEDALES DEL DISTRITO CAPITAL

Los humedales de Bogotá se destacan por ser los más importantes en el sistema de humedales del norte de los Andes (26), se caracterizan por tener una gran cantidad de avifauna, algunas de estas especies son: Copetón o gorrión andino, paloma torcaza o abuelita, Mirla, Focha o Tingua pico amarillo, Tingua pico rojo, entre otras (25). En la figura 1, dentro del plan de ordenamiento territorial del Distrito Capital, se mencionan 13 humedales que son declarados como parques ecológicos distritales, los cuales son (Torca, Guaymaral, Conejera, Córdoba, Santa María del Lago, Jaboque, Juan amarillo, Techo, Burro, Vaca, Capellani, Meandro del Say, Tibanica) (26). En la figura 1 se encuentra el mapa de los humedales del D.C

Figura 1. Mapa de los humedales del Distrito Capital incluidos en el POT (26).



Debido a las amenazas que enfrentan los ecosistemas hídricos de la ciudad de Bogotá, algunas entidades tienen como objetivo contribuir a su conservación y restauración, entre estas, el Jardín Botánico de Bogotá, en marco al proceso de restauración ecológica que adelanta en los humedales, desarrolla diversas actividades que buscan superar los factores que impiden su regeneración natural. Este proceso tiene como componente fundamental la participación de las comunidades para lograr así la sostenibilidad de las acciones de recuperación y conservación de los ecosistemas en el corto, mediano y largo plazo (27). Por otra parte, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) ayuda a la conservación de los humedales a través de la implementación de un modelo ecológico que está orientado a consolidar el uso principal de estos ecosistemas promoviendo actividades de educación ambiental y recreación pasiva, de acuerdo con la normatividad vigente (28)

2.5 HUMEDAL LA VACA

Dentro de los humedales o parques distritales de la ciudad de Bogotá está el humedal la Vaca ubicado en la parte sur occidente de la localidad de Kennedy, éste se divide en dos sectores independientes: el sector norte que limita entre la avenida Agoberto Mejía y la carrera 91 sur; entre el costado sur del cerramiento de Corabastos y la calle 41 bis A sur. El sector sur por su parte se ubica entre las carreras 88 y 89 C; y las calles 42C sur y 42G sur (24).

En el año 1940 el Humedal La Vaca, contaba con una extensión terrestre inundable de 181.45 hectáreas sujeta a un porcentaje de inundación de 51.5%, con presencia de vegetación característica de humedales. En 1999 debido a los asentamientos urbanísticos, así como a construcción del aeropuerto de techo y luego la central de Corabastos, actualmente el humedal ha quedado reducido en 5.73 hectáreas en el sector Norte y 2.24 hectáreas en el sector sur, incluyendo su ronda de protección, para un área total de 7.97 hectáreas. (29)

Es importante mencionar que los humedales Tibanica, Techo y el Burro antiguamente conformaban la laguna Tintal, haciendo que las dos grandes subcuencas (Fucha y Tunjuelo) (24) que componen la red hídrica del Distrito capital en la localidad octava de Kennedy, direccionen las fuentes de agua hacia el humedal la vaca.

En el año 2004 el Humedal la Vaca fue declarado como Parque Ecológico Distrital mediante el Decreto 190 del Plan de Ordenamiento Territorial, el cual tiene como objetivo la preservación, la restauración de flora y fauna nativa, la educación ambiental, y el uso de la recreación pasiva, en este mismo decreto se establece que los Planes de Manejo Ambiental de los Parques Ecológicos Distritales de Humedal serán elaborados por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y sometidos a la consideración y aprobación de la autoridad ambiental competente (24). Hoy en día gracias a las acciones realizadas por el acueducto, y

demás entes ambientales el humedal La Vaca cuenta con una mejora de sus componentes hidráulicos, sanitarios, bióticos y urbanísticos.

Según Elisabeth Cruz Barbosa (29) en su trabajo de grado, titulado “Identificación y valoración socioecológica de bienes y servicios ecosistémicos del humedal La Vaca (Bogotá, Cundinamarca)” la clasificación del humedal fue adoptada por la política Nacional para Humedales interiores de Colombia en la cual, el Humedal La Vaca se clasifica como interior, sistema lacustre, subsistema permanente, clase emergente y subclase pantanos y ciénagas dulces permanentes.

De igual manera la autora menciona que, la Política de Humedales del Distrito Capital, maneja una clasificación diferente, basándose en criterios de origen, morfología y posición orográfica, clasificando en tres grupos diferentes a los humedales que son: Humedales de páramo, andinos de ladera y de planicie. De acuerdo a esta tipología el humedal La Vaca se clasifica como de planicie, con origen fluviolacustre, con espejo único y múltiples áreas inundables morfológicamente no uniformes (29).

2.5.1 FAUNA PRESENTE EN EL HUMEDAL LA VACA



Patos canadienses (*Anas discors*)

Es un ave migratoria que, durante invierno en el hemisferio norte, viaja a destinos como costa del golfo de México y en los humedales de la llanura del Caribe en Colombia y Venezuela donde chapotean, se alimentan y buscan descanso (30)



Conejo Chinchilla

El conejo Chinchilla es una raza obtenida de cruces entre conejos silvestres. La característica principal de esta raza es su color gris salpicado de pelos negruzcos, similares a los de las chinchillas (31).



Tingua picorroja (*Gallinula chloropus*)

Se encuentra mayormente en charcas o humedales de agua dulce con vegetación acuática que le sirva para ocultarse. Requiere de un hábitat sin ruidos (32).



Tingua azul (*Porphyrio martinica*)

Se alimenta de material vegetal, huevos y polluelos de otras aves e invertebrados acuáticos, realizan movimientos nocturnos entre distintos cuerpos de agua, especialmente en los meses de diciembre-enero y junio-julio (33).



Monjitas (*Agelaius icterocephalus*)

Es una especie de ave passeriforme de la familia Icteridae. La monjita bogotana es una subespecie endémica del altiplano cundiboyacense y es posible verla en todos los humedales de Bogotá (34).



Sirirí (*Tyrannus melancholicus*)

El sirirí común es una de las aves más comunes y conspicuas en Colombia, habita en terrenos abiertos o semiabiertos con árboles dispersos, también en áreas residenciales y en claros y orillas de ríos en zonas selváticas. (35).



Golondrinas (*Notiochelidon murina*)

La golondrina es una especie de ave de la familia Hirundinidae. Es propia de Sudamérica. Sus hábitats naturales son los matorrales tropicales o subtropicales a gran altitud, los pastizales tropicales o subtropicales de gran altitud y las tierras de pastoreo (36).



Garza del ganado (*Bubulcus ibis*)

Habita en granjas, pantanos; a menudo cerca de rebaños de ganado, también se la ve en hábitats acuáticos, entre ellos, campos inundados o pantanos. Nidifica en árboles o arbustos en colonias junto a otras garzas y garcetas (37).



Tórtolas (*Zenaida auriculata Eared Dove*)

Vive comúnmente en Sudamérica, habita en las selvas tropicales de tierras bajas, en las montañas, en los llanos y en los terrenos de cultivo. Se le documenta desde el nivel del mar hasta los 3400 metros de elevación (38).



Ratas (*Rattus spp.*)

Es un género de roedores, conocidos comúnmente como ratas. Son de mediano tamaño. Poseen patas anteriores cortas, con cuatro dedos y patas posteriores, más largas, con cinco dedos. Está presente en todo tipo de hábitats, como edificios, alcantarillas, graneros, granjas, basureros (39).



Rana sabanera (*Hyla labialis*)

Rana más común en la sabana de Bogotá, endémica de la cordillera Oriental, es común encontrarla en charcos, pantanos, zonas de inundación y donde se llevan a cabo fenómenos de descomposición de la materia orgánica (40).



Turpiales (*Icterus icterus*)

Ave perteneciente a la familia de los ictéridos que se caracteriza principalmente por su variado y melodioso canto. Entre las características físicas más resaltantes se encuentra que su plumaje es negro con amarillo, su pico es de forma cónica, agudizado y comprimido (41).

2.5.2 FLORA PRESENTE EN EL HUMEDAL LA VACA



Junco (*S. acutus*)

Es una planta de la familia *Juncaceae*. Esta planta crece en lugares húmedos, particularmente en pantanos y marjales. Son plantas herbáceas, perennes y rizomatosas que miden aproximadamente 90 cm de altura. Sus hojas son delgadas, cilíndricas y caulinares (42).



Sangregado (*Croton draco*)

Se encuentra en América tropical. El árbol alcanza una altura de 18 a 20 m. La madera es apropiada para la manufactura de cajas para embalaje y como materia prima para la fabricación de pulpa para papel (43).



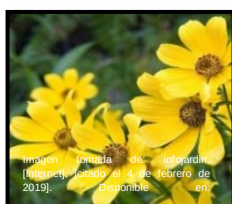
Mano de oso (*Oreopanax incisus*)

En Colombia se encuentra en las cordilleras central y oriental, el árbol alcanza los 25m de altura. El árbol protege las riberas de los ríos, produce buena hojarasca, su copa brinda buen sombrío (44).



Sauco (*Sambucus peruviana*)

Es una planta andina utilizada por su sombra y valor ornamental. Sus frutos sirven de alimento, su follaje tiene propiedades afrodisíacas y medicinales para el hombre, y su madera es de alta calidad. Los extractos de flores y hojas presentan actividad antimicrobiana (45)



Botoncillo (*Bidens laevis*)

Originaria del sur de los Estados Unidos, donde crece en los humedales, incluidos los estuarios y las riberas de los ríos. Esta es una hierba anual que alcanza un tamaño de 20 centímetros de altura (46).



Barbasco (*Polygonum* sp.)

También conocida como Picantilla, endémica de todo el continente americano; su presencia es muy común en la mayoría de los humedales de Bogotá. Las hojas frescas se usan en forma externa para curar granos, sarpullidos, heridas, golpes (47).



Sombrilla de agua (*Hydrocotyle rannunculoides*)

Conocida también como sombrerito de agua. En otras partes del país le conocen como oreja de ratón, es originaria de América del Sur. Tiene presencia en varios humedales Bogotanos (47)



Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Tiene alto potencial invasivo debido a sus agresivos rizomas y estolones, con los que penetra la tierra, formando rápidamente densas redes suprimiendo a otras especies.

