Evaluación de los componentes microbiológicos y fisicoquímicos de los cuerpos de agua con potencial de fitorremediación de los diferentes humedales ubicados en la localidad de Bosa y Kennedy



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

María Valentina Vargas Arévalo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Administración Ambiental

Bogotá D.C

2023

Evaluación de los componentes microbiológicos y fisicoquímicos de los cuerpos de agua con potencial de fitorremediación de los diferentes humedales ubicados en la localidad de Bosa y Kennedy

Trabajo de grado para optar por el título de

Administrador Ambiental en modalidad investigación- innovación

Grupo de investigación: Semillero InnBIO

María Valentina Vargas Arévalo

20172185001

Directora:

Ileana Romea Cárdenas Manosalva

Microbióloga industrial

Especialista en sistemas de gestión ambiental

Magister en calidad y gestión integral

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Administración Ambiental

Bogotá D.C

2023

Agradecimientos

Agradezco a la vida, al universo y a la tierra por permitirme llegar hasta aquí, a la academia la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por permitir mi desarrollo, al hermoso proyecto de Administración Ambiental, a la Oficina de Investigaciones de la Universidad Distrital, a mis maestros, especialmente la docente Ileana Romea Cárdenas Manosalva por su constante acompañamiento, docente Nadenka Beatriz Melo Brito, auxiliares de laboratorio de microbiología y calidad de agua, compañeros y amigos, a Dieguito amigo mío, a todos por su amor y guía en este proceso, a quienes con su conocimiento me apoyaron en el desarrollo de esta investigación, a mi mami Andrea, pilar de mi vida, a mi compañero de vida Brayan por tanto amor, a mi abuelito por su sabiduría y finalmente a mis hijos Gaia y Mati por ser todo, por ser luz, guía y mi motor, los amo.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico al territorio, a creer en el cambio, a las localidades, a la lucha comunitaria, al impulso de la investigación por nuestros ecosistemas, a la posibilidad de ser madre y estudiante.

Y a mis hijos, para que sepan que todo es posible, que, desde el conocimiento, la formación y la organización se avanza, es un privilegio ser su mamá.

Tabla de contenido

1. Resumen 9

1. Abstract 10

2. Introducción 11

3. Planteamiento del problema 13

3.1 Pregunta problema 13

3.2 Descripción del problema 13

4. Justificación 15

5. Objetivos **17**

5.1 General 17

5.2 Específicos 17

6. Diseño metodológico **18**

6.1 Alcance 18

6.2 Diseño de la investigación 18

6.3 Muestra 19

6.4 Fases 19

6.5 Actividades 21

7. Marco referencial **27**

8. Marco conceptual **34**

9. Marco legal **35**

10. Resultados y análisis de resultados **38**

CAPITULO I

10.1 Análisis microbiológico y fisicoquímico 38

10.1.1 Análisis microbiológico 39

10.1.1.1 Pruebas bioquímicas 46

10.1.2 Análisis fisicoquímico 62

CAPITULO II

10.2 Montaje de fitorremediación con la planta Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) 74

CAPITULO III

10.3 Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras expuestas a la especie fitorremediadora Buchón de agua *(Eichhornia crassipes)* 78

10.3.1 Análisis microbiológico transcurridas tres semanas 78
10.3.2 Análisis fisicoquímico transcurridas tres semanas 85
10.4 Montaje de fitorremediación con la planta Buchón de agua *(Eichhornia crassipes)* transcurridas tres semanas 97
CAPITULO IV
10.5 Contraste de resultados 101
10.5.1 Contraste resultados microbiológicos..... 101
10.5.2 Contraste resultados fisicoquímicos 108
10.5.3 Contraste montaje buchón 118
CAPITULO IV
11. Análisis con base al Decreto 1594 de 1984.....121
12. Conclusiones.....123
13. Recomendaciones 125
Referencias 126

Lista de figuras

Figura 1. *Cobertura vegetal y ubicación de los humedales del estudio*

Figura 2. *Humedal El Burro*

Figura 3. *Humedal La Vaca*

Figura 4. *Variables de la investigación*

Figura 5. *Humedal Tibanica*

Figura 6. *Muestras de agua de los 5 humedales de la presente investigación*

Figura 7. *Formula NMP*

Figura 8. *Resultado medio Chromocult coliformes totales*

Figura 9. *Resultado medio Chromocult E. coli*

Figura 10. *Resultado Caldo Lauril Sulfato*

Figura 11. *Fluorescencia e Indol*

Figura 12. *Medición de Conductividad, STD y salinidad*

Figura 13. *Medición turbidez*

Figura 14. *Medición color*

Figura 15. *Medición pH*

Figura 16. *Muestras en el termoreactor*

Figura 17. *Muestras en botellas Winkler*

Figura 18. *Resultado pH inicial*

Figura 19. *Resultado STD inicial*

Figura 20. *Resultado turbidez inicial*

Figura 21. *Resultado conductividad inicial*

Figura 22. *Resultado salinidad inicial*

Figura 23. *Resultado color inicial*

Figura 24. *Resultado temperatura inicial*

Figura 25. *Resultados DBO y DQO*

Figura 26. *Porcentaje DBO respecto DQO*

Figura 27. *Toma de esquejes de buchón de agua*

Figura 28. *Medición de Conductividad, STD y salinidad*

Figura 29. *Peso de los esquejes*

Figura 30. *Raíz del buchón de agua*

Figura 31. *Peso planta en el montaje*

Figura 32. *Número de esquejes de la planta en el montaje*

Figura 33. *Muestras del montaje transcurridas tres semanas*
Figura 34. *Resultado medio Chromocult coliformes totales transcurridas tres semanas*
Figura 35. *Resultado medio Chromocult E. coli transcurridas tres semanas*
Figura 36 *Resultado Caldo Lauril Sulfato transcurridas tres semanas*
Figura 37 *Medición de Conductividad, STD y salinidad transcurridas tres semanas*
Figura 38 *Medición turbidez transcurridas tres semanas*
Figura 39 *Medición color transcurridas tres semanas*
Figura 40 *Medición pH transcurridas tres semanas*
Figura 41 *Muestras en el termoreactor transcurridas tres semanas*
Figura 42 *Muestras en botellas Winkler transcurridas tres semanas*
Figura 43 *Resultado pH transcurridas tres semanas*
Figura 44 *Resultado STD transcurridas tres semanas*
Figura 45 *Resultado turbidez transcurridas tres semanas*
Figura 46 *Resultado conductividad transcurridas tres semanas*
Figura 47 *Resultado salinidad transcurridas tres semanas*
Figura 48 *Resultado color transcurridas tres semanas*
Figura 49 *Resultado temperatura transcurridas tres semanas*
Figura 50 *Resultados DBO y DQO transcurridas tres semanas*
Figura 51 *Porcentaje DBO respecto DQO transcurridas tres semanas*
Figura 52 *Peso planta en el montaje transcurridas tres semanas*
Figura 53 *Número de esquejes de la planta en el montaje transcurridas tres semanas*
Figura 54 *Litros en el montaje transcurridas tres semanas*
Figura 55 *Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal El Burro*
Figura 56 *Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal La Isla*
Figura 57 *Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal Tibanica*
Figura 58 *Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal Vaca norte*
Figura 59 *Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal Vaca sur*
Figura 60 *Porcentaje de reducción coliformes totales en medio Chromocult*
Figura 61 *Porcentaje de reducción E. coli en medio Chromocult*
Figura 62 *Porcentaje de reducción NMP Caldo Lauril Sulfato*
Figura 63 *Porcentaje de aumento pH*
Figura 64 *Porcentaje de aumento STD*
Figura 65 *Porcentaje de disminución turbidez*
Figura 66 *Porcentaje de aumento turbidez*

Figura 67 *Porcentaje de aumento conductividad*
Figura 68 *Porcentaje de aumento salinidad*
Figura 69 *Porcentaje de disminución color*
Figura 70 *Porcentaje de disminución DQO*
Figura 71 *Porcentaje de disminución DBO*
Figura 72 *Raíz buchón de agua al iniciar el montaje*
Figura 73 *Raíz buchón de agua transcurridas tres semanas del montaje*
Figura 74 *Porcentaje de aumento peso de la planta*
Figura 75 *Porcentaje de disminución cantidad de agua*

Lista de Tablas

Tabla 1. *Fases de la investigación.*
Tabla 2. *Descripción de actividades.*
Tabla 3. *Marco legal*
Tabla 4. *Resultado medio Chromocult*
Tabla 5. *Resultado Caldo Lauril Sulfato*
Tabla 6. *Resultado pruebas bioquímicas humedal El Burro*
Tabla 7. *Resultado pruebas bioquímicas humedal La Isla*
Tabla 8. *Resultado pruebas bioquímicas humedal Tibanica*
Tabla 9. *Resultado pruebas bioquímicas humedal Vaca norte*
Tabla 10. *Resultado pruebas bioquímicas humedal Vaca sur*
Tabla 11. *Resultados parámetros fisicoquímicos*
Tabla 12. *Resultados DBO y DQO*
Tabla 13. *Montaje buchón*
Tabla 14. *Resultado medio Chromocult transcurridas tres semanas*
Tabla 15 *Resultado Caldo Lauril Sulfato transcurridas tres semanas*
Tabla 16 *Resultados parámetros fisicoquímicos transcurridas tres semanas*
Tabla 17 *Resultados DBO y DQO transcurridas tres semanas*
Tabla 18 *Montaje buchón transcurridas tres semanas*
Tabla 19 *Contraste muestras con el decreto 1594 de 1984*

1. Resumen

Los humedales son ecosistemas fundamentales para la regulación hídrica y la conservación de flora, fauna y avifauna de la capital, a lo largo de los años estos se han visto afectados principalmente por la expansión demográfica y el desconocimiento de sus complejas estructuras e importancia, es así, como la presente investigación pretende generar una evaluación de los componentes microbiológicos y fisicoquímicos de los espejos de agua de los humedales de la localidad de Bosa: Tibanica y La Isla y de la localidad de Kennedy: Vaca sur, norte y Burro, que permita evaluar el estado actual de los cuerpos de agua presentes en ellos, para así analizar el potencial fitorremediador de la especie Eichhornia crassipes en la mejora de la calidad de agua de dichos humedales, ya que esta macrófita flotante, por su estructura, representa una alternativa en la remoción de contaminantes y se constituye como una opción para el manejo de la misma, que por su rápido crecimiento es invasora para el ecosistema.

En el presente estudio se evidencian transcurridas tres semanas del montaje inicial de las muestras de los cuerpos de agua de los cinco humedales de la localidad de Bosa y Kennedy, porcentajes de reducción de los parámetros microbiológicos coliformes totales y E. coli, así como de los parámetros fisicoquímicos de DBO, DQO y salinidad, aumento de otros como el pH, STD, la turbidez, conductividad, lo que evidencia potencial fitorremediador de la especie mencionada, también se evidencia un aumento del peso de la planta y disminución de la cantidad de agua, por el proceso natural de la planta y la evaporación.

Por otro lado, se evidencia que de acuerdo con el decreto 1594 de 1984 las aguas de los cinco cuerpos hídricos, incumplen parámetros específicos de la norma de acuerdo con el uso del agua de los humedales.

Palabras claves: Humedal, microbiología, macrófitas flotantes, conservación de flora y fauna, calidad del agua, fitorremediación.

1. Abstract

Wetlands are fundamental ecosystems for water regulation and conservation of flora, fauna and avifauna of the capital, over the years these have been affected mainly by demographic expansion and ignorance of their complex structures and importance, thus, this research aims to generate an assessment of the microbiological and physicochemical components of the water bodies of wetlands in the town of Bosa: Tibanica and La Isla and of the locality of Kennedy: Vaca sur, norte and Burro, that allows evaluating the current state of the water bodies present in them, in order to analyze the phytoremediation potential of the species Eichhornia crassipes in the improvement of the water quality of these wetlands, since this floating macrophyte, due to its structure, represents an alternative in the removal of contaminants and constitutes an option for the management of the same, which due to its rapid growth is invasive for the ecosystem.

In the present study, after three weeks of the initial assembly of the samples of the water bodies of the five wetlands of the locality of Bosa and Kennedy, percentages of reduction of the microbiological parameters total coliforms and E. coli, as well as of the physicochemical parameters of BOD, COD and salinity, increase of others such as pH, STD, turbidity, conductivity, which shows the phytoremediation potential of the mentioned species, as well as an increase in the weight of the plant and a decrease in the amount of water, due to the natural process of the plant and evaporation.

On the other hand, it is evident that according to decree 1594 of 1984, the waters of the five water bodies do not comply with specific parameters of the norm according to the use of wetland water.