Es muy usado como forraje rico en proteína (48).



Sauce (*Salix humboldtiana*)

Originario de América del Sur. Crece sobre todo a las orillas de ríos, quebradas y nacientes, también es común encontrarlo a lo largo de muchas cercas de potreros en zonas arriba de 1300 m de altitud. Al ser una especie riparia puede soportar inundaciones cortas y en donde los terrenos son muy inestables desarrolla raíces aéreas para sostén (49).

2.6 PROBLEMÁTICA DEL HUMEDAL LA VACA

En la actualidad el humedal la Vaca presenta diversos factores que afectan la calidad del agua, el sector norte posee una gran problemática ya que sus principales entradas de agua provienen de la red de alcantarillado pluvial generando conexiones erradas y descarga de afluentes que van directamente al humedal. Desde un punto de vista biótico este ecosistema se encuentra afectado principalmente por la alta pérdida de biodiversidad, poca área disponible, contaminación, colmatación y déficit hídrico. Otro factor que influye en el deterioro del humedal la vaca es el efecto antropogénico debido a que los procesos de invasión y urbanización han hecho que este se fragmente en dos sectores y haya una reducción significativa de esta zona natural, por otra parte la presencia de habitantes de calle, animales ajenos al humedal y el arrojamiento de basura por parte de la población cercana hace que se aumente su contaminación e inseguridad (24).

Según un reporte dado por el periódico El Espectador (6), el deterioro del humedal se debe a que hace 15 años se convirtió en un botadero de desechos de la

localidad, donde particularmente en horas de la noche se depositan toda clase de residuos y escombros. Esta problemática no solo produce la contaminación del ecosistema, sino que ha derivado en problemáticas sociales como el robo, el consumo y venta de sustancias psicoactivas y el aumentando la inseguridad de la localidad.

Teniendo en cuenta lo anterior es importante realizar el diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua, con el fin de aportar conocimiento del estado actual a las entidades encargadas de la restauración ecológica, de tal manera que lleguen nuevas especies migratorias y permanezcan las especies residentes tanto de flora como de fauna, la recuperación de este ecosistema permitirá que éste pase de ser un humedal deteriorado a un lugar pedagógico y recreativo (50).

2.7 MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Son organismos que tienen un comportamiento similar a microorganismos patógenos como la procedencia, concentración, hábitat y reacción a factores ambientales. Su presencia determina la existencia de patógenos y permite comparar sus reacciones a cambios de pH y temperatura o desinfección, con la ventaja de ser más fácilmente cultivables o identificables, y económicamente factibles (51).

Determinar el tipo de microorganismos presentes en el agua y su concentración proporciona herramientas indispensables para conocer la calidad de la misma y para la toma de decisiones en relación al control de vertidos, tratamiento de aguas y conservación de ecosistemas, evitando así el riesgo de contaminación de las personas y el ambiente.

Los microorganismos indicadores de contaminación deben cumplir los siguientes requisitos (52):

- 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 estén.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos.
- 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

2.7.1 Coliformes totales

Los coliformes son una familia de bacterias Gram negativas, no formadoras de esporas, oxidasa negativa, anaerobios facultativos, fermentadores de lactosa con producción de gas, se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y constituyen aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales, estos permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas (53).

La presencia de bacterias coliformes es un indicio de contaminación del agua con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. (54).

Las bacterias del tracto intestinal no suelen sobrevivir en el medio acuático, puesto que están sometidas a un estrés fisiológico estando expuestas a la variabilidad de las condiciones fisicoquímicas del agua (55); cabe señalar que la presencia de coliformes en una muestra de 100mL no siempre indica que el agua está contaminada con microorganismos patógenos, sino que, en términos estadísticos, su concentración es una característica que alerta sobre la existencia de contaminación fecal y de microorganismos patógenos

Sin embargo, la densidad del grupo de los coliformes, es un indicador del grado de contaminación y, por lo tanto, de la calidad sanitaria que determina el uso que se le dará al agua (doméstico, industrial, agrícola entre otros) (56).

2.7.2 *Escherichia coli*

Escherichia coli es miembro de la familia *Enterobacteriaceae*. Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que forma parte de la microbiota normal del intestino del ser humano y los animales homeotermos, se encuentra presente en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Se excreta diariamente con las heces y por sus características, es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados últimamente (57).

2.7.3 *Enterococcus*

El grupo de los *Enterococcus* es un subgrupo de los *Streptococcus* fecales e incluye a especies como *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. gallinarum* y *S. avium* (64); pueden utilizarse como índice de contaminación fecal, ya que la mayoría de las especies no proliferan en medios acuáticos. Este grupo presenta importantes ventajas: tienden a sobrevivir durante más tiempo que *E. coli* en medios acuáticos, y son más resistentes a la desecación y a la cloración. (58)

2.7.4 *Pseudomonas sp.*

El género *Pseudomonas* está constituido por bacilos aerobios Gram negativos móviles. Es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua. En las aguas residuales se identifican con base en características fisiológicas como por ejemplo el uso de diversos compuestos orgánicos como fuentes de carbono y energía que aumentan su capacidad de resistir a factores ambientales, puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas propicias en contacto con el agua (59).

El uso de *Pseudomonas* como un tipo de indicador se tuvo en cuenta cuando se comprobó su capacidad de inhibir los coliformes, siendo los indicadores de contaminación de agua más usados en el mundo (60)

3. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente estudio fue realizado en la zona norte del humedal La Vaca, ubicado en la localidad de Kennedy al sur occidente de la ciudad de Bogotá. Las muestras utilizadas en este trabajo se tomaron en dos épocas climáticas.

3.1 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

Universo: Humedales Bogotá D.C.

Población: Humedal La Vaca localidad de Kennedy zona sur Bogotá D.C

Muestra: 20 muestras tomadas del cuerpo de agua del humedal La Vaca en dos épocas climáticas del año; 10 muestras en época seca y 10 muestras en época de lluvia.

3.2 HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES

3.2.1 Variables

Dependiente:

Recuento bacteriológico de (Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.* y *Enterococcus*).

Indicador: UFC/100ml

Independientes

Calidad de agua.

Épocas climáticas (época seca y época de lluvia).

3.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

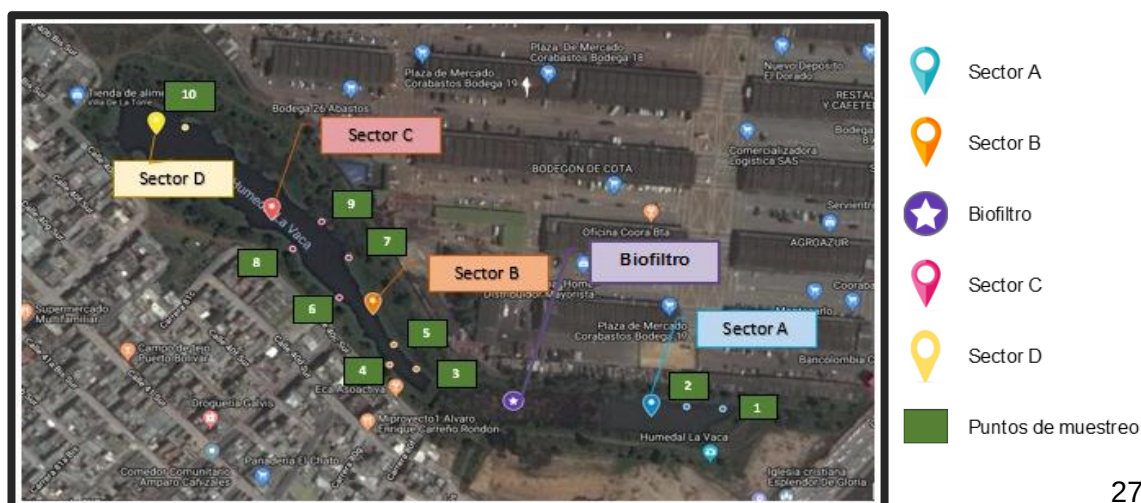
3.3.1 Sitio de estudio

El área de estudio se localiza en la zona norte del humedal La Vaca, ubicado en la localidad de Kennedy al sur occidente de la ciudad de Bogotá; es la zona más conservada del humedal, puesto que ha tenido intervención por parte de las entidades encargadas y esta se encuentra delimitada, sin embargo, se observaron viviendas construidas a pocos metros del cuerpo de agua, así como también la presencia de empresas tales como: fábrica de tubos, alimento para mascotas y la mayor corporación de abastecimiento de Bogotá “Corabastos”. Cuenta con un mantenimiento periódico en el cual se retira la flora invasora y se recogen las basuras arrojadas por parte de la comunidad.

3.3.2 Elección de los puntos de muestreo

Para la elección de los puntos de muestreo se tuvo en cuenta las recomendaciones de las funcionarias del humedal, la ubicación del biofiltro y la importancia de los puntos. El espejo de agua se dividió en diferentes sectores (A, B, C y D) tal y como se evidencia en la figura 2. se tomaron 10 muestras en temporada seca, 10 en temporada lluvia y se utilizaron los mismos puntos para las dos temporadas.

Figura 2. Sitios de toma de muestra. Google Maps



En la tabla 3 se encuentran las coordenadas de los puntos de toma de muestra.

Tabla 3. Coordenadas y puntos de toma de muestra

SECTOR	PUNTO	COORDENADA
A	1	4.62753, -74.15928
	2	4.62754, -74.15952
B	3	4.62785, -74.16151
	4	4.62799, -74.16148
	5	4.6281, -74.16167
C	6	4.62841, -74.16191
	7	4.62859, -74.16182
	8	4.62872, -74.16216
	9	4.62889, -74.16196
D	10	4.62958, -74.16287

3.3.2.1 Descripción de los puntos de muestreo en el humedal La Vaca

Laguna de sedimentación

Punto 1.

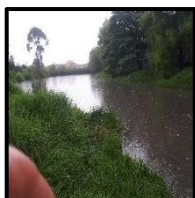


Punto de entrada de agua al humedal.

Presencia de materia vegetal en descomposición y basuras.

Laguna de sedimentación

Punto 2.



Antes del biofiltro.

Se observó acumulación de basura en el biofiltro.

Punto 3.



Espejo de agua

Después del biofiltro

No se observa basura en el agua.

Punto 4.



Espejo de agua
Iniciando laguna natural
Presencia de flora invasiva

Punto 5.



Espejo de agua
Plantación de junco al costado de
la laguna natural

Punto 6.



Espejo de agua
Centro de la laguna natural,
Presencia de una fábrica de tubos.

Punto 7.



Espejo de agua
Centro de la laguna natural
Filtraciones de agua provenientes
de Corabastos

Punto 8.



Laguna natural costado norte

Punto 9.



Laguna natural

Punto
10



Final de la laguna natural

3.3.3 Toma de muestra

La toma de muestra de este estudio se llevó a cabo teniendo en cuenta la Norma Técnica colombiana NTC ISO 5667-2 de 1995, y la Norma técnica colombiana NTC ISO 5667-3 de 2004 las cuales tienen como objetivo brindar un protocolo de muestreo que permita realizar un control de calidad (60).

Los recipientes que se usaron para las muestras de agua provenientes del humedal La Vaca, fueron botellas de vidrio con tapas roscadas con un volumen de 500 ml, que resistieron a la esterilización con el fin de evitar la contaminación. Las muestras fueron tomadas de forma manual directamente hacia el frasco; tras el proceso de recolección se identificaron las respectivas muestras con una numeración consecutiva, localización, sector, coordenada, fecha y hora de recolección. Cabe señalar que las muestras fueron transportadas en neveras portátiles de icopor conservando la cadena de frío, hasta el procesamiento de las mismas en laboratorio, en un plazo menor a 6 horas (61).

3.3.4 Procesamiento de las muestras

Filtración por membrana

Para el recuento de UFC/100 mL, se utilizó la técnica de filtración por membrana, mecanismo mediante el cual se atrapan microorganismos en la superficie de una membrana de nitrocelulosa la cual posee un diámetro de poro de 0.45 μm , los microorganismos cuyo tamaño es mayor que el tamaño del poro quedan atrapados, esto gracias a una bomba eléctrica que ejerce presión diferencial sobre la muestra de agua haciendo que se filtre. Las bacterias quedan en la superficie de la

membrana y luego está es llevada a un medio de enriquecimiento selectivo. (62). En la tabla 4 se encuentran los medios utilizados para cada indicador.

Tabla 4. Medios de cultivo para indicadores de contaminación.

NOMBRE DEL MEDIO	FUNDAMENTO	CONDICIONES DE INCUBACIÓN
Endo	Medio selectivo que utiliza la combinación sulfito de sodio y fucsina básica, ocasionando la supresión parcial de los microorganismos Gram positivos. Los coliformes fermentan la lactosa, produciendo colonias color rosa oscuro a rojizo con un brillo metálico verdoso, Las colonias de microorganismos que no fermentan la lactosa son incoloras o de color rosa pálido (63).	Temperatura :37°C Tiempo: 24 a 48 horas
M-FC	Medio selectivo para coliformes, que contiene azul de anilina como indicador de pH y proteínas del hidrolizado de carne que aportan una fuente de nitrógeno, la fermentación de lactosa producida por coliformes acidifica el medio, generando colonias azules, mientras que las no fermentadoras darán color gris. La lactosa es el sustrato de fermentación diferenciador mientras que las sales biliares inhiben las bacterias Gram positivas el cloruro de sódico aporta la concentración osmótica adecuada. (64).	Temperatura :45°C Tiempo : 24 a 48 horas
Azida	Medio con excelentes nutrientes para el crecimiento de microorganismos exigentes. La azida de sodio tiene un efecto bacteriostático sobre los microorganismos Gram negativos y favorece el crecimiento de microorganismos Gram positivos (65).	Temperatura :37°C Tiempo : 48 a 72 horas

Cetrimide	Medio selectivo que permite el crecimiento de <i>Pseudomonas sp.</i> y estimula la formación de pigmentos la peptona de gelatina aporta los nutrientes para el desarrollo microbiano, el cloruro de magnesio y el sulfato de potasio promueven la formación de piocianina, pioverdina y fluoresceína. la cetrimida es un agente catiónico que actúa como agente inhibidor (66).	Temperatura :37° Tiempo : 24 a 28 horas
------------------	---	--

3.3.5 Controles

Como control negativo se utilizó agua destilada estéril y como controles positivos cepas de *E. coli*, *Enterococcus* y *Pseudomonas sp.* Proporcionadas por el semillero cepario de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

3.3.6 Identificación de los microorganismos aislados

Para la identificación de algunos de los microorganismos aislados se utilizó el sistema BD BBL Crystal, es un método de identificación en miniatura que utiliza substratos convencionales, fluorogénicos y cromogénicos modificados. Una vez inoculados los paneles proporcionan un sistema fácil y seguro de manejar. Su incubación se realiza durante 24 horas a 37 grados centígrados y posteriormente se procede a realizar la identificación del microorganismo mediante un software de BD (67).

4. RESULTADOS

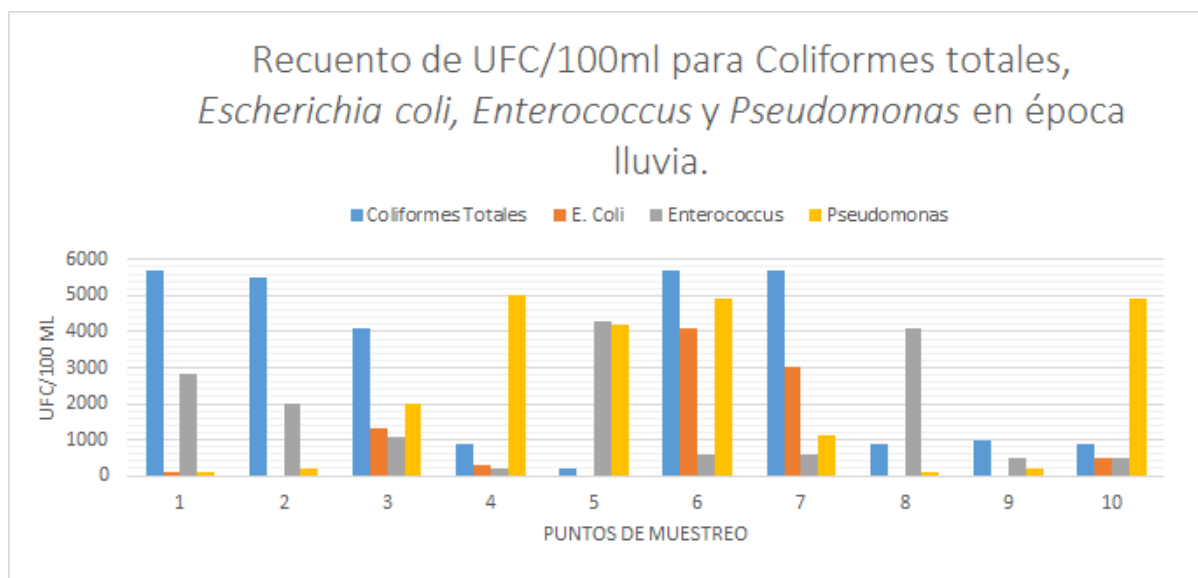
Las muestras fueron tomadas en dos épocas climáticas del año 2018, en el mes de mayo se realizó la toma de muestra de la época lluvia y en septiembre la de época seca. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 8.

Tabla 5. Recuento de indicadores en las dos épocas (lluvia y seca).

Sector	Puntos de muestreo	Coliformes totales		<i>E. coli</i>		<i>Enterococcus</i>		<i>Pseudomonas</i> sp.	
		Época seca	Época lluvia	Época seca	Época lluvia	Época seca	Época lluvia	Época seca	Época lluvia
A	1	>5700	>5700	0	100	>5700	2850	>5700	100
	2	>5700	5500	0	0	0	2000	>5700	200
B	3	>5700	4100	0	1300	>5700	1080	>5700	2000
	4	3300	900	500	300	200	200	3500	5000
	5	>5700	200	0	0	>5700	4300	>5700	4200
C	6	300	>5700	0	4100	400	600	200	4900
	7	0	>5700	0	3000	>5700	600	>5700	1100
	8	2000	900	1000	0	0	4100	2500	100
	9	>5700	1000	0	0	>5700	500	>5700	200
D	10	1500	900	900	500	0	500	>5700	4900

En la figura 3 se evidencia el recuento de cada uno de los indicadores de contaminación en época lluvia. Los puntos 1 y 2 se encuentran ubicados en la laguna de sedimentación, donde hay presencia de materia orgánica proveniente de los alrededores y una mayor concentración de microorganismos, razón por la cual se puede explicar el recuento alto de UFC/100mL de coliformes totales y *Enterococcus*. El humedal también cuenta con un biofiltro localizado entre el sector A (puntos 1,2) y B (puntos 3,4) que ayuda a la purificación del cuerpo de agua. Sin embargo, en todos los puntos de muestreo tomados después del biofiltro hasta terminar el espejo de agua se visualiza la existencia y el recuento alto de UFC/100 mL de algunos indicadores de contaminación dado a que factores como el hábitat de roedores en la vegetación, vertimientos de corabastos que caen directamente al agua, y las escorrentías de aguas superficiales en época de lluvia pueden influir para el desarrollo de estas bacterias.

Figura 3. Promedio de recuento de indicadores de contaminación en época lluvia.