Key words: Wetland, microbiology, floating macrophytes, flora and fauna conservation, water quality, phytoremediation.

2. Introducción

Los humedales son de acuerdo con la Política de Humedales del Distrito Capital-Decreto Distrital 624 de 2007, "fundamentales en el equilibrio ecológico y ambiental global, ya que son el hábitat de muchas especies de fauna y flora y elementos vitales en la estructura ecosistémica, sociocultural y económica de las naciones y del mundo". Dada su importancia ecosistémica los humedales hacen parte de la Estructura Ecológica Principal y del Sistema de Áreas Protegidas de la Ciudad de Bogotá y son fundamentales para la conservación de avifauna endémica y migratoria, así como de prestar servicios ecosistémicos como regulación de inundaciones, educación ambiental, depuración de aguas residuales y hábitat de diversas especies. Se calcula que para el año 1950 estos cubrían 50.000 ha, sin embargo, al día de hoy solo cubren un 5% de este porcentaje, en Bogotá se encuentran 15 humedales reconocidos de los cuales 11 tienen categoría internacional RAMSAR (Veeduría Distrital, 2021), pese a esto los humedales enfrentan una serie de problemáticas sociales y ambientales que han afectado de manera compleja su estructura. Actualmente los humedales de las localidades de Bosa y Kennedy se encuentran denominados en el Plan de ordenamiento territorial 2022-2035 como Reservas Distritales de Humedal reconociendo el trabajo comunitario en ellos y la necesidad de garantizar su protección (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2022).

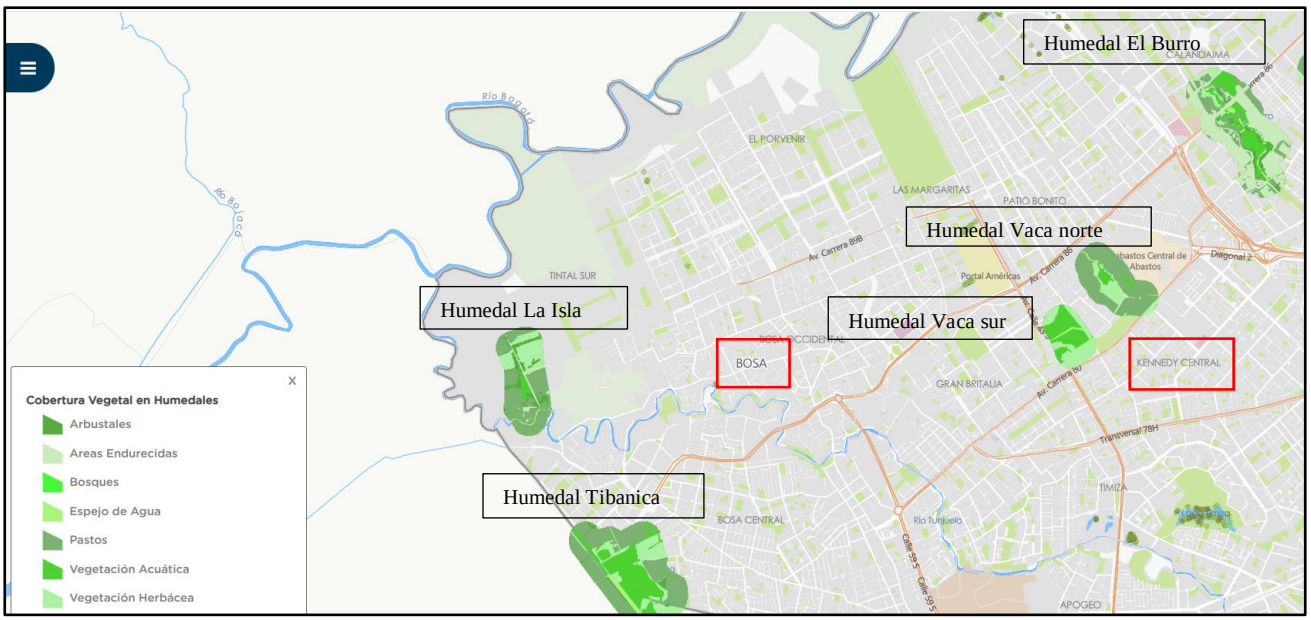
El buchón de agua o jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es una especie de macrófita flotante cuya presencia es indicadora de contaminación y puede ser considerada invasora dada su rápida capacidad de crecimiento en biomasa, lo que ocasiona dificultad para el paso de la luz y el aire a los cuerpos de agua del ecosistema, sin embargo, esta constituye una alternativa de fitorremediación para la remoción de contaminantes por su facultad de filtrar y degradar sólidos, así como su capacidad para degradar materia orgánica asociado a sus raíces, siendo una alternativa de bajo costo que de manera controlada y monitoreada permite la mejora en la calidad de agua. (Martelo y Borrero, 2012)

Es de acuerdo a lo anterior que esta investigación permite reconocer el estado actual microbiológico y fisicoquímico de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy, así, como contrastar dichos resultados con la exposición al potencial fitorremediador del buchón de agua (Eichhornia crassipes) que permita mejorar la calidad de agua de dichos humedales entendiendo las ventajas y desventajas de la presencia de la planta en los espejos de agua de los humedales.

La presente investigación fue financiada por la Oficina de Investigaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la convocatoria 03 de 2022, cuyo objetivo fue fortalecer las funciones misionales de los semilleros de investigación, investigación-creación e innovación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, mediante la asignación de recursos para el desarrollo de proyectos de investigación, investigación-creación e innovación y desarrollada en el semillero InnBIO de la Facultad Del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Sede Bosa porvenir, proyecto curricular de Administración Ambiental y dirigido por la docente Nadenka Beatriz Melo Brito.

Figura 1

Cobertura vegetal y ubicación de los humedales del estudio



Nota. Adaptado de *Cobertura Vegetal en Humedales*, por Secretaria Distrital de Ambiente, 2023, Ideca: Infraestructura de Datos Especiales para el Distrito Capital(https://mapas.bogota.gov.co/?l=7148&e=-74.93882910730589,4.280731409350304,-73.62046973230538,4.943932451597976,4686&b=7256&show_menu=true&open_menu=false&show_search=false). CC BY 4.0

3. Planteamiento del problema

3.1 Pregunta problema

¿Cuál es el estado microbiológico y fisicoquímico de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca Sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy y la posible influencia de la presencia de especies vegetales específicas con potencial fitorremediador (*Eichhornia crassipes*) para mejorar el estado actual de la calidad de agua?

3.2 Descripción del problema

Los humedales son ecosistemas que permiten la acumulación de agua, y facilitan la generación de servicios ecosistémicos de regulación, en Colombia, estos representan el 26% de la zona continental, sin embargo, se encuentran amenazados por los impactos urbanos, la falta de planificación ambiental de estas zonas, y las acciones industriales; además, los ecosistemas de humedal con mayor grado de transformación se localizan en zonas con reducidos ingresos económicos (Burbano et al, 2020). En el caso de la ciudad de Bogotá, los humedales se encuentran en riesgo de extinción debido a las inadecuadas prácticas urbanas, la debilidad de las políticas ambientales y los desatinados manejos administrativos (Pardo, 2015).

También, a lo largo de los años los humedales se han visto afectados y amenazados por la expansión demográfica, el desconocimiento de los procesos ecológicos fundamentales para la conservación del recurso hídrico y la biodiversidad, la construcción de vías y los vertimientos contaminados en sus aguas (Veeduría Distrital, 2021). Es por esto que garantizar su conservación es fundamental para los ecosistemas de la capital, desde el reconocimiento de su

importancia hasta las acciones concretas para mejorar y garantizar su mantenimiento. El impulso de diagnósticos y de investigaciones ambientales en estos ecosistemas son el primer paso para lograr una gestión ambiental adecuada de los territorios y permitir la mejora de parámetros como la calidad del agua. La presente investigación pretende contribuir en el diagnóstico microbiológico y fisicoquímico de calidad de agua de 5 humedales bogotanos localizados en la zona sur occidental, a su vez, permite la identificación de los principales bioindicadores de agua que convergen en los humedales, con el fin de establecer la relación e influencia existente entre la presencia o ausencia de especies vegetales con el estado de la calidad de agua de los humedales; esta aproximación, permitirá concretar estrategias ambientales basadas en las técnicas no convencionales de fitorremediación que permitan mejorar el estado actual de la calidad de agua de los humedales, en la figura 2 se evidencia el estado actual del cuerpo de agua del humedal El Burro ubicado en la localidad de Kennedy.

Por otro lado el buchón de agua o jacinto de agua (Eichhornia crassipes) se ha constituido como una especie invasora por su rápido crecimiento y aumento de biomasa en poco tiempo, esta indica la presencia de contaminantes ya que en su estructura emplea nutrientes característicos de aguas residuales para su reproducción y crecimiento, reduciendo el paso de la luz y convirtiendo el sistema en anaerobio por constituir una barrera entre el aire y el agua lo que afecta significativamente las especies(Martelo y Borrero, 2012). Es a partir de lo anterior que surge la necesidad de erradicar dicha especie, sin embargo, esta cuenta con un gran potencial fitorremediador, lo que constituye una alternativa para su proliferación y mejora de la calidad de agua.

Figura 2

Humedal El Burro



Nota. Fuente: Autora, 2023.

4. Justificación

La presente investigación contribuye al diagnóstico de la situación actual de los humedales, ecosistemas fundamentales para la regulación hídrica y conservación de fauna y flora en la ciudad, el reconocimiento de estos espacios desde la academia permite la apropiación del conocimiento en dicho ecosistema, que permita a su vez implementar estrategias puntuales a partir del trabajo investigativo.

Así mismo el uso de tecnologías como la fitorremediación para reducir los contaminantes de dichas aguas, plantean una alternativa significativa para el desarrollo puntual de dichos sistemas, además de generar un tema de interés para futuras investigaciones orientadas a estos ecosistemas en la ciudad.

Actualmente los ecosistemas de la ciudad enfrentan una serie de problemáticas que ponen en riesgo su existencia, los servicios ecosistémica que nos brindan y la fauna y flora

presente allí, los estudios e investigaciones permiten evidenciar el estado actual de los humedales planteando una ruta para futuras investigaciones y estrategias. En la figura 3, se evidencian los espejos de agua del humedal La Vaca norte y sur, que se encuentran en rehabilitación ecológica.

Figura 3

Humedal La Vaca



Nota. Fuente: Autora, 2023.

5. Objetivos

5.1 General

Evaluar los componentes microbiológicos y fisicoquímicos de los cuerpos de agua con potencial de fitorremediación de los diferentes humedales ubicados en la localidad de Bosa y Kennedy.

5.2 Específicos

- Cuantificar la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy.

- Cuantificar la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy expuestos al potencial fitorremediador de la especie vegetal fitorremediadora buchón de agua (Eichhornia crassipes).

- Determinar la influencia de la especie vegetal fitorremediadora buchón de agua (Eichhornia crassipes) en la mejora de la calidad de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy.

- Contrastar con la normatividad vigente los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy.

6. Diseño metodológico

6.1 Alcance

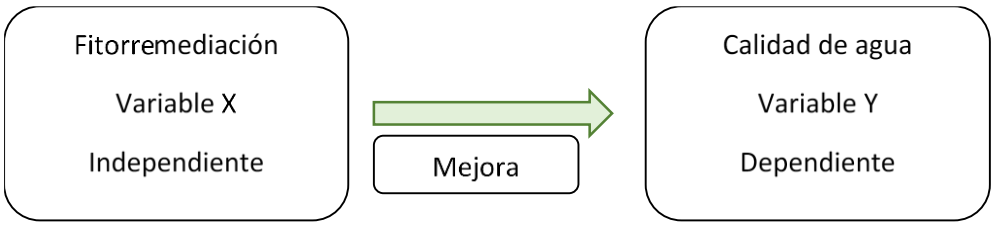
La presente investigación pretende evaluar las características físico-químicas y microbiológicas de los espejos de agua pertenecientes a los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro ubicados en las localidades de Bosa y Kennedy; contrastando lo anterior con la exposición de las muestras al potencial fitorremediador de la especie vegetal buchón de agua (Eichhornia crassipes), a fin de establecer la posible relación en la mejora de la calidad de agua y contrastarlo con la normatividad vigente de acuerdo con el uso del agua de los humedales.

6.2 Diseño de la investigación

La presente investigación posee un diseño de investigación mixto ya que, en su fase inicial al realizar un estudio microbiológico y fisicoquímico de los cuerpos de agua, así como un análisis de la vegetación se constituye como un diseño no experimental cuantitativo y cualitativo, por otro lado, en una fase siguiente se constituye como un diseño experimental cuantitativo ya que se manipulará una variable independiente para analizar su efecto en una variable dependiente. (Sampieri, 2014) como se evidencia en la figura 4 analizando como la fitorremediación mejora la calidad de agua.