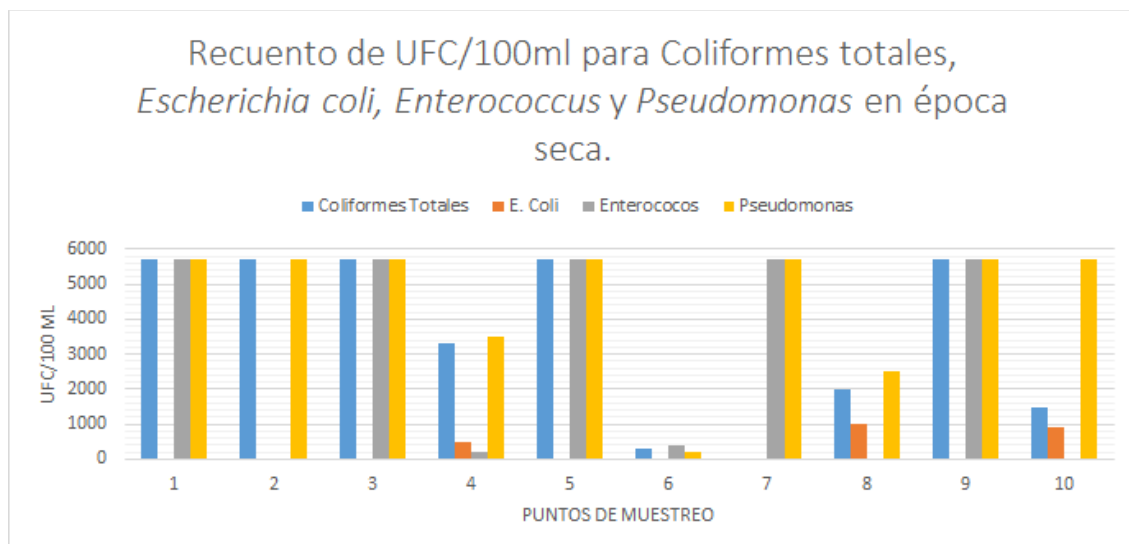
En la figura 4 se observa el recuento de cada uno de los indicadores de contaminación en época seca. El recuento de UFC/100mL para esta época fue mayor en los puntos 1,2 y 3 siendo los dos primeros puntos tomados antes del biofiltro lugar donde existe una mayor contaminación de desechos orgánicos e inorgánicos. El punto 3 fue tomado finalizando el biofiltro y su recuento alto puede

deberse al escape de un vertimiento de agua contaminada que caía directamente al humedal. En cuanto a los puntos 5, 7, 9 y 10 también se visualiza un recuento alto de determinados microorganismos ya que cerca de estos puntos existe un mayor contacto con animales, humanos y desechos de basura arrojados por las viviendas cercanas al humedal.

En esta época, se observa que Coliformes totales, *Enterococcus* y *Pseudomonas* sp., se encuentran con un alto número de UFC/100 mL en cuatro puntos diferentes (1, 3, 5 y 9). Los recuentos más bajos para coliformes se presentaron en los puntos 4, 6, 8 y 10; en el punto 7 no presentaron crecimiento. Así también para *Enterococcus* se obtuvo un menor resultado en los puntos 4 y 6; los puntos 2, 8 y 10, no presentaron crecimiento. En *Pseudomonas* sp., se observó bajos recuentos en tres muestras analizadas.

Por otro lado, para *Escherichia coli* se observó alto recuento de UFC/100 mL en el punto 8; bajos recuentos en los puntos 4 y 10. En los demás puntos de muestreo no hubo crecimiento (Tabla 5, figura 4).

Figura 4. Promedio de recuento de indicadores de contaminación en época seca.

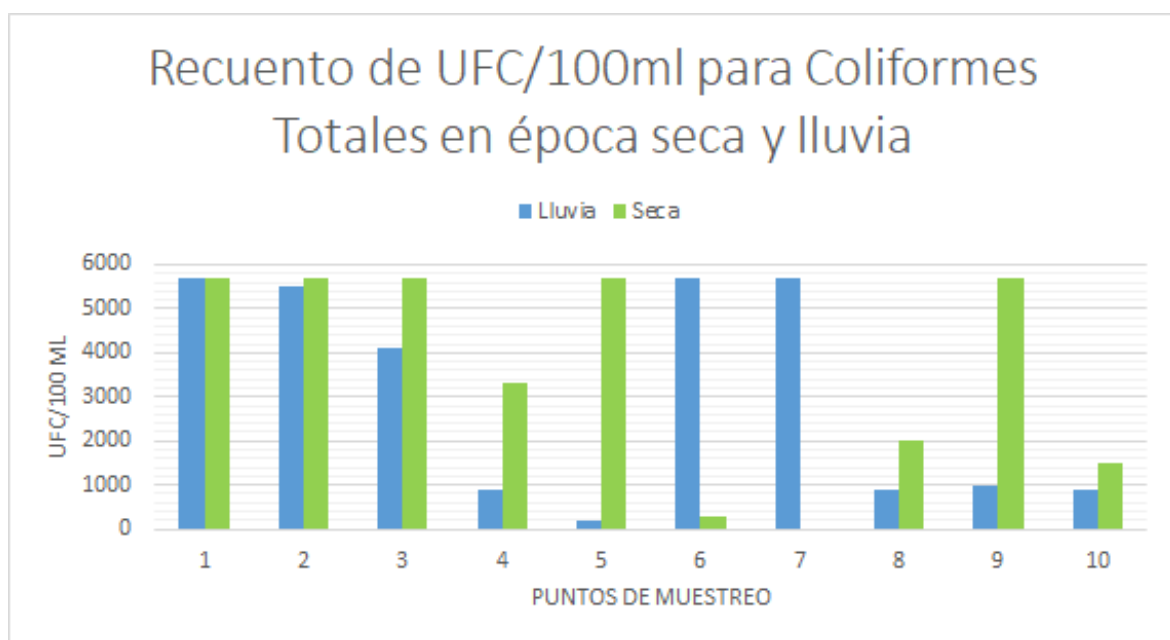


En la figura 5 se puede visualizar que los puntos 1, 2 y 3 ubicados entre el sector A y B del humedal presentan un recuento alto de coliformes totales en las dos

épocas. La invasión de desechos de basura, gran cantidad de roedores, presencia de “tinguas solitarias” en la laguna de sedimentación y el fácil acceso de habitantes de calle a estos sectores hace que los microorganismos indicadores de contaminación tengan un mejor ambiente para su supervivencia.

Los puntos 5, 6, 7,9 se encuentran ubicados en un lugar más limpio del humedal, sin embargo, mostraron un recuento alto UFC/100mL en diferentes épocas ya que diversos factores como la abundante vegetación, concentración de nutrientes, concurrencia de animales (patos, gatos, perros y conejos) y las escorrentías de aguas superficiales en época de lluvia pudo influir en el desarrollo de este indicador.

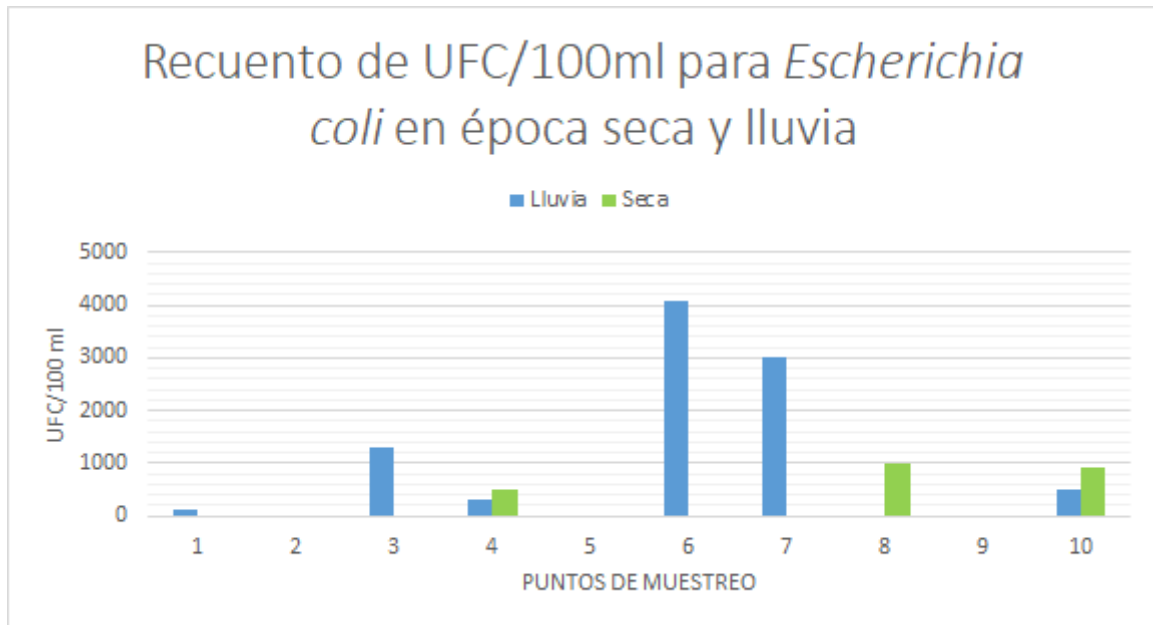
Figura 5. Recuento de coliformes totales en época seca y lluvia.



En la figura 6, se observan los resultados obtenidos para la especie de *E. coli*, en época seca se observó un recuento mayor de 1000 UFC/100 mL para el punto 8 y 900 UFC/100 mL para el punto 10, además se presentó un bajo recuento en el punto 4. Los demás puntos no reportaron crecimiento de UFC/100 mL para esta época. En comparación con la época de lluvia se observó un crecimiento mayor a 1000 UFC/100 mL en el punto 3, 6 y 7; los demás puntos de muestra tuvieron bajos

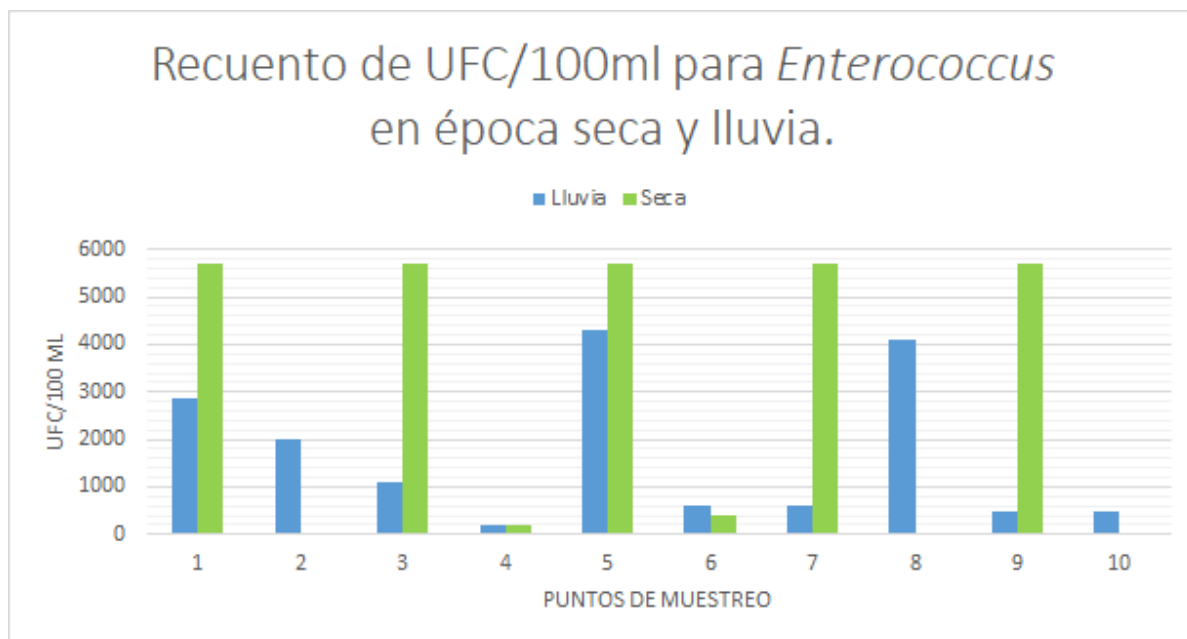
recuentos. Los puntos 2, 5 y 9 no presentaron crecimiento en ninguna de las dos épocas para *E. coli* (Tabla 5, figura 6).

Figura 6. Recuento de *E. coli* en época seca y época de lluvia.



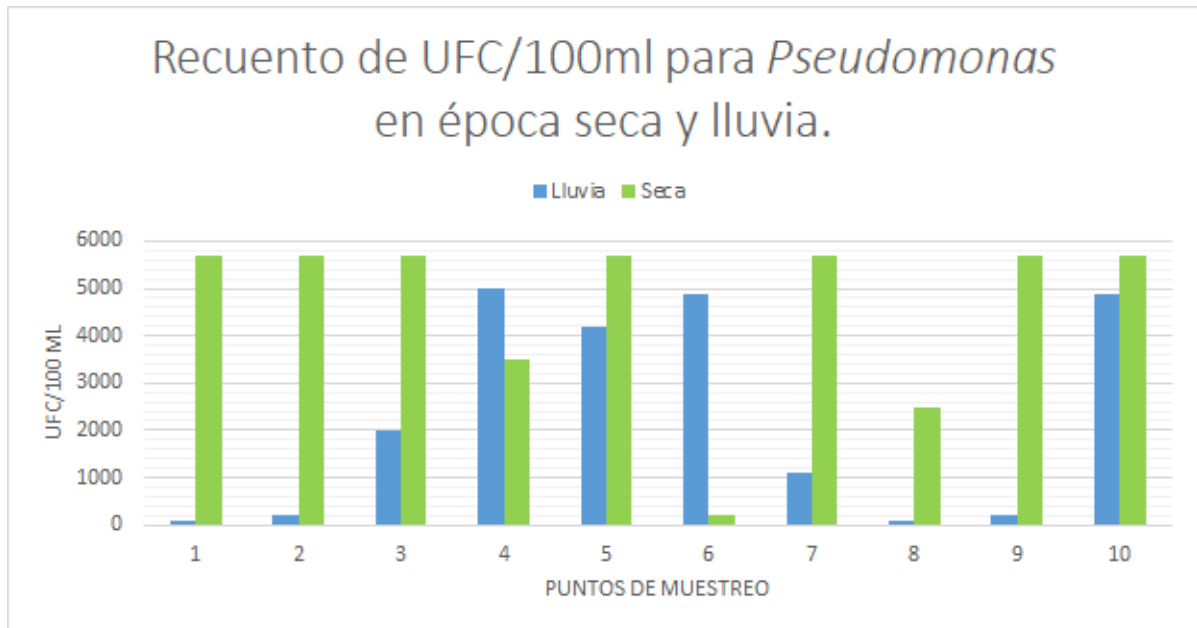
Para la figura 7, el recuento de *Enterococcus* en época seca presentó un crecimiento mayor a 5.700 UFC/100 mL en los puntos 1, 3, 5, 7, y 9; un bajo recuento los puntos 4 y 6. Además se observó que no hubo crecimiento de UFC/100 mL en los puntos 2, 8 y 10 (Tabla 8, figura 4). En cuanto a época de lluvia se observaron recuentos en todos los puntos de los cuales, los mayores fueron de para el punto 5 y 8. Los demás puntos de muestreo presentaron bajo crecimiento de UFC/100 mL (Tabla 5, figura 7).

Figura 7. Recuento de *Enterococcus* en época lluvia y seca.



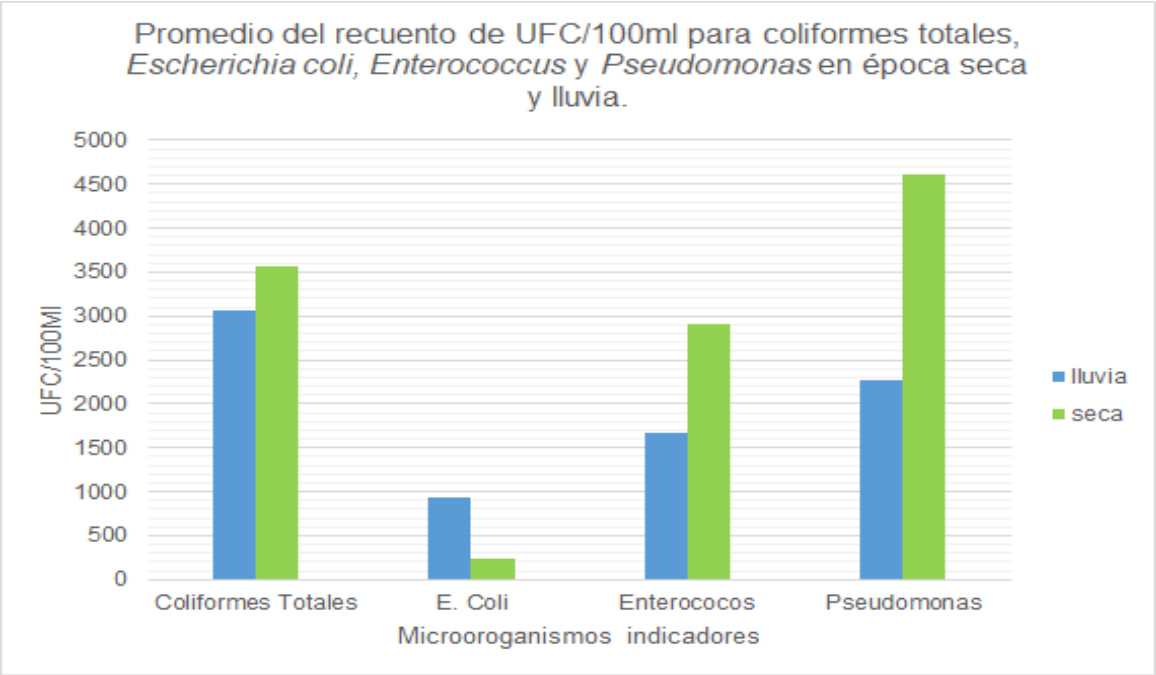
En la figura 8 se puede observar el género *Pseudomonas* sp. el cual presentó crecimiento con recuento mayor a 5700 UFC/100 mL en siete puntos del total de los evaluados y bajos recuentos en los puntos 4, 6 y 8 en época seca había poca cantidad de agua y gran cantidad de vegetación (tabla 8, figura 4,8). Por el contrario, en las muestras evaluadas en la época de lluvia, se observó un mayor crecimiento en los puntos 4, 6 y 10 con recuentos entre 4.200 a 5.000 UFC/100 mL; mientras que los puntos 3 y 7 presentaron recuentos de 2000 UFC/100 mL y 1.100 UFC/100 mL respectivamente. Adicionalmente los recuentos más bajos fueron en los puntos 1, 2, 8 y 9 con un rango entre 100 y 200 UFC/100 mL (Tabla 5, figura 8).

Figura 8. Recuento de *Pseudomonas sp.* En dos épocas climáticas seca y de lluvia.



En la figura 9, se observa el promedio de UFC/100mL en las dos épocas de muestreo, evidenciando que en época seca *Pseudomonas sp.*, coliformes totales y *Enterococcus* presentaron recuentos más altos que en época lluvia, mientras que *E.coli*, obtuvo un mayor recuento en época de lluvia que en seca.

Figura 9. Promedio del recuento de microorganismos indicadores de contaminación en las dos épocas climáticas.



4.1 Bacterias aisladas

Durante el estudio realizado en el Humedal La Vaca, se identificaron algunas bacterias por medio de pruebas bioquímicas rápidas Tabla 6.

Tabla 6. Identificación de algunas de las bacterias presentes en el Humedal La Vaca.

BACTERIAS GRAM NEGATIVAS	CANTIDAD DE PUNTOS EN EL HUMEDAL LA VACA	PORCENTAJE
<i>Escherichia coli</i>	9	45%
<i>Enterobacter aerogenes</i>	3	15%
<i>Enterobacter sakazakii</i>	2	10%
<i>Enterobacter cloacae</i>	2	10%
<i>Citrobacter freundii</i>	1	5%
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7	35%
<i>Klebsiella oxytoca</i>	6	30%
<i>Aeromonas hydrophila</i>	9	45%
<i>Aeromonas caviae</i>	2	10%
<i>Pseudomonas putida</i>	12	60%
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5	25%
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	2	10%
<i>Burkholderia cepacia</i>	4	20%
<i>Kluyvera cryocrescens</i>	1	5%
BACTERIAS GRAM POSITIVAS	CANTIDAD DE PUNTOS EN EL HUMEDAL LA VACA	PORCENTAJE
<i>Enterococcus faecium</i>	2	10%
<i>Enterococcus durans</i>	9	45%
<i>Streptococcus bovis</i>	2	10%
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	3	15%
<i>Micrococcus roseus</i>	1	5%
<i>Enterococcus faecalis</i>	2	10%
<i>Enterococcus casseliflavus</i>	2	10%

Los resultados de este trabajo fueron socializados en el VIII Encuentro Institucional de Semilleros de Investigación y V Encuentro Institucional de Grupos de Investigación, el 30 de enero de 2019 y con los niños guardianes del Humedal, el grupo de mujeres Semillas y estudiantes de la Universidad Católica, en el Humedal La Vaca.