Figura 4

Variables de la investigación



Nota. Fuente: Autora, 2023.

6.3 Muestra

La muestra analizada es de orden no probabilístico ya que la elección de los humedales se da por características de la investigación en este caso puntual ubicación y no por la probabilidad. Se analizan así cinco cuerpos de agua ubicados en cinco humedales.

6.4 Fases

En la tabla 1 se encuentran las tres fases del proyecto con sus actividades e instrumentos.

Tabla 1.

Fases de la investigación.

Fase	Descripción	Actividad	Instrumentos
1	Diagnóstico de la situación actual de los humedales.	Recolección de información primaria y secundaria del estado actual de los humedales.	Revisión bibliográfica. Registro fotográfico.
	Detectar la carga microbiana y el estado fisicoquímico de los humedales.	Recolección de muestras en los 5 puntos.	Elementos del laboratorio
		Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de agua.	Técnicas como número más probable y recuento en placa para análisis microbiológico.

			Análisis fisicoquímico determinando características como: de pH, Solidos Totales Disueltos, Turbidez, Conductividad, Salinidad, Color y Temperatura, DBO Y DQO por sonda y Estándar Métodos.
2	Reconocer el potencial fitorremediador del buchón de agua.	Montaje de las muestras de agua de los cinco humedales con el buchón.	Revisión bibliográfica
		Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de agua con la presencia de la especie fitorremediadora buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) transcurridas 3 semanas.	Registro fotográfico Técnicas como número más probable y recuento en placa Análisis fisicoquímico
		Comparar los resultados y establecer una posible relación de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos con la especie vegetal.	

3	Humedales y normatividad	Contrastar los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de los cinco humedales con la normatividad vigente de acuerdo al uso del agua de los humedales.	Revisión bibliográfica. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Nota. Fuente: Autora, 2023.

6.5 Actividades

La tabla 2, lista las actividades relacionadas en el diagrama de Gantt e indica la descripción de la actividad, la duración, el entregable asociado y el objetivo específico que se relaciona con cada una de ellas.

Tabla 2

Descripción de actividades.

Actividad	Descripción	Duración	Entregable de la actividad	Objetivos específicos asociados
Actividad 1: Recolección de información primaria y secundaria del estado actual de los humedales.	Revisar y analizar fuentes bibliográficas	4 semanas	Marco referencial de acuerdo con la situación actual de los humedales objeto de análisis	OE1: Cuantificar la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades

				de Bosa y Kennedy.
Actividad 2: Recolección de muestras en los 5 puntos.	Realizar tomas de muestras simples a los humedales objeto de estudio.	4 semanas	Evidencia fotográfica del procedimiento.	OE1: Cuantificar la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy.
Actividad 3: Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de agua.	Ejecutar laboratorios físicos, químicos y microbiológicos de calidad de agua.	12 semanas	Reporte de resultados de laboratorios químicos físicos y microbiológicos.	OE1: Cuantificar la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy.

Actividad 4: Montaje de las muestras de agua de los cinco humedales con el buchón.	Revisar y analizar fuentes bibliográficas.	4 semanas	Marco referencial.	OE2: Cuantificar la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy expuestos al potencial fitorremediador de la especie vegetal fitorremediadora buchón de agua (*Eichhornia crassipes*).
Actividad 5: Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de agua con la presencia de la especie	Ejecutar laboratorios físicos, químicos y microbiológicos de calidad de agua.	4 semanas	Reporte de resultados de laboratorios químicos físicos y microbiológicos.	OE2: Cuantificar la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los

fitorremediadora buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) transcurridas 3 semanas.				humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy expuestos al potencial fitorremediador de la especie vegetal fitorremediadora buchón de agua (*Eichhornia crassipes*).
Actividad 6: Comparar los resultados y establecer una posible relación de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos con la especie vegetal y su potencial fitorremediador.	Analizar, contrastar y discutir resultados obtenidos, con fuentes primarias y secundarias de información.	4 semanas	Análisis y discusión de resultados obtenidos.	OE3: Determinar la influencia de la especie vegetal fitorremediadora buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) en la mejora de la calidad de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur,

				norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy
Actividad 7: Generar cuadro comparativo de la normatividad vigente y los resultados de calidad de agua.	Analizar el decreto 1594 de 1984 en contraste al uso del agua de los humedales		Cuadro comparativo decreto 1594 de 1984 con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	OE3: Contrastar con la normatividad vigente los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy.
Actividad 8: Construcción de conclusiones, recomendaciones y consideraciones finales del proyecto.	Generar las conclusiones relacionadas a los análisis de laboratorios, análisis de especies vegetales, mejoras en la calidad de agua por efectos de fitorremediación, entre otros.	2 Semanas	Apartado documental de conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada	OG: Evaluar los componentes microbiológicos y fisicoquímicos de los cuerpos de agua con potencial de fitorremediación de los diferentes humedales ubicados en la localidad de

				Bosa y Kennedy.
Actividad 9: Construcción de informe final de investigación.	Generar el producto 1 (informe final de investigación) asociado a la investigación realizada para la posterior entrega ante el CIDC.	8 Semanas	Informe final de investigación	OG: Evaluar los componentes microbiológicos y fisicoquímicos de los cuerpos de agua con potencial de fitorremediación de los diferentes humedales ubicados en la localidad de Bosa y Kennedy.
Actividad 10: Construcción de artículo de investigación, búsqueda de revista para publicación, y publicación.	Desarrollo estructural del artículo de investigación para su posterior envío y aceptación.	9 Semanas	Carta de recepción del articulo por parte de la revista.	OE3:

Nota. Fuente: Autora, 2023.

7. Marco referencial

Se estima que los humedales a nivel mundial ocupan 12,1 millones de kilómetros2, sin embargo, estos decrecen por las diferentes amenazas a las que se enfrentan, pues entre 1970 y 2015 han disminuido en aproximadamente 35% para el caso de los humedales continentales, marinos y costeros, lo que a su vez impacta las poblaciones, pues desde la mima fecha se estima que en los humedales continentales han disminuido en 81% sus especies. Así mismo la calidad de agua se ha visto afectada por el aumento de contaminación por los vertimientos de aguas residuales e industriales, es así como para el año 2050 el mundo se enfrentará a aguas con altas cantidades de nitrógeno y fosforo lo que provocara la muerta de diversas especies; otro factor es la presencia de coliformes fecales y la contaminación en general por la industria. Los humedales son ecosistemas fundamentales pues prestan servicios de regulación y disminuyen el riesgo de desastres, además del espacio de conservación de diversas especies, Es así como por primera vez en 1971 en la ciudad iraní Ramsar se firma el primer y único tratado internacional conocido como la Convención Ramsar, el cual entro en vigor en 1975 y cuenta con 170 países adheridos, allí se definen los humedales "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, 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 de seis metros". Ramsar reconoce 42 tipos de humedales en tres categorías: humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010a) y cuya finalidad es promover la conservación y el uso racional de los humedales para contribuir al desarrollo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y hacer frente a los factores que generan perdidas y mantener las características ecológicas de los humedales de importancia internacional ., realizando seguimiento del estado y las tendencias de los humedales.(Ramsar, 2018)

Colombia cuenta con alrededor de 31702 humedales entre los que se encuentran: arrecifes, estuarios, manglares, marismas, ciénagas, meandros, lagunas, chucuas y pantanos; en costas o montañas, Colombia hace parte de la Convención Ramsar a través de la Ley 357 de 1997, además de participar en el Convenio de Diversidad Biológica con la Ley 165 de 1994 asumiendo así el compromiso global de conservación, actualmente 6 áreas en el país son declaradas Ramsar : el sistema Delta Estuarino del Rio Magdalena , la Laguna de la Cocha, El Delta del Río Baudó, el Sistema Lacustre de Chingaza, el complejo de humedales de la Laguna del Otún y la estrella fluvial del Inírida. (Jardín Botánico de Bogotá, s.f)

En el año 2002 el Ministerio del Medio Ambiente formula la Política Nacional para Humedales Interiores con el propósito del uso sostenible al reconocer los humedales como ecosistemas estratégicos y en el año 2006 surge la política de humedales del Distrito Capital en cabeza de la Alcaldía Mayor de Bogotá y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente, allí se plantean tres tipologías en la capital de acuerdo a origen, morfología y posición orográfica: paramo y andinos de ladera que son humedales de montaña y humedales de planicie, esta política tiene ámbito de aplicación en el altiplano cundi-boyacense y el sector enmarcado por las subcuencas de los ríos s Sumapaz, Teusacá, Tunjuelo, Fucha, Salitre, Torca, Tintal y Jaboque, con el fin de generar principios, objetivos y líneas de acción para la gestión pública en los humedales(Alcaldía mayor de Bogotá, 2006)

Los humedales en general son fundamentales para el desarrollo de las comunidades, pues no solo representan una zona de preservación de especies y diversidad biológica, sino son de gran importancia socioeconómica al brindar agua a acueductos rurales y municipales, además de constituir un área para el desarrollo de actividades de ecoturismo y recreación también controlan las inundaciones y mitigan las tormentas, constituyéndose como sumideros de carbono estabilizando el microclima y filtrando sedimentos.(CAR, 2011). En torno a ellos surge así la organización y fortalecimiento de la comunidad por el cuidado de los mismos.

Actualmente crecen los estudios de humedales artificiales para la remoción de contaminantes, en la IV Conferencia Panamericana de Sistemas de Humedales realizada en el 2018 para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad de agua en Lima Perú, se analizan los humedales artificiales para el tratamiento de efluentes sanitarios y municipales, industriales, lixiviados y agrícolas demostrando a través de diversos estudios la eficiencia de los diferentes tipos ya sean horizontales y verticales de distintos flujos para la eliminación de contaminantes.(IV Conferencia Panamericana de Sistemas de Humedales para el Tratamiento y Mejoramiento de la Calidad del Agua, 2018)

Bogotá cuenta con 15 humedales, espacios ecosistémicos de importancia biológica dado los beneficios ambientales y sociales que generan. En la presente investigación se analizará el estado de 5 de ellos: Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro, ubicados en las localidades de Bosa y Kennedy, siendo humedales de planicie categorizados como Parque Ecológico Distrital de Humedal. En cuanto al humedal Tibanica, de acuerdo con Beltrán y Hernández (2016) cuenta con una extensión 28.8 ha, está ubicado dentro de la cuenca del río Bogotá y alberga variedad de especies avi faunísticas, este humedal se ha visto afectado por la expansión de los asentamientos urbanos, que han generado construcciones informales y contaminación por residuos dentro de las masas de agua del humedal, además, la generación de residuos sólidos, y vertimientos de las industrias afectan negativamente el estado del humedal, en la figura 3, se evidencia el espejo de agua del humedal Tibanica.

Por su parte el humedal la Isla, cuenta con 7.75 hectáreas y es un área protegida de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá, se encuentra en el sur occidente de la ciudad en la localidad de Bosa, actualmente se encuentra afectado por las vías: Proyecto Avenida Circunvalar del Sur, Avenida Longitudinal de Occidente y Avenida San Bernardino, es un ecosistema con vegetación de tipo arbóreo, 574 registros de avifauna, 12 de ellas migratorias. (Secretaria Distrital de Ambiente, s.f)

En el caso del humedal la Vaca, se encuentra dentro de la localidad de Kennedy aledaño a zonas urbanas de estratos socioeconómicos bajos, el Plan de Manejo Ambiental de este humedal precisa que la expansión urbana ha generado déficit hídrico, fuerte presión social, fragmentación del ecosistema, pérdida de biodiversidad y contaminación por conexiones erradas. Por consiguiente, el humedal de la Vaca es una zona que requiere de especial recuperación y rehabilitación a fin de recuperar el potencial ecológico del ecosistema (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f).

En cuanto al humedal del Burro, se encuentra ubicado en la localidad de Kennedy y cuenta con una extensión de 18.8 ha, de las cuales 0,2 representa cuerpos de agua; se identifica que este ecosistema ha sido diagnosticado por problemáticas como déficit hídrico, impactos por las actividades urbanas, mala calidad del recurso hídrico, contaminación por residuos sólidos, disminución de la ronda hidráulica, entre otros. La determinación de estas problemáticas permite definir que el humedal requiere definir acciones para la protección, conservación, recuperación y preservación (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f).

De acuerdo con lo anterior, se obtiene que el común denominador en los humedales del sur de Bogotá es la pérdida de cantidad y calidad de los recursos hídricos, la disminución de biodiversidad y de la capa vegetal, así como reducción de la ronda hídrica, generado fundamentalmente por la fuerte presión social e industrial de las actividades y procesos de los actores aledaños a estas zonas. De allí la importancia de determinar estrategias ambientales que permitan mejorar la calidad de los recursos hídricos de los humedales y que propendan por maximizar los servicios de regulación de estos. Para ello, a continuación, se relaciona una recopilación de estudios que evidencian los efectos positivos producidos por las técnicas de fitorremediación para incrementar y mejorar indicadores de calidad de agua en distintos departamentos de Colombia.

El término fitorremediación hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes contaminados, como aguas, suelos, e incluso aire. Es un término relativamente nuevo, acuñado en 1991 (Núñez et al, 2004, p.69). A partir de allí, se han identificado una serie de especies que se emplean para reducir, transformar o estabilizar diferentes contaminantes, como es el caso de las denominadas plantas hiperacumuladoras por su gran capacidad de almacenar metales pesados, o aquellas plantas específicas que tienen la capacidad de metabolizar o acumular compuestos orgánicos; es así, con el fin de hacer más efectivas estas tecnologías, se emplea la manipulación genética para mejorar la remediación de las plantas empleadas en el proceso. Según Thangavel y Subhuram (2004) como se cita en Delgadillo et al (2011), "dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y el nivel de limpieza requerido; las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización)" tanto las plantas genéticamente modificadas como las que no lo son, representan una alternativa ventajosa y costo-efectiva para eliminar las cargas contaminantes de suelos y cuerpos de aguas.

Para desarrollar la fitorremediación es necesario que las plantas a utilizar cuenten con unas características específicas como la tolerancia al contaminante que es de suma importancia para que la planta pueda llevar a cabo su desarrollo, la capacidad de remediación es otro aspecto importante ya que es el objetivo primordial; es fundamental que la planta tenga un crecimiento rápido y mantenga su capacidad reproductiva para obtener buenas tasas de remoción de contaminantes y un mejor proceso de fitorremediación. La planta debe tener resistencia al estrés que se puede generar por las condiciones ya sean físicas, químicas, biológicas o climáticas; con lo anterior se recomienda el uso de plantas nativas ya que de esta forma no hay alteración del ecosistema en el cual se llevará a cabo la implementación de la fitorremediación (González, 2010). Algunas especies de plantas hiperacumuladoras que cumplen con las

anteriores características son las Thlaspi calaminare, Aeollanthus biformifolius, Phyllanthus serpentinus y la Thlaspi caerulescens.

Por otro lado, en cuanto a las ventajas que posee la fitorremediación sobre otro tipo de estrategias, se destaca que es una tecnología sostenible, además es poco perjudicial para el ambiente y no afecta negativamente a los suelos, sumado a esto es fácil monitorizar las plantas que se emplean para su respectivo seguimiento y mantenimiento, para su operación puede ser realizada in situ o ex- situ lo cual fundamentalmente permite el tratamiento tanto de componentes orgánicos como inorgánicos, puede ser empleada en diversidad de entornos ya sea agua, suelo, aire y sedimentos. El artículo titulado "Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones", en esta publicación Núñez et al (2004) realizan una recopilación de conceptos de las bases de la fitorremediación, las diferentes estrategias como la fitoextracción y rizofiltración y su campo de aplicación en el caso de las aguas contaminadas con metales pesados, la investigación evidencia que esta estrategia tiene mayor efectividad al aumentar la cantidad de los metales en el medio a través de “agentes quelantes o extractantes, que forman complejos solubles fácilmente asimilados por las plantas (...) el uso de plantas genéticamente modificadas, con mayor tolerancia y mayor capacidad de acumulación, puede representar otra opción viable para aumentar la eficiencia de la fitorremediación”(p.81).

Análogamente, el artículo "Agrobiotecnología – Fitorremediación", identifica las alternativas para eliminar contaminaciones de metales pesados y define la fitorremediación como una alternativa de bajo costo empleada para disminuir y degradar los compuestos orgánicos e inorgánicos que se presentan en suelos y aguas mediante el uso de determinadas plantas como freatófitas, pasturas, leguminosas y acuáticas. Estas técnicas se clasifican en distintos tipos de acuerdo con las necesidades específicas de la zona a intervenir y de la funcionalidad de la planta, puede ser fitoextracción, rizofiltración, fitransformación, fitodegradación de compuestos orgánicos, fitoestimulación y la fitoestabilización. Las

anteriores metodologías son clave para la investigación que se quiere desarrollar dentro de cinco humedales del sur de Bogotá (Mentaberry, 2011).

Además, la investigación "Fitorremediación en aguas residuales sin tratamiento previo, caso: Tierra Negra, Boyacá", analiza la efectividad del buchón de agua (Eichhornia crassipes), para el tratamiento de aguas residuales domésticas y no domésticas, la investigación obtuvo que la fitorremediación con plantas acuáticas permitió el mejoramiento de las aguas residuales, evidenciado en los valores mejorados de los indicadores físico químicos DBO5 y DQO (Araque et al, 2018, pg. 9). Semejante a estos resultados, la investigación de Nuñez (2019) realizó un sistema de fitorremediación a través del uso de especies palustre y flotante a fin de evaluar la eficiencia que poseen las especies Zantedeschia aethiopica y Eichhornia crassipes en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Como resultado de lo anterior el investigador obtuvo que el modelo planteado es altamente eficiente en la remoción de “Aceites y grasas 76%, DBO5 95%, DQO 92%, SST 95% y turbidez 96%. Seguidamente alcanzaron remociones de 64% y 59% para Nitrógeno amoniacal y Conductividad. Finalmente, los valores más bajos de remoción fueron color con 34% y Coliformes Termotolerantes 22%.” (Núñez, 2019). Esto a su vez contribuye a la implementación de la fitorremediación como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales teniendo una alta eficiencia en la remoción de contaminantes.

Figura 5

Humedal Tibanica



Nota. Fuente: Autora, 2023.

8. Marco conceptual

Por otro lado, para la presente investigación cobra importancia el concepto de los siguientes términos:

Calidad del agua: La calidad del agua se refiere a aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla unos determinados objetivos de calidad y está definida por las características físicas, químicas, biológicas y ecológicas (ENA, 2014), esta también va en relación a el uso que se le va a dar al agua.

Fitorremediación: esta es una técnica que se encarga de aprovechar la capacidad de ciertas plantas "para absorber, acumular, metabolizar o estabilizar contaminantes presentes en distintos espacios ya sea en el suelo, aire, agua o sedimentos en los que se encuentren presentes metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo" (Delgadillo, 2011, p. 597).

Reserva Distritales de Humedal – RDH- son las áreas definidas geográficamente que, por sus características ecosistémicas, aporta a la conservación de hábitat de flora y fauna, a la conectividad y a la resiliencia climática de los entornos urbanos. Estas son áreas específicas ecológicas de manejo y se encuentran compuestas por la franja acuática, litoral y terrestre (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2022), también «...son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros». (Fide Scott y Carbonell 1986, como se citó en Ministerio de Medio Ambiente, 2002).

9. Marco legal

A continuación, se presenta en la tabla 3, la normatividad relevante para la presente investigación, desde lo internacional a lo nacional, leyes, decretos, resoluciones, acuerdos y la política de humedales.

Tabla 3

Marco legal

Norma	Descripción
Convención RAMSAR	"Es un tratado intergubernamental mundial que proporciona el marco para la acción internacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos." (RAMSAR, 1971)
Constitución Política de Colombia de 1991	Artículos 58, 63, 79, 80, 366. (Constitución Política de Colombia, 1991)
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. (Ley 99, 1993)
Ley 357 de 1997	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar el dos (2) de febrero de mil novecientos setenta y uno (1971)." (Ley 357, 1997)
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de

	Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811, 1974)
Decreto 1594 de1984	"Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos." Artículos 38, 39, 40, 41, 42 y 45. Los usos de agua en los humedales, dados sus parámetros físicos-químicos son: Preservación de Flora y Fauna ,agrícola, pecuario y recreativo.
Decreto 062 de 2006	Por medio del cual se establecen mecanismos, lineamientos y directrices para la elaboración y ejecución de los respectivos Planes de Manejo Ambiental para los humedales ubicados dentro del perímetro urbano del Distrito Capital. (Decreto 062, 2006)
Decreto 624 de 2007	Por el cual se adopta la visión, objetivos y principios de la Política de Humedales del Distrito Capital. (Decreto 624, 2007)
Decreto 386 de 2008	Por el cual se adoptan medidas para recuperar, proteger y preservar los humedales, sus zonas de ronda hidráulica y de manejo y preservación ambiental, del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones. (Decreto 386, 2008)
Resolución 157 de 2004	Por la cual se reglamentan el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales, y se desarrollan aspectos referidos a los

	mismos en aplicación de la Convención Ramsar. (Resolución 157, 2004)
Resolución 196 de 2006	Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.
Resolución 2618 de 2006	Por la cual se crea el Comité Distrital de Humedales y se dictan disposiciones sobre su funcionamiento
Resolución 334 de 2007	Por la cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental del Humedal Tibanica. (Resolución 334, 2007)
Resolución 4383 de 2008	Por la cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental del Humedal del Burro y se adoptan otras disposiciones". (Resolución 4383, 2008)
Resolución 7473 de 2009	Por la cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental de la Vaca. (Resolución 7473, 2009)
Acuerdo 002 de 1993	Por el cual se dictan medidas para la protección del suelo. (Acuerdo 002, 1993)
Acuerdo 019 de 1994	Por el cual se declaran como reservas ambientales naturales los Humedales del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones que garanticen su cumplimiento. (Acuerdo 019, 1994)
Política Nacional para Humedales interiores de Colombia de 2002	Estrategias para su conservación y uso sostenible. (Política Nacional para Humedales interiores de Colombia, 2002)

Nota. Fuente: Autora, 2023.

10. Resultados y análisis de resultados

CAPITULO I

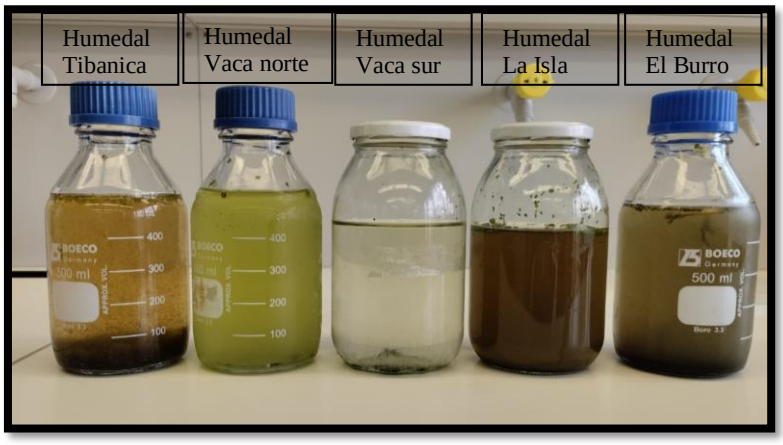
10.1 Análisis microbiológico y fisicoquímico

Se realiza la respectiva toma de muestra de cada humedal, en el primer semestre del año 2023, aproximadamente 10 litros de agua, se transporta refrigerada y se almacena en el laboratorio, posterior a esto y antes de 24 horas se realiza la siembra en Caldo Lauril Sulfato y medio Chromocult por triplicado, así como en las pruebas bioquímicas, realizando lectura a 24 y 48 horas para determinar la carga microbiana, así mismo se realizan análisis de DBO, DQO, pH, solidos totales disueltos, turbidez, conductividad y salinidad cuyos resultados se presentan a continuación por humedal.

Para dichos análisis se homogeniza la muestra y se toman aproximadamente 500 mL para ser analizados, en la figura 6, se presentan las muestras de los cuerpos hídricos de los cinco humedales de estudio, de izquierda a derecha son: Humedal Tibanica, Humedal Vaca norte, Humedal Vaca sur, Humedal La Isla y Humedal El Burro, así mismo podemos observar las coloraciones distintas de las aguas por la condición específica de cada uno; incluyendo la vegetación y vertimientos a los mismos.

Figura 6

Muestras de agua de los 5 humedales de la presente investigación



Nota. Fuente: Autora, 2023.

10.1.1 Análisis microbiológico

Se emplean los métodos de recuento en placa a partir de siembra por masividad en medio Chromocult y número más probable en 3 tubos en Caldo Lauril Sulfato, para la determinación de coliformes totales y fecales realizando las diluciones por triplicado para mayor confiabilidad del resultado.