5. DISCUSIÓN

Al comparar las dos épocas climáticas se evidencia que la época seca presenta un mayor recuento de UFC/100mL para los microorganismos indicadores de contaminación excepto para *E. coli*, estos resultados difieren con los mencionados por Ávila et al 2014(11) en el humedal Jaboque, ya que en ese estudio se obtuvo un mayor recuento para coliformes totales y *Enterococcus* en época lluvia, debido a las escorrentías superficiales

Por otra parte, Halaby et al(68). en su estudio “Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua del P.E.D.H el Burro, Bogotá Colombia” (68) reportaron recuentos altos de indicadores de contaminación a excepción de *E. coli* en época seca, resultados que son similares al del Humedal La Vaca. En el trabajo realizado en el Humedal La Conejera por Chávez S et al (9) también se evidenció un recuento alto para Coliformes totales y *Enterococcus* en época seca. El aumento de indicadores de contaminación del Humedal La Vaca en época seca puede relacionarse con la presencia frecuente de habitantes de calle y el constante depósito de basura por parte de la comunidad que lo rodea, la vegetación abundante (9) y el incremento de la temperatura, el cual tiene como efecto la evaporación intensa del agua generando así una alta concentración de nutrientes disponibles (69).

En el presente estudio se evidenció que tanto en época de lluvia (2750 UFC/mL) como en época seca (3070 UFC/mL) se obtuvieron promedios altos de coliformes totales, comparados con los promedios encontrados en un estudio realizado por Arias 2016 en el humedal Salitre (13), donde se obtuvo un promedio de 971.4 UFC/100 mL; sin embargo, en otros humedales de Bogotá se han encontrado recuentos más altos, como es el caso del humedal La Conejera, donde el promedio obtenido fue de 63280 UFC/100 mL en temporada seca y de 25150 UFC/100 mL en temporada de lluvia (9); en otro trabajo realizado por Halaby et al (68).en el 2018 en el humedal El Burro mostró un recuento de coliformes totales más alto en época seca que de lluvia (68).

El humedal cuenta con un biofiltro que consta de una plantación de juncos los cuales absorben o se alimentan de los nutrientes del agua contaminada con desechos tóxicos, orgánicos e inorgánicos que favorecen su crecimiento. Dichos nutrientes se eliminan con él cambio de tallo del junco formando una capa aislante (69). Las muestras 1 y 2 fueron tomadas antes del biofiltro en el sector A del espejo de agua, las cuales tuvieron un mayor recuento de coliformes totales a diferencia de los puntos 3 y 4 ubicados en el sector B después del biofiltro, donde el recuento fue menor. Por se puede inferir que el biofiltro biológico con el que cuenta el humedal cumple su función y retiene diversas partículas. En cuanto a los puntos 6 y 7 ubicados en el sector C del humedal, el recuento es alto, probablemente debido a que a este sector llegan los desagües provenientes de Corabastos, por lo tanto, se observa un incremento de coliformes totales y *E. coli*.

El humedal la Vaca mostró un recuento alto para *E. coli* en época de lluvia, similar a lo encontrado en los estudios del humedal Jaboque (11) y el Burro (68). A pesar que el recuento de *E. coli* fue mayor en época de lluvia, su promedio es inferior frente a los otros indicadores de contaminación, este fenómeno puede deberse a la ausencia de nutrientes y las condiciones ecológicas en el ambiente, lo que evita la multiplicación fuera del huésped y por esta razón *E. coli* es considerada como un indicador de contaminación fecal reciente (70).

En cuanto al recuento de *Enterococcus* en la época de lluvia, se encontró que los puntos 5 y 8 presentaron los mayores recuentos, a diferencia de la época seca, en donde los puntos 1, 3, 5, 7 y 9 mostraron un recuento elevado. Comparando los resultados obtenidos en el humedal La Vaca, con los valores reportados por Chaves et al (9) en el Humedal La Conejera y Halaby et al(68). En el Humedal el Burro se evidencia una similitud con respecto al recuento de *Enterococcus* en la época seca, los recuentos elevados se pueden relacionar con el fácil acceso de animales y personas, con los vertimientos directos y los asentamientos humanos. Se ha reportado que las especies que se encuentran con mayor frecuencia en aguas contaminadas son *E. faecium* y *E. faecalis* (71), en este trabajo se logró

identificar *E. faecium*, *E. faecalis* y *E. casseliflavus*. Por otra parte, el trabajo desarrollado por Ávila et al(11). 2014 en el Humedal Jaboque presentó un resultado contraste para *Enterococcus* ya que en este estudio los mayores recuentos de este indicador fueron en época lluvia debido a las escorrentías superficiales.

Los recuentos de *Pseudomonas* sp. en el humedal la Vaca fueron altos e inclusive mayores al recuento de coliformes totales, *E.coli* y *Enterococcus*. en época seca , contraste con los resultados obtenidos en el Humedal Jaboque (11), la Conejera (9) y el Burro (68). donde el recuento más alto fue en época lluvia. En un estudio de Merchand(71), que evaluó la calidad del agua en el área metropolitana de Lima se reporta un recuento elevado de *Pseudomonas* sp y un recuento muy bajo de *E. coli*, esto debido a que el género *Pseudomonas* sp posee una capacidad bacteriostática mediante la producción de piocina y puede inhibir el crecimiento de *Escherichia coli*. Adicionalmente, *Pseudomonas* sp. es una bacteria que tiene la facilidad de sobrevivir y proliferarse en aguas que contengan mínimas cantidades de nutrientes. También son capaces de utilizar fuentes de carbono y nitrógeno para subsistir en diversos ambientes.(72)

En el humedal la vaca los resultados de coliformes totales, *Enterococcus* y *Escherichia coli* fueron altos debido a los efectos antropogénicos, resultados similares a los encontrados en otros países donde la calidad bacteriológica de aguas ha tomado un papel importante. En Nicaragua se realizó un estudio llamado “Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua” 2017 (73); el cual tenía como objetivo Determinar la calidad física, química, así como bacteriológica del agua superficial de la laguna de Moyua para uso de irrigación y recreación. Teniendo en cuenta que en esta reserva hídrica se arrojan residuos domésticos, excreciones de animales, fertilizantes, plaguicidas entre otros. Se encontró que los indicadores de contaminación como: Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, *Enterococcus*, *Streptococcus* y *E. coli* superan los límites establecidos por las normatividades canadienses CAPRE lo cual confirma que la calidad del agua de la laguna Moyua no es apta para irrigaciones, recreación

activa y necesita un tratamiento bacteriológico para mejorar la calidad de la misma y disminuir el nivel de microorganismos.

En el presente trabajo el comportamiento de los indicadores de contaminación mostró una mayor concentración en los puntos 1 y 2 ubicados en la laguna de sedimentación, en contraste con el punto 10 donde finaliza el cuerpo de agua, por ende, se puede decir que las actividades de tratamiento y rehabilitación que se han realizado para la remoción de microorganismos están funcionando (74). De acuerdo con el programa de seguimiento y monitoreo de efluentes industriales y afluentes al recurso hídrico de Bogotá el cual evaluó la capacidad hidráulica, calidad del agua, y depuración de la misma en diferentes reservas hídricas, dio a conocer el comportamiento bacteriológico del espejo de agua del Humedal La Vaca, donde se tuvo en cuenta los siguientes lugares: entrada del Humedal, laguna de sedimentación y salida del mismo. Se analizaron dos indicadores de contaminación coliformes totales y *Escherichia coli* los cuales presentaron un promedio alto (entre 34480000 NMP/100 mL y 20460000 NMP/100 mL para coliformes totales y entre 12033000 NMP/100 mL y 4106000 NMP/100mL, para *E.coli*). Cabe señalar que la concentración de estos microorganismos disminuye a medida que el humedal avanza, lo que permite confirmar que las obras de adecuación y reconfiguración hidrogeomorfológicas que se han adelantado en el humedal han permitido que este realice un proceso de depuración de microorganismos.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante resaltar el efecto depurador que tienen los humedales naturales, ya que estos eliminan contaminantes mediante varios procesos como la sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización (75).

De acuerdo con el análisis realizado en el presente trabajo se puede decir que la época climática puede intervenir en el desarrollo y proliferación de los indicadores de contaminación puesto que la presencia o aumento de bacterias en el agua surge comúnmente por el efecto directo o indirecto del medio ambiente como: disponibilidad de nutrientes, pH, temperatura, humedad y demás microbiota;

parámetros que pueden influir y facilitar su supervivencia (51). Es importante saber que las comunidades microbianas responden a las alteraciones ambientales de una manera espacial y temporalmente muy dinámica. Pero a su vez, la actividad microbiana, la biomasa y la dinámica de la población pueden afectar diversas condiciones químicas y físicas (por ejemplo, pH, oxígeno disuelto, disponibilidad y equilibrio de nutrientes) y moldear fuertemente los biomas de los humedales y las funciones del ecosistema (76).

Por otra parte, es importante resaltar que Según las Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas (Resolución Ministerial 125/2016, del Ministerio de Salud de Argentina (77). los efectos del cambio climático pueden afectar las características de los microorganismos patógenos tales como el número, el tipo, la virulencia y la infectividad, dando como resultado la muerte, inactivación, su supervivencia y crecimiento. Hay que señalar que uno de los principales servicios ecosistémicos que ofrece un Humedal es la recreación (activa o pasiva) pero en el caso del humedal la vaca la recreación es pasiva es decir que puede brindar educación ambiental, miradores paisajísticos, observatorios de avifauna, toma de fotografías entre otros. En cuanto al comportamiento de los patógenos en las aguas recreativas los nuevos parámetros ambientales como pH, luz ultravioleta solar, disponibilidad de agua, temperatura, disponibilidad de nutrientes y minerales hacen que los microorganismos tengan impacto en las enfermedades transmitidas por el agua (77).

Otro factor de interés es la presencia de vegetación en aguas residuales durante la época de invierno ya que evita la acción de la luz solar sobre el agua y permite condiciones óptimas para la persistencia de algunas bacterias fecales. Según lo anterior podemos inferir que esta puede ser otra razón por la cual el cuerpo de agua del Humedal la vaca presentó un recuento alto de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus* en época de lluvia (78).