Para el caso específico de número más probable se emplea la Tabla número de gérmenes de máxima probabilidad NMP. Con 3 tubos de 10,1 y 0,1 mL, empleando la formula presente en la figura 7

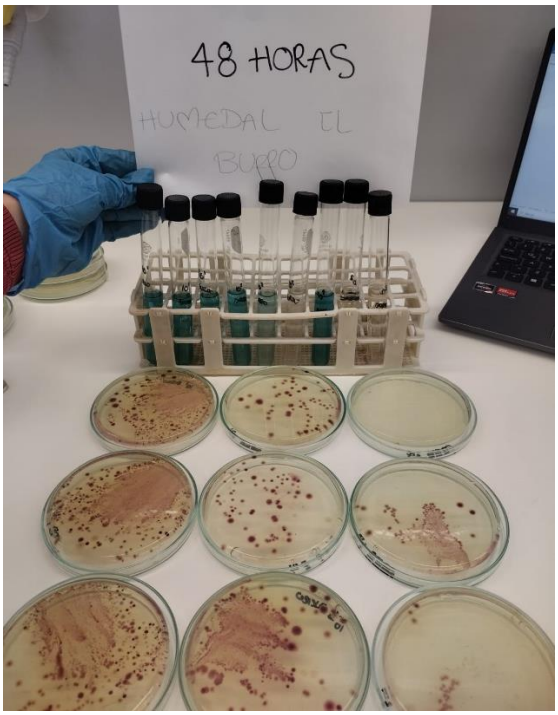
Figura 7

Formula NMP

$$Valor\ NMP\ en\ la\ taba * \frac{10}{Volumen\ de\ la\ dilución\ inicial} = \frac{NMP}{100ml}$$

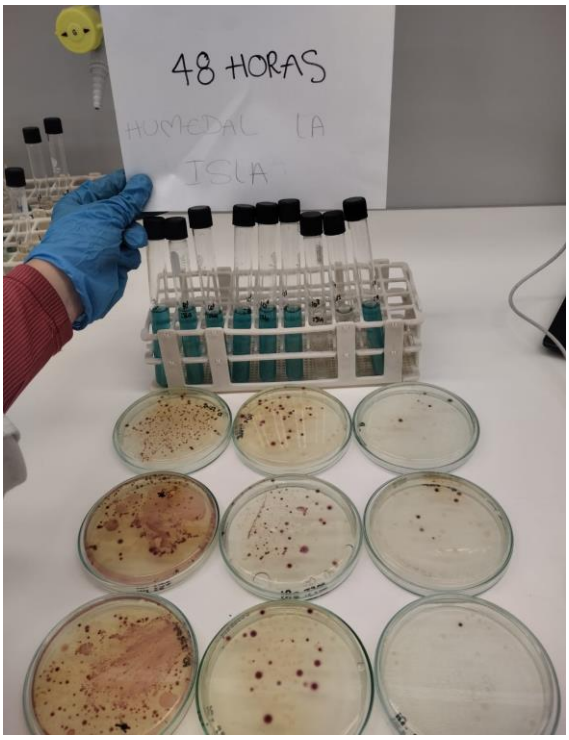
A continuación, se evidencian los resultados microbiológicos por humedal

Humedal El Burro	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (*UFC/mL*)*
22051	34
Coliformes totales (NMP/100mL)	
>11000	



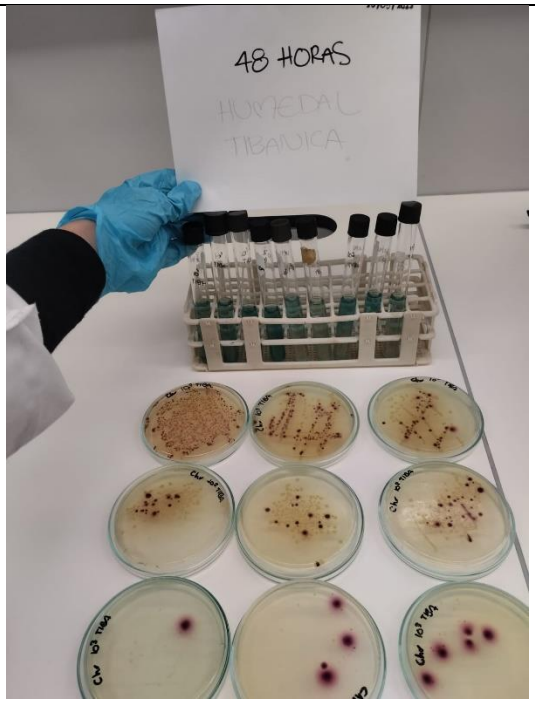
Humedal La Isla	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
7393	16

Coliformes totales (NMP/100mL)
>11000

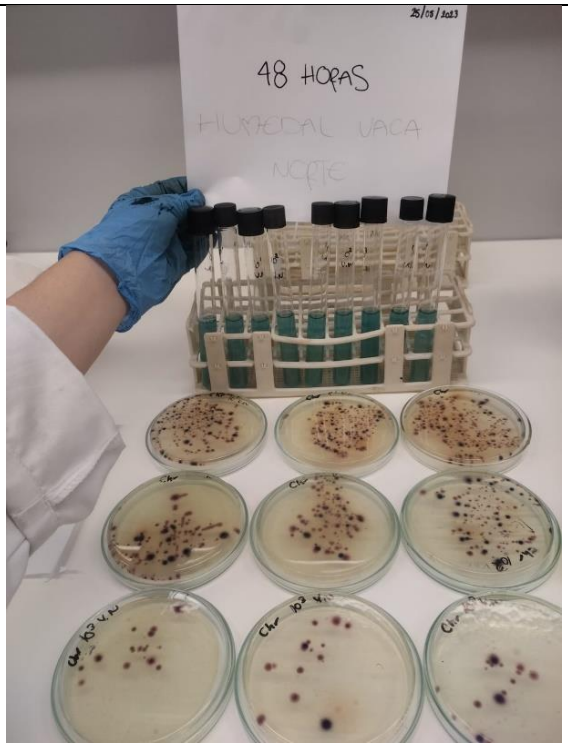


Humedal Tibanica	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
3828	0

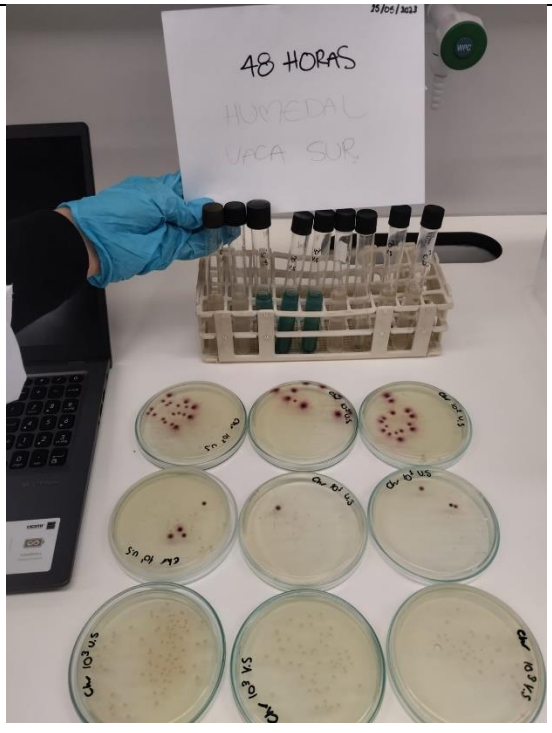
Coliformes totales (NMP/100mL)
11000



Humedal Vaca norte	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
12373	587
Coliformes totales (NMP/100mL)	
>11000	



Humedal Vaca sur	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
150	0
Coliformes totales (NMP/100mL)	
4600	



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Es asi como identificamos la presencia de coliformes totales en los cinco cuerpos de agua y *E. coli* en los humedales El Burro, La Isla y Vaca norte como se evidencia en la tabla 4.

Tabla 4

Resultado medio Chromocult

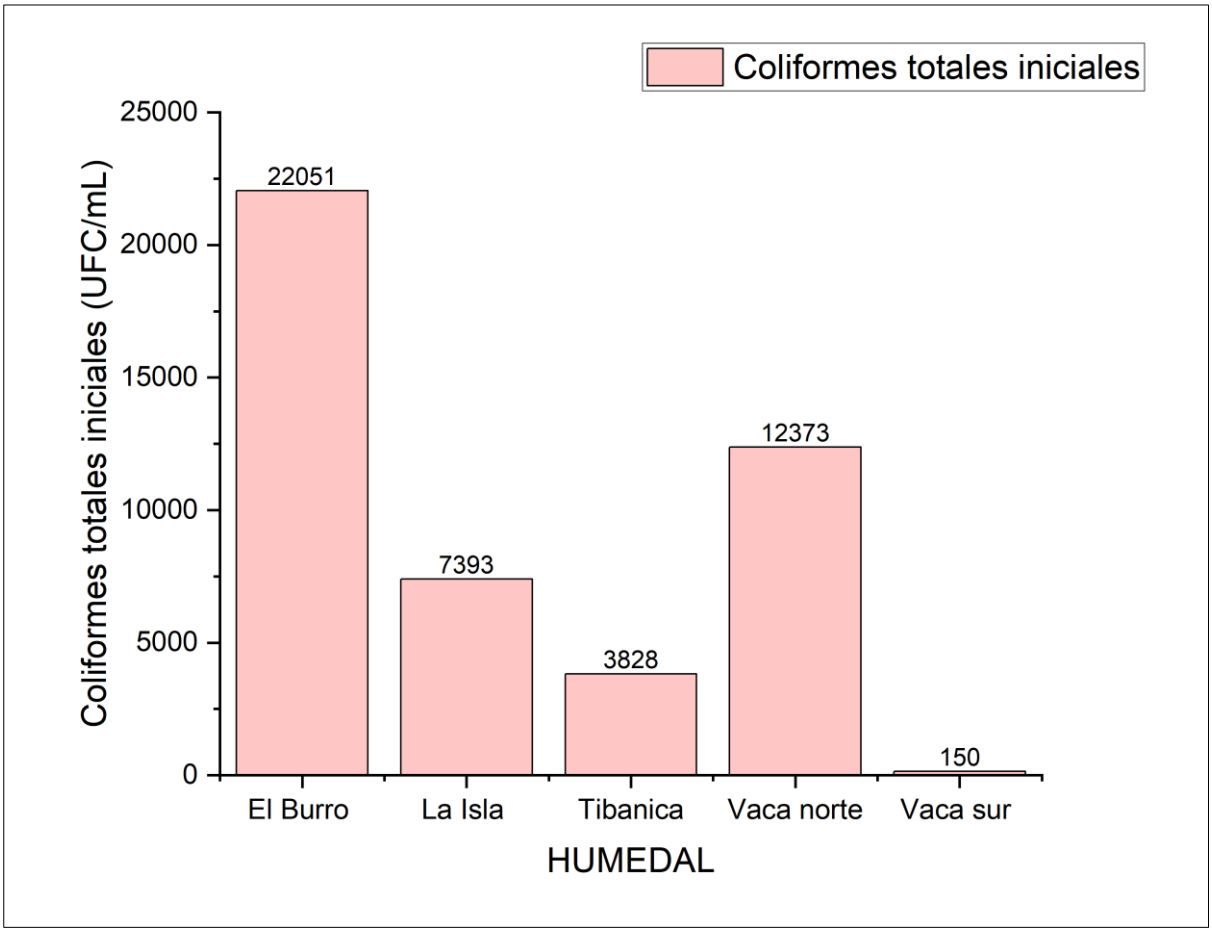
HUMEDAL	Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
El Burro	22051	34
La Isla	7393	16
Tibanica	3828	0
Vaca norte	12373	587
Vaca sur	150	0

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para los resultados de recuento en placa en medio Chromocult, se obtiene que el humedal que presenta mayor número de coliformes totales es el Humedal El Burro, seguido del humedal Vaca norte, La Isla, Tibanica y por ultimo Vaca sur como se evidencia en la figura 8. Por otro lado, el humedal que presenta mayor número de E. *coli* es el Humedal Vaca norte seguido del humedal El Burro y la Isla como se evidencia en la figura 9.

Figura 8

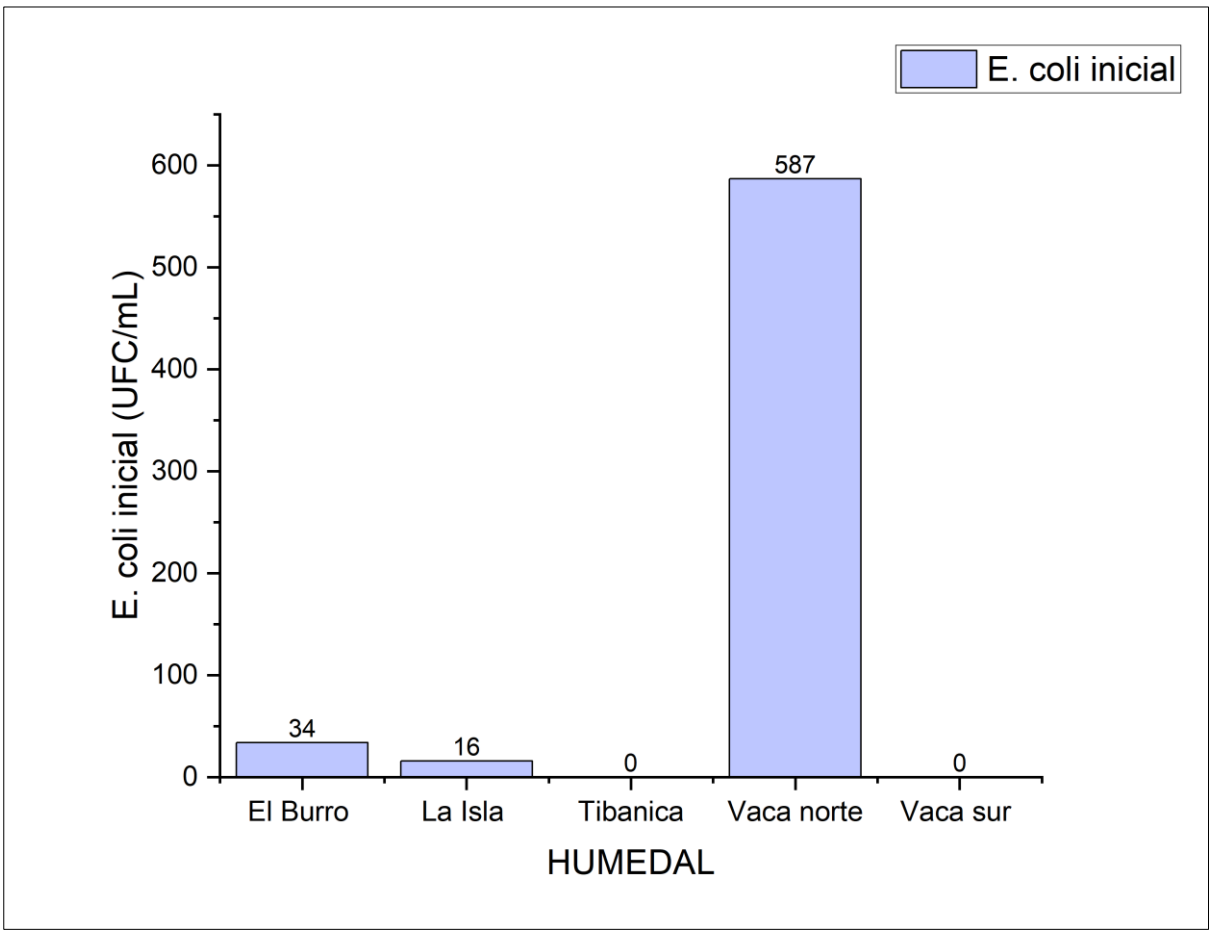
Resultado medio Chromocult coliformes totales



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 9

Resultado medio Chromocult E. coli



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para los resultados del Numero más probable en Caldo Lauril Sulfato se obtiene que los Humedales de Burro, La Isla y Vaca norte presentan valores superiores a 11000 NMP/100 mL, seguido del humedal Tibanica con un resultado de 11000 NMP/100 mL y por ultimo Vaca sur con un resultado de 4600 NMP/100mL como se evidencia en la tabla 5 y la figura 10.

Tabla 5

Resultado Caldo Lauril Sulfato

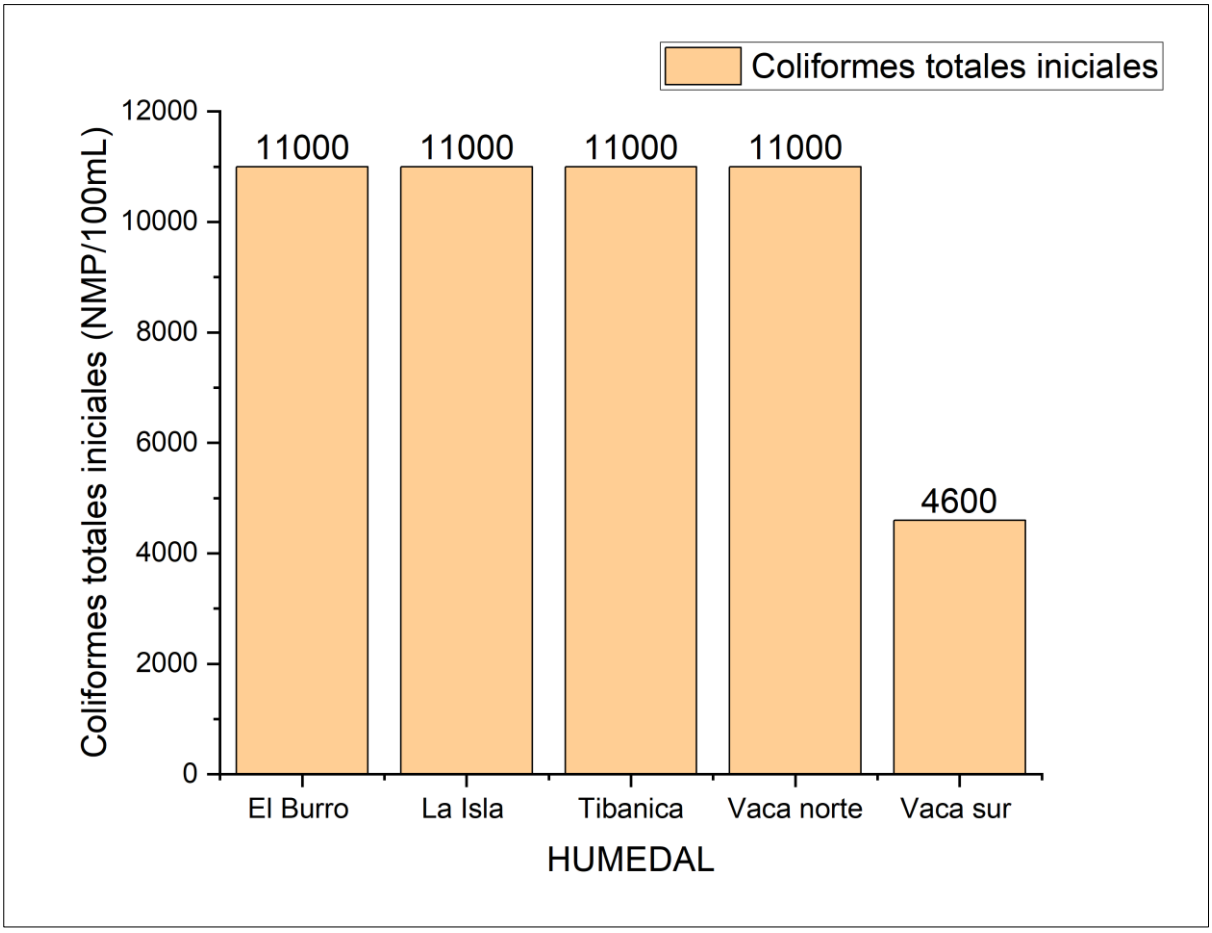
HUMEDAL	Coliformes totales (NMP/100 mL)
El Burro	>11000
La Isla	>11000

Tibanica	11000
Vaca norte	>11000
Vaca sur	4600

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 10

Resultado Caldo Lauril Sulfato

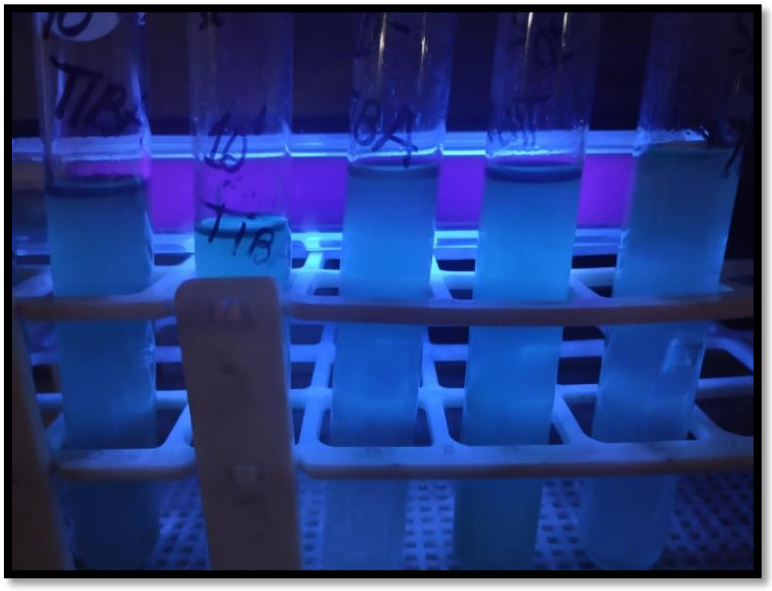


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Así mismo, presentan Indol positivo con reactivo de Kovacs y fluorescencia en las diluciones 10^{1}, 10^{2}, 10^{3} los humedales El Burro, La Isla, Tibanica y Vaca norte, para el caso de Vaca sur presenta Indol positivo en las diluciones 10^{1}, 10^{2}, y en 10^{3} un positivo y dos negativos como se evidencia en la figura 11.

Figura 11

Fluorescencia e Indol



Nota. Fuente: Autora, 2023.

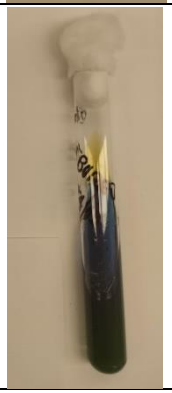
10.1.1.1 Pruebas bioquímicas

Se realizan pruebas bioquímicas a las muestras de agua de los cinco humedales, para identificar el metabolismo de las bacterias presentes en los cuerpos de agua, se presentan los resultados en las tablas 6, 7, 8, 9 y 10 por humedal, las siglas N/A representan que la prueba no aplica para el metabolismo indicado.

Tabla 6

Resultado pruebas bioquímicas humedal El Burro

Prueba bioquímica	Fermentación de azucares	Producción de gas	ácido sulfhídrico H_2S	Movilidad	Indol	Licuefacción	Hidrolisis de la urea	Citrato como única fuente de carbono	Imagen
TSI (Triple Sugar Iron Agar)	Glucosa: + Sacarosa: + Lactosa: +	+	-	+	N/A	N/A	N/A	N/A	
SIM (Sulfuro Indol Movilidad)	N/A	N/A	+	+	+	N/A	N/A	N/A	

Gelatina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	N/A	N/A	
Urea	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	
Simmons Citrato Agar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	

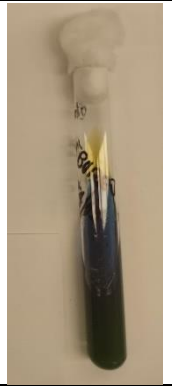
Caldo tioglicolato	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	N/A	N/A	
Rojo de Metilo Voges Proskauer	Glucosa: -	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Oxidación Fermentación	+	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Tabla 7

Resultado pruebas bioquímicas humedal La Isla

Prueba bioquímica	Fermentación de azucares	Producción de gas	ácido sulfhídrico H_2S	Movilidad	Indol	Licuefacción	Hidrolisis de la urea	Citrato como única fuente de carbono	Imagen
TSI (Triple Sugar Iron Agar)	Glucosa: + Sacarosa: + Lactosa: +	+	-	+	N/A	N/A	N/A	N/A	
SIM (Sulfuro Indol Movilidad)	N/A	N/A	+	+	+	N/A	N/A	N/A	

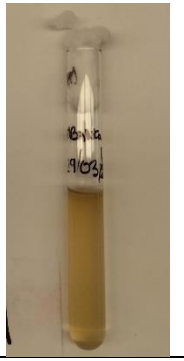
Gelatina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	N/A	N/A	
Urea	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	
Simmons Citrato Agar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	

Caldo tioglicolato	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	N/A	N/A	
Rojo de Metilo Voges Proskauer	Glucosa: -	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Oxidación Fermentación	+	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Tabla 8