Dentro del grupo de bacterias aisladas se destacan algunas especies que son de importancia clínica y representan problemáticas de salud pública. *Klebsiella*

pneumoniae está involucrada principalmente en infecciones nosocomiales y se encontró en un 35%. Sin embargo, esta puede encontrarse naturalmente en el suelo y aguas (79), por otra parte *Burkholderia cepacia* también es un microorganismo patógeno de interés que se aisló en un 20% y se caracteriza por sobrevivir en ambientes húmedos durante extensos períodos y ser causante de algunas enfermedades pulmonares en humanos (80); además se identificó a *Pseudomonas putida* en un porcentaje de 60%. Actualmente está es utilizada a nivel industrial en procesos de biorremediación como microorganismo productor de PHAs o biocontrol de plantas (81).

6. CONCLUSIONES

- En las dos épocas climáticas (seca y lluvia) los recuentos para los cuatro indicadores de contaminación (Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.* y *Enterococcus*), fueron altos y afectan la calidad bacteriológica del humedal la Vaca.
- En el cuerpo de agua del humedal la Vaca se identificaron especies bacterianas de importancia clínica como *Klebsiella pneumoniae*, *Burkholderia cepacia*, entre otras. Así mismo se encontraron especies de interés industrial como *Pseudomonas putida* que son útiles en el biocontrol de plantas.
- La época climática influye en el recuento de indicadores de contaminación, en el Humedal La Vaca se evidenció un recuento más alto para coliformes totales, *Pseudomonas sp.* y *Enterococcus* en época seca

7. BIBLIOGRAFÍA

1. La importancia de los humedales | Ramsar [Internet]. Ramsar.org. 2015 [citado 13 febrero 2018]. Disponible en: <https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales>
2. Los beneficios de los humedales - Ecogestos [Internet]. Ecogestos. 2013 [citado 13 Febrero 2018]. Disponible en: <https://www.ecogestos.com/los-beneficios-de-los-humedales/>
3. El Agua: recurso natural más importante de la humanidad que debemos valorar y cuidar desde las cuencas [Internet]. RPP. 2018 [citado 13 Febrero 2018]. Disponible en: <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/el-agua-recurso-natural-mas-importante-de-la-humanidad-que-debemos-valorar-y-cuidar-desde-las-cuencas-noticia-1113177>
4. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. LEY 357 DE 1997 [Internet]. Bogotá; 1997 [citado 13 Febrero 2018]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0357_1997.pdf
5. Mapa de los Humedales de Bogotá [Internet]. Fundación Humedales Bogotá. [citado 13 Febrero 2018]. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/mapa-humedales-bogota/>
6. El Espectador, El plan para recuperar lo que queda del humedal La Vaca, en Bogotá. [Internet], 2018. [Citado 16 Feb 2018]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogotá/el-plan-para-recuperar-lo-que-queda-del-humedal-la-vaca-en-bogota-articulo-698271>

7. Vertimientos en el humedal La Vaca [Internet]. Fundación Humedales Bogotá. 2012. [citado 13 Febrero 2018]. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/2012/09/04/vertimientos-en-el-humedal-la-vaca/>
8. Ávila S, Estupiñán S. Calidad bacteriológica del agua del humedal de Jaboque, Bogotá Colombia. Caldasia. [Internet], 2006. [Citado 28 de feb del 2018] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v28n1/v28n1a7.pdf>
9. Chávez S et al, caracterización bacteriológica de la calidad del agua del humedal la conejera Bogotá DC: 2013, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2013
10. Caicedo L, Calderon X, Rubiano w. Evaluación bacteriológica de la calidad del agua del humedal córdoba. Bogotá, d. c., 2012-2013. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2013
11. Ávila S, Estupiñán S, Mejía A. La calidad bacteriológica del agua del humedal Jaboque (Bogotá, Colombia) en dos épocas contrastantes. Caldasia. [Internet] 2014; 36(2):323-329. [Citado 28 de feb del 2018]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/47490>
12. Fierro Ortiz E, Caballero Rodríguez L. Evaluación de la calidad del agua del humedal de santa maría del lago mediante el uso de índices biológicos y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales [Internet]. Repository.usta.edu.co. 2015 [citado 28 abril 2018]. Disponible en: <http://repository.usta.edu.co/handle/11634/1700>
13. Arias K, Bejarano I, García D. Calidad bacteriológica del agua del humedal el salitre de Bogotá en época seca y de lluvia. Bogotá: Universidad Colegio Mayor De Cundinamarca; 2016.

14. Lancheros M, Márquez A. Evaluación de la calidad del agua en el humedal la conejera, localidad 11 de Suba. Repository.udistrital.edu.co. [Internet], 2018. [Citado 26 abril 2018]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4299/1/evaluacion-calidad-del-agua-humedal-la-conejera-final-3.pdf>
15. Tuboi C, Irengbam M, Hussain SA. Seasonal variations in the water quality of a tropical wetland dominated by floating meadows and its implication for conservation of Ramsar wetlands. Physics and Chemistry of the Earth. [Internet], 2018; 103: 107-114. [Cited 23 de mar del 2018]. Aviable in : www.researchgate.net
16. encolombia 1998- 2018 en colombia.com.[internet blog]. [consultado 26 de julio del 2018]. Disponible en <https://encolombia.com/medio-ambiente/ramsar/hume-queeshumedal>
17. Ecologista n.d Los humedales , sustento de nuestras vidas .[internet, Blog]. [consultado 26 de julio 2018]. Disponible en :http://www.tallerecologista.org.ar/menu/archivos/Doc_Hum_.pdf
18. López j. n.d Humedales [Internet Blog]. [consultado 28 julio 2018]. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9655/09HUMEDALESB.pdf;jsessionid=BD65BEDB045E2E40ECC5184AA83E5C86?sequence=1>
19. Universidad Autónoma de ciudad de Juárez. Enero junio 2013. Humedales [Internet Blog]. [consultado 28 julio 2018]. Disponible en :<http://www.uacj.mx/ICB/UEB/Documents/Hojas%20tecnicas/HOJA%20TECNICA%20HUMEDALES.pdf>
20. Proyecto Urbanización en Humedales. septiembre 2014. Importancia Humedales.[Internet Blog]. [consultado 30 julio 2018]. Disponible en

:<https://proyectourbanizacionenhumedales.wordpress.com/marco-teorico/humedales/importancia/>

21. Función de los humedales. n.d. Función de los humedales [Internet Blog]. [consultado 31 julio 2018]. Disponible en :<http://humedalesdebogota.ambientebogota.gov.co/inicio/wp-content/uploads/2018/01/Funciones-Humedales.pdf>
22. González M. n.d Funcionamiento de humedales altamente fluctuantes.[Internet Blog]. [consultado 31 julio 2018]. Disponible en :<http://www.fi.unsj.edu.ar/departamentos/DptoCivil/gcuencas/pdf/Funcionamiento%20de%20humedales%20altamente%20fluctuantes.pdf>
23. Jardín Botánico de Bogotá. Humedales en Colombia. Jardín Botánico de Bogotá. [Internet], 2014. [Citado 16 Feb 2018]. Disponible en: <http://www.jbb.gov.co/index.php/generalidades/humedales-de-colombia>
24. Pontificia Universidad Javeriana, Empresa De Acueducto Y Alcantarillado De Bogotá. Plan de manejo ambiental del humedal de La Vaca. [Internet], 2008. [Citado 16 Feb 2018]. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/40b5fd17-9d0f-4bd8-8ef8-1ccc6d9de603>
25. Fundación Humedales de Bogotá. 2018.humedales bogotá.com. [internet Blog]. [consultado.24 agosto 2018]. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/2018/01/25/humedales-ramsar-colombia/>
26. Secretaria Distrital de Ambiente. Septiembre 2010.Humedales del Distrito Capital.[Internet Blog]. [consultado 31 julio 2018]. Disponible en :<https://es.calameo.com/read/000407547c042a40c919c>

27. Jardín Botánico de Bogotá. 2018. Jardín Botánico de Bogotá. Restauración Ecológica participativa. [Internet Blog]. [consultado 31 julio 2018]. Disponible en : <http://www.jbb.gov.co/index.php/restauracion-ecologica/restauracion-ecologica-participativa>
28. Acueducto agua y alcantarillado Bogotá. 2018. Política Ambiental EAB-ESP. [Internet Blog]. [Consultado 1 agosto 2018]. Disponible en <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB/Home/Ambiental/Inicio!/ut/p/z1/tVNNU8lwEP0tHnqEhLRF6i2IAzKIDirSXJw0Tdpom5Q2LeqvN4oeHPkYB8lMJsn u27dvNruAgAUgijYyoUZqRTP7D>
29. Cruz Barbosa E. Identificación y valoración socioecológica de bienes y servicios ecosistémicos del humedal La Vaca (Bogotá, Cundinamarca) [Pregrado]. Santo Tomás, Facultad De Ingeniería; 2015.
30. Aponte J. Llegó el momento de decirles 'hasta luego' a estas aves migratorias que llegaron a Colombia [Internet]. Catorce6.com. 2018 [citado 4 Feb 2019]. Disponible en: <https://www.catorce6.com/actualidad-ambiental/viaje-ambiental/15401-llego-el-momento-de-decirles-hasta-luego-a-estas-aves-migratorias-que-llegaron-a-colombia>
31. Conejo Chinchilla - EcuRed [Internet]. Ecured.cu. [citado 4 Feb 2019]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Conejo_Chinchilla
32. Meneses W. La lengua de pico rojo [Internet]. Ciudadodelalinguadepicoroyo.blogspot.com. 2015 [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://ciudadodelalinguadepicoroyo.blogspot.com/> .
33. Las lenguas en los humedales de Bogotá [Internet]. Fundación Humedales Bogotá. 2014 [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/2014/06/17/las-lenguas-en-los-humedales-de-bogota/>