Resultado pruebas bioquímicas humedal Tibanica

Prueba bioquímica	Fermentación de azucares	Producción de gas	ácido sulfhídrico H_2S	Movilidad	Indol	Licuefacción	Hidrolisis de la urea	Citrato como única fuente de carbono	Imagen
TSI (Triple Sugar Iron Agar)	Glucosa: + Sacarosa: - Lactosa: -	+	-	+	N/A	N/A	N/A	N/A	
SIM (Sulfuro Indol Movilidad)	N/A	N/A	+	+	+	N/A	N/A	N/A	

Gelatina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	N/A	N/A	
Urea	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	
Simmons Citrato Agar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	

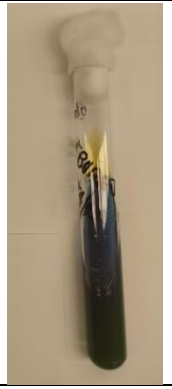
Caldo tioglicolato	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	N/A	N/A	
Rojo de Metilo Voges Proskauer	Glucosa: +	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Oxidación Fermentación	+	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Tabla 9

Resultado pruebas bioquímicas humedal Vaca norte

Prueba bioquímica	Fermentación de azucares	Producción de gas	ácido sulfhídrico H_2S	Movilidad	Indol	Licuefacción	Hidrolisis de la urea	Citrato como única fuente de carbono	Imagen
TSI (Triple Sugar Iron Agar)	Glucosa: + Sacarosa: + Lactosa: +	+	-	+	N/A	N/A	N/A	N/A	
SIM (Sulfuro Indol Movilidad)	N/A	N/A	+	+	+	N/A	N/A	N/A	

Gelatina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	N/A	N/A	
Urea	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	
Simmons Citrato Agar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	

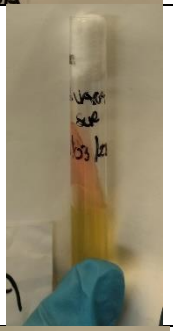
Caldo tioglicolato	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	N/A	N/A	
Rojo de Metilo Voges Proskauer	Glucosa: -	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Oxidación Fermentación	+	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Tabla 10

Resultado pruebas bioquímicas humedal Vaca sur

Prueba bioquímica	Fermentación de azucares	Producción de gas	ácido sulfhídrico H_2S	Movilidad	Indol	Licuefacción	Hidrolisis de la urea	Citrato como única fuente de carbono	Imagen
TSI (Triple Sugar Iron Agar)	Glucosa: + Sacarosa: + Lactosa: +	+	-	+	N/A	N/A	N/A	N/A	
SIM (Sulfuro Indol Movilidad)	N/A	N/A	+	+	+	N/A	N/A	N/A	

Gelatina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-	N/A	N/A	
Urea	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		+	N/A	
Simmons Citrato Agar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	+	

Caldo tioglicolato	N/A	N/A	N/A	N/A	+	N/A	N/A	N/A	
Rojo de Metilo Voges Proskauer	Glucosa: +	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Oxidación Fermentación	+	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

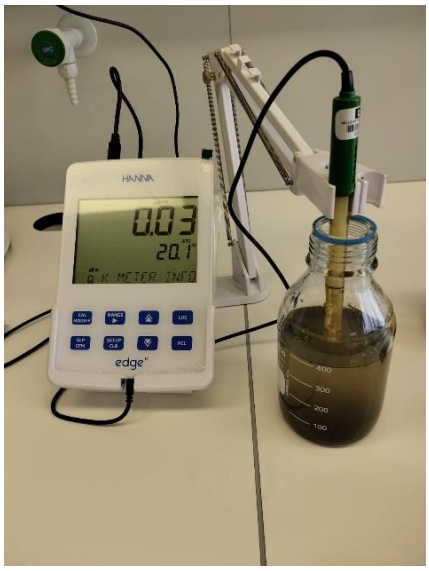
Nota. Fuente: Autora, 2023.

10.1.2 Análisis fisicoquímico

<table>
<tr>
<td>Medición de Conductividad, Solidos Totales Disueltos y salinidad en el equipo Edge de Hanna Istruments.

Figura 12

Medición de Conductividad, STD y salinidad



Nota. Fuente: Autora, 2023.</td>
<td>Medición de turbidez en equipo Hanna Istrumemnts

Figura 13

Medición turbidez



Nota. Fuente: Autora, 2023.</td>
</tr>
<tr>
<td>Medición de color en equipo monoparámetro Hanna Istrumemnts

Figura 14

Medición color</td>
<td>Medición de pH en equipo HACH.

Figura 15

Medición pH</td>
</tr>
</table>



Nota. Fuente: Autora, 2023.



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Medición DQO, tubos de digestión con las muestras en el termoreactor Velp Scientifica

Figura 16

Muestras en el termoreactor



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Medición DBO, muestras en botella Winkler para ingresar a incubadora por 5 días

Figura 17

Muestras en botellas Winkler



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Se analizan por sonda los parámetros de pH, Solidos Totales Disueltos, Turbidez, Conductividad, Salinidad, Color y Temperatura de los cinco cuerpos de agua de los humedales, para los análisis de DQO Y DBO se emplean métodos científicos estandarizados de acuerdo con el Estándar Métodos, así mismo se realizan por triplicado para una mayor confiabilidad, en la tabla 11, se evidencias los resultados.

Tabla 11

Resultados parámetros fisicoquímicos

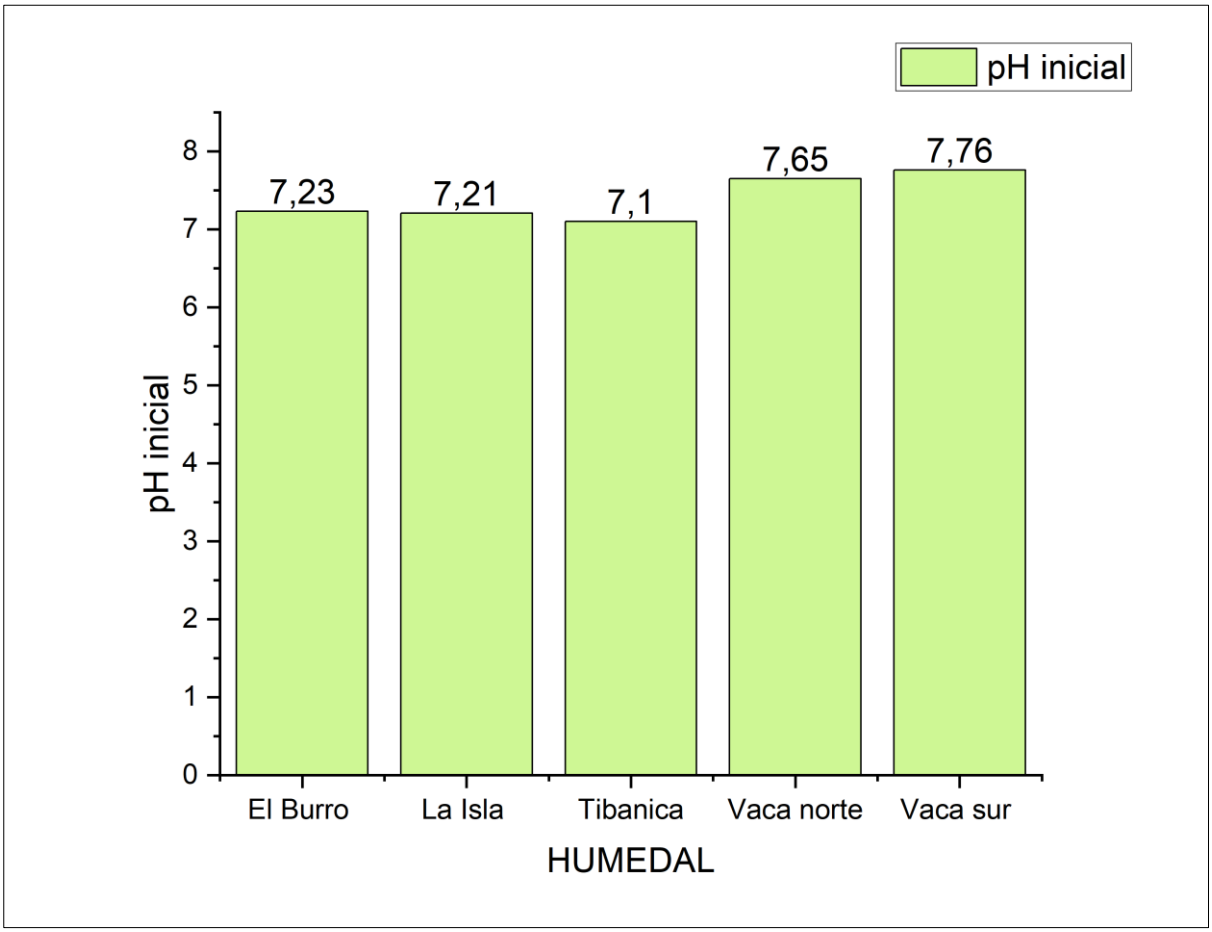
HUMEDAL	pH	STD (ppm)	Turbidez (NTU)	Conductividad (µS/cm)	Salinidad (NaCl)	Color(PCU)	Temperatura (°C)
El Burro	7,23	351	1124	700	1,4	2240	20,1
La Isla	7,21	715	325	1431	2,8	1910	19,7
Tibanica	7,1	447	143	893	1,7	2220	19,6
Vaca norte	7,65	438	47,9	875	1,7	1640	19,3
Vaca sur	7,76	765	11,4	1530	3	159	19,2

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Es de acuerdo a lo anterior que evidenciamos el pH en un rango de 7 a 8 en los cinco cuerpos de agua como se evidencia en la figura 18.

Figura 18

Resultado pH

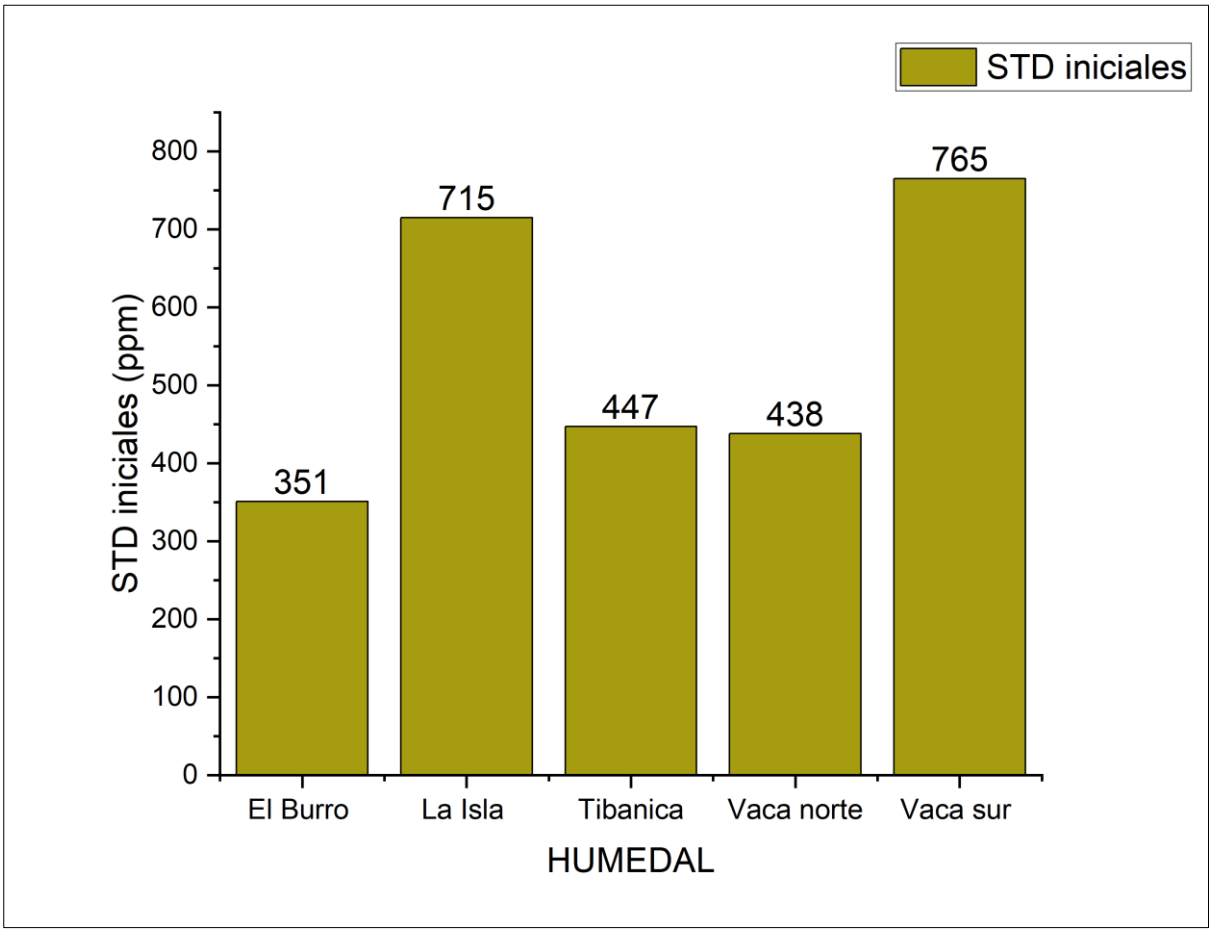


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Solidos totales disueltos con mayor número en el humedal Vaca sur, seguido de la Isla, Tibanica, Vaca norte y El Burro como se evidencia en la figura 19.