34. La Monjinta bogotana [Internet]. Fundación Humedales Bogotá. 2014 [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/2014/10/06/la-monjinta-bogotana/>
35. Palacio, R. Wiki Aves de Colombia - Universidad Icesi - Cali, Colombia | Sirirí Común [Internet]. Icesi.edu.co. 2014 [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: http://www.icesi.edu.co/wiki_aves_colombia/tiki-index.php?page=Sirir%C3%AD+Com%C3%BAn
36. Golondrina Plomiza / Golondrina de vientre marrón / Orochelidon murina [Internet]. Un ave por día (691 especies hoy). 2016 [citado el 5 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://birdscolombia.com/2016/03/28/golondrina-ahumada/>
37. Garza Ganadera [Internet]. Audubon [citado el 13 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/garza-ganadera>
38. Tórtola torcaza - EcuRed [Internet]. Ecured.cu. [citado el 12 de febrero de 2019]. Disponible en: https://www.ecured.cu/T%C3%B3rtola_torcaza
39. Creaciois J. Rata común (Rattus norvegicus) [Internet]. Fauna Ibérica. [citado el 12 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.faunaiberica.org/rata-comun>
40. Rana sabanera en el páramo de Sumapaz [Internet]. Fundación Humedales Bogotá. 2014 [citado el 12 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/2014/08/05/rana-sabanera-en-el-paramo-de-sumapaz/>
41. Turpial - EcuRed [Internet]. Ecured.cu. [citado el 12 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Turpial>

42. Juncus - Plantas Ornamentales [Internet]. Plantas Ornamentales. [citado 4 Feb 2019]. Disponible en: <https://plantasornamentales.org/juncus/>
43. Imona M. Mano de oso: Oreopanax floribundum [Internet]. mariasimonaeneljardin. 2009 [citado 4 Feb 2019]. Disponible en: <http://mariasimonaeneljardin.blogspot.com/2009/05/mano-de-oso-oreopanax-floribundum.html>
44. Roman-Farje, et al. efecto tóxico del saúco, sambucus peruviana (caprifoliaceae), en daphnia magna, sitophilus zeamais y copidosoma koehleri en Perú. *chil. j. agric. anim. sci.* [online]. 2017, vol.33, n.1 [citado 04 feb 2019], pp.3-13. disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0719-38902017000100101&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0719-3882. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000101>
45. Sangregado [Internet]. Verarboles.com. [citado 4 Feb 2019]. Disponible en: <http://www.verarboles.com/Sangregado/sangregado.html>
46. Mirasol de agua (Bidens laevis) [Internet]. NaturaLista. [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/75766-Bidens-laevis>
47. Plantas acuáticas en los Humedales de Bogotá [Internet]. Fundación Humedales Bogotá. [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://humedalesbogota.com/2012/08/08/01/plantas-acuaticas-en-los-humedales-de-bogota/>
48. Kikuyo, un forraje bondadoso para la ganadería en el país | Contexto ganadero | Noticias principales sobre ganadería y agricultura en Colombia [Internet]. Contextoganadero.com. 2013 [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/kikuyo-un-forraje-bondadoso-para-la-ganaderia-en-el-pais>

- 49.Árbol de Sauce [Internet]. Fundesyram.info. [citado el 4 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2510>
- 50.Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente. Plan de Manejo Humedal La Vaca. Observatorio ambiental de Bogotá. [Internet], 2009. [Citado 16 Feb 2018] Disponible en: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/plan-de-manejo-humedal-la-vaca>
- 51.Ríos S, Agudelo R, Gutiérrez L. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Fac. Nac. Salud Pública, [Internet]. 2017; 35 (2) 236-247. [Citado 24 julio 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>
- 52.Campos C. Indicadores de contaminación fecal en aguas En: Dra. Alicia Fernández, Coordinadora. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas [Internet]. Argentina: Universidad de Buenos Aires; 2003. P 224-229 [Citado 24 julio 2018]. Disponible en: http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
- 53.Navarro M. Determinación de *Escherichia coli* y coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar Chromocult Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Internet]. 2007 [Citado 24 julio 2018]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>
- 54.Ramos L, et al. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, caribe Colombiano. Acta Biológica Colombiana [Internet] 2008; 13 (3) 87-98. [Citado 24 julio 2018]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/17411/18296>

55. Arcos M, S Ávila, Estupiñán S, Gómez A. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova, [Internet], 2005; 3 (4) 69-79. [Citado 24 julio 2018]. Disponible en: <http://unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/article/viewFile/47/92>
56. Bautista A, et al. Calidad microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. Int. Contam. Ambiente [Internet], 2013; 29 (2) [Citado 24 julio 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200003
57. Larrea J, et al. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. CENIC Ciencias Biológicas, [Internet], 2013; 44 (3) 24-34. [Citado 24 julio 2018]. Disponible en: <https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminaci%C3%B3n-fecal-en-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-calidad-de-las-aguas>
58. Marchand E. microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en lima metropolitana. [Trabajo de grado]. Lima – Perú: Universidad Nacional Mayor De San Marcos. 2002
59. Introducción, *Pseudomonas*. [Internet] Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lbc/guzman_perez_s/capitulo3.pdf [Citado 19 septiembre 2018].
60. Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo. [Internet], 1995; Bogotá. [Citado 15 enero. 2019]. Disponible en: <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000144-4dfdd4f559/NTC-ISO%205667-02-1995.%20Tecnicas%20generales%20de%20muestreo.pdf>

61. Levy K, et al. Rethinking Indicators of Microbial Drinking Water Quality for Health Studies in Tropical Developing Countries: Case Study in Northern Coastal Ecuador. The American Society of Tropical Medicine and Hygiene. [Internet], 2012; 86:3: 499–507 [Citado 15 Marzo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3284371/pdf/tropmed-86-499.pdf>
62. María Olga Navarro Roa. Determinación de *Escherichia coli* y coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar Chromocult. [Internet], 2007; 03[Citado 15 enero. 2019]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>
63. Becton Dickinson GmbH, Endo AGAR. [Internet], 2013; [Citado 15 enero. 2019]. Disponible en: <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8766>
64. Medios de Cultivo [Internet]. 2015; [Citado 15 enero. 2019]. Disponible en: <http://www.medioscultivo.com/m%E2%80%91fc-agar/>
65. Britanialab. Sangre Agar Base Con Azida [Internet], 2014; [Citado 15 enero. 2019]. Disponible en: http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a2975848a03d.pdf
66. Cetrimida Agar [Internet], 2014; [Citado 15 enero. 2019]. Disponible en: http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a2ed5a58f4ee.pdf
67. Fisher scientific. [Internet]. [Citado 15 enero. 2019]. Disponible en: <https://www.fishersci.com/shop/products/bd-bbl-crystal-id-systems-12/p-44588>

68. Halaby Nayib et Al. Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua del P.E.D.H el Burro. Bogotá, Colombia (2018).
69. Mezbour R, A. Reggam, M.C. Maazi, M. Houhamdi. Evaluation of organic pollution index and the bacteriological quality of the water of the Lake of birds (ELTarfEast-Algerian). Journal of Materials and Environmental Sciences. [Internet], 2018; 9:3: 971-979 [Citado 15 Marzo 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/401d/7ad8862b11552636a46ef1386280c694b479.pdf>
70. Larrea J. Rojas M. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista de Ciencias Biológicas [Internet], 2014; 44: 3 [Citado 16 de enero del 2019]. Disponible <https://revista.cnice.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminacion-fecal-en-la-evaluacion-de-la-calidad-de-las-aguas>
71. Pajares E. Microorganismos Indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana [Internet]. Sisbib.unmsm.edu.pe. 2002 [cited 26 February 2019]. Available from: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/marchand_p_e/tesis_completo.pdf
72. García L, Iannaccone J. *Pseudomonas Aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable. The Biologist, [Internet], 2014 12: 133-152 [Citado 16 de enero del 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4755797>
73. Madriz P. Evaluación De La Calidad Física, Química Y Bacteriológica Del Agua De La Laguna De Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), Periodo 2015- 2016. [Citado 15 marzo 2019]. Disponible en:

<http://repositorio.unan.edu.ni/8753/1/98289.pdf?fbclid=IwAR3x9GkPE2s1oFJ-5jvgL0TzJq301SRks5JKzLo0lhhhWErG87ICWZU3wy4>

74. Nieto J, Abisambra S, Reyes O, Alvares G, Clavijo M, Peres M, Ulloa M, Triana H, Duarte S. Novena fase de seguimiento y monitoreo de efluentes industriales y afluentes al recurso hídrico de Bogotá, convenio 020/2008 entre la SDA y la EAAB. [Internet]. [citado el 27 de marzo de 2019]. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=c155e778-bf5e-4b1c-9b0b-5bef572f5323&groupId=10157
75. Delgadillo O, Camacho A, Pérez A, Andrade M. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, [Internet], 2010; [citado el 27 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
76. H. Urakawa, E. Bernhardt. Wetland management using microbial indicators. Ecological Engineering, [Internet], 2017; 108, 456-476 [Citado 15 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741730438X>
77. Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas módulo ii: directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua ambiente [Internet]. Msal.gob.ar. 2017 [citado el 27 de marzo de 2019]. Disponible en: http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000001149cnt-directrices_sanitarias_para_enteropatogenos.pdf
78. Torres Villamizar L, Reinoso R, Álvarez J, Bécares E. Influencia de la vegetación sobre la eliminación de bacterias en humedales de flujo superficial 2011. [Internet]. [citado el 27 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://132.248.9.34/hevila/BistuaPamplona/2011/vol9/no1/3.pdf>

79. Jeronimo k. *Klebsiella Pneumoniae* [Internet]. 2013. [Citado 16 de enero del 2019]. Disponible en: <http://microbiologia2a.blogspot.com/2013/04/klebsiella-pneumoniae.html>
80. Mar Casal M, Causse M, Solís F. Investigación de las resistencias a antimicrobianos en *Enterococcus faecium*. Rev Esp Quimioter 2012;25(3): 180-182 [Citado 16 de febrero del 2019]. Disponible en: <https://seq.es/seq/0214-3429/25/3/casal.pdf>
81. Obeso J. Síntesis de polihidroxicanoatos en *Pseudomonas putida*: estudios bioquímicos, genéticos y ultraestructurales [Doctorado]. Universidad de León; 2017. [Citado 16 de febrero del 2019]. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/6940/Tesis%20Jos%C3%A9%20Ignacio%20Obeso%20Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1>