Figura 19

Resultado STD

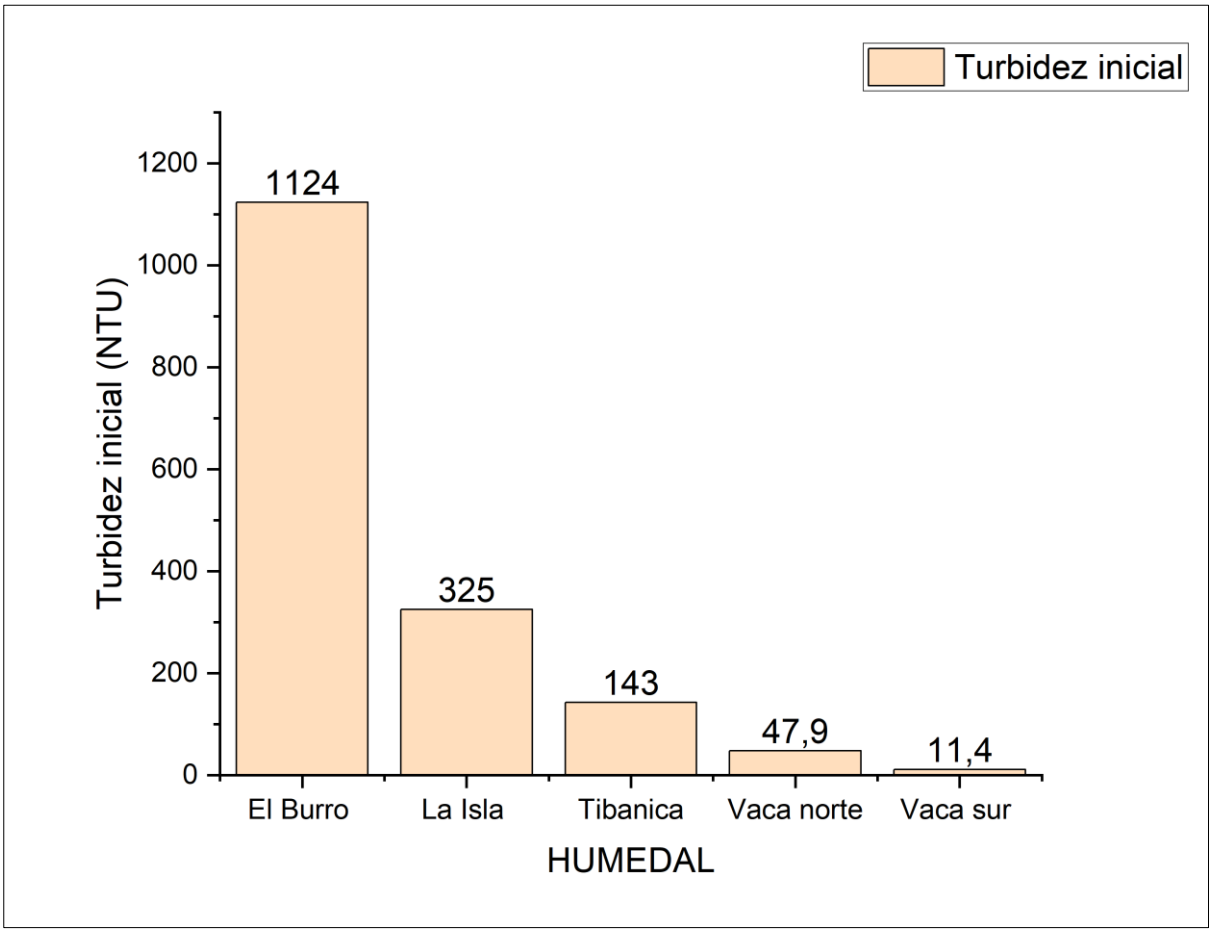


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para la turbidez el cuerpo hídrico del humedal El Burro es el de mayor resultado seguido de La Isla, Tibanica, Vaca norte y finalmente sur como se evidencia en la figura 20.

Figura 20

Resultado turbidez

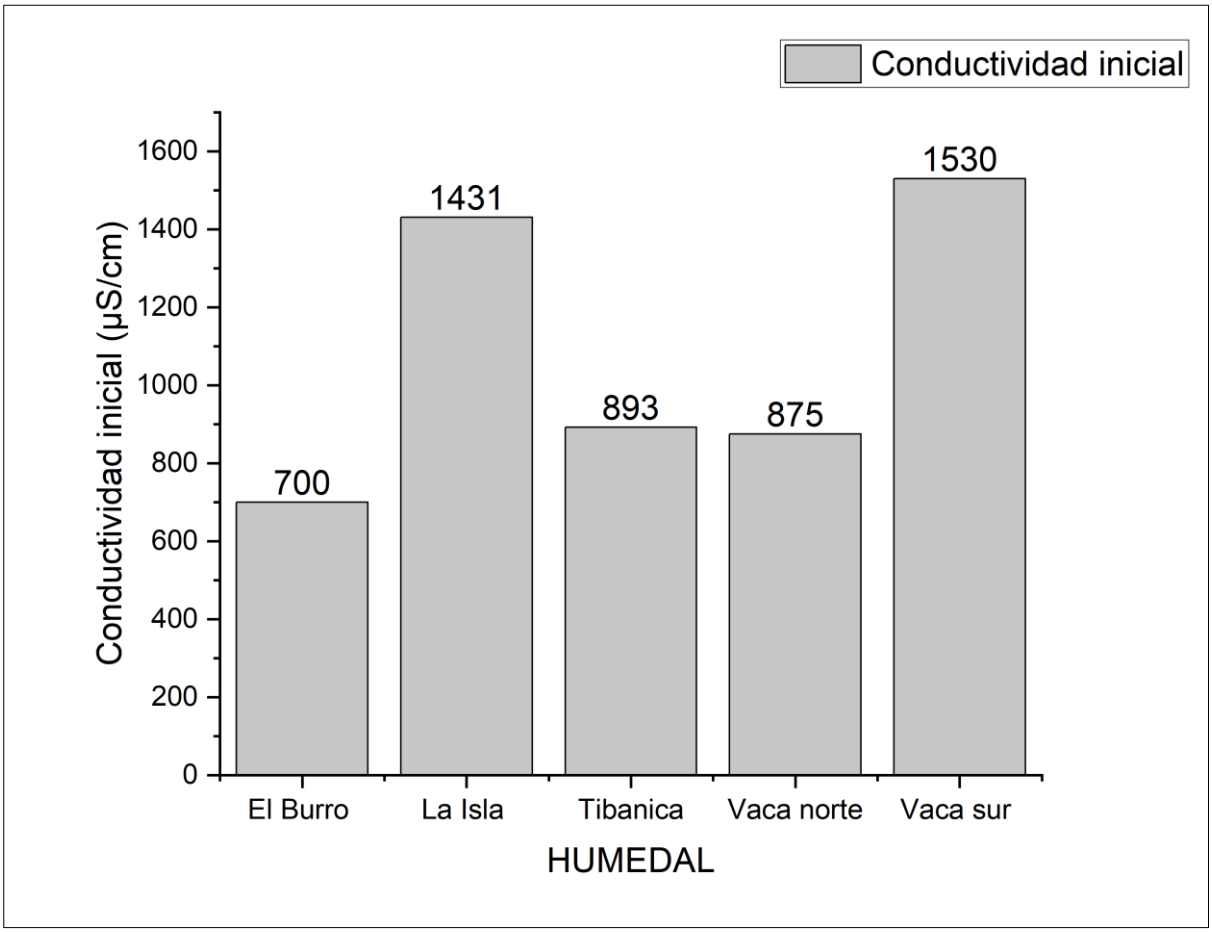


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Encontramos que el cuerpo hídrico de Vaca sur presenta mayor conductividad, seguido de La Isla, Tibanica, Vaca norte y finalmente El Burro como se evidencia en la figura 21.

Figura 21

Resultado conductividad

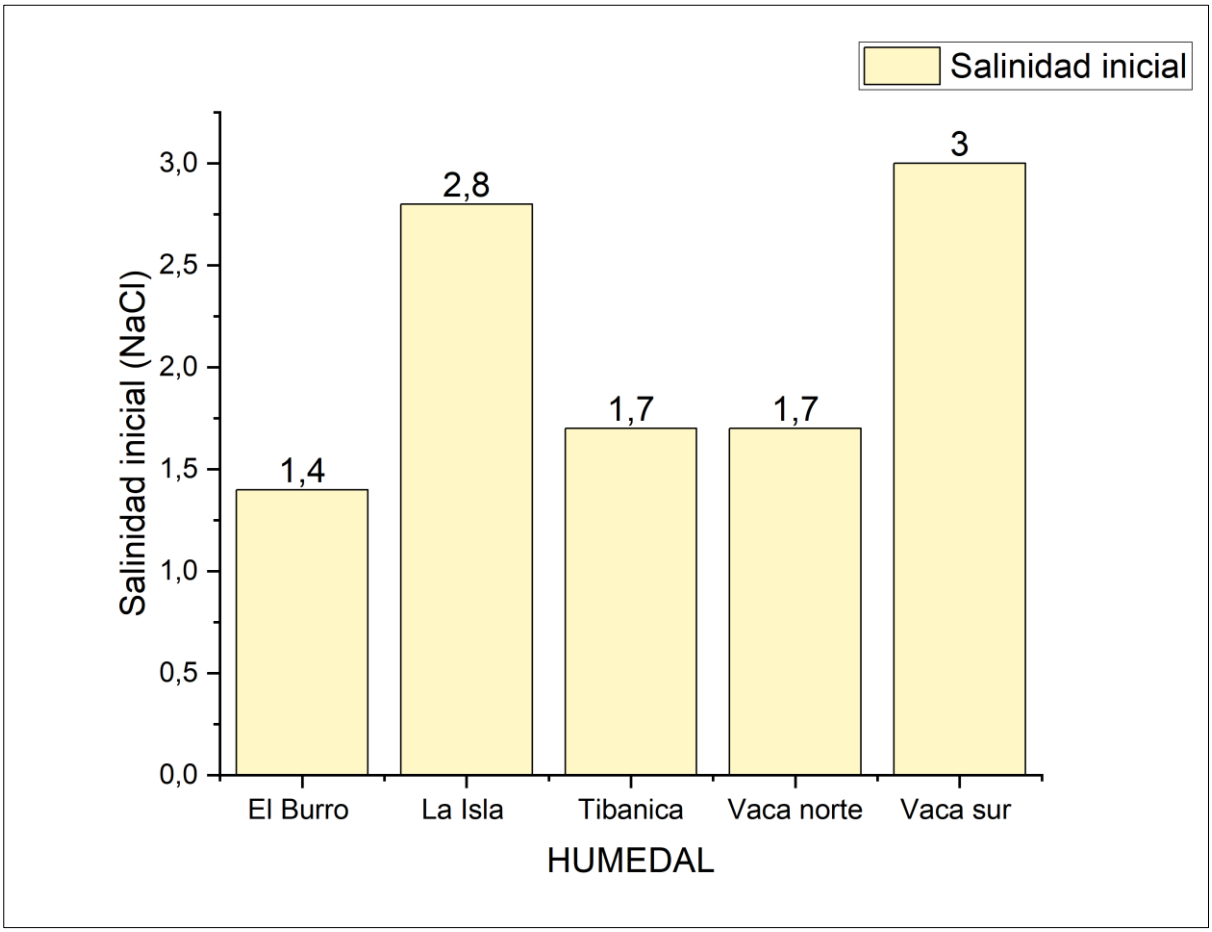


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para el caso de salinidad se encuentran los cinco cuerpos hídricos en un rango de 1 a 3 NaCl, como se evidencia en la figura 22.

Figura 22

Resultado salinidad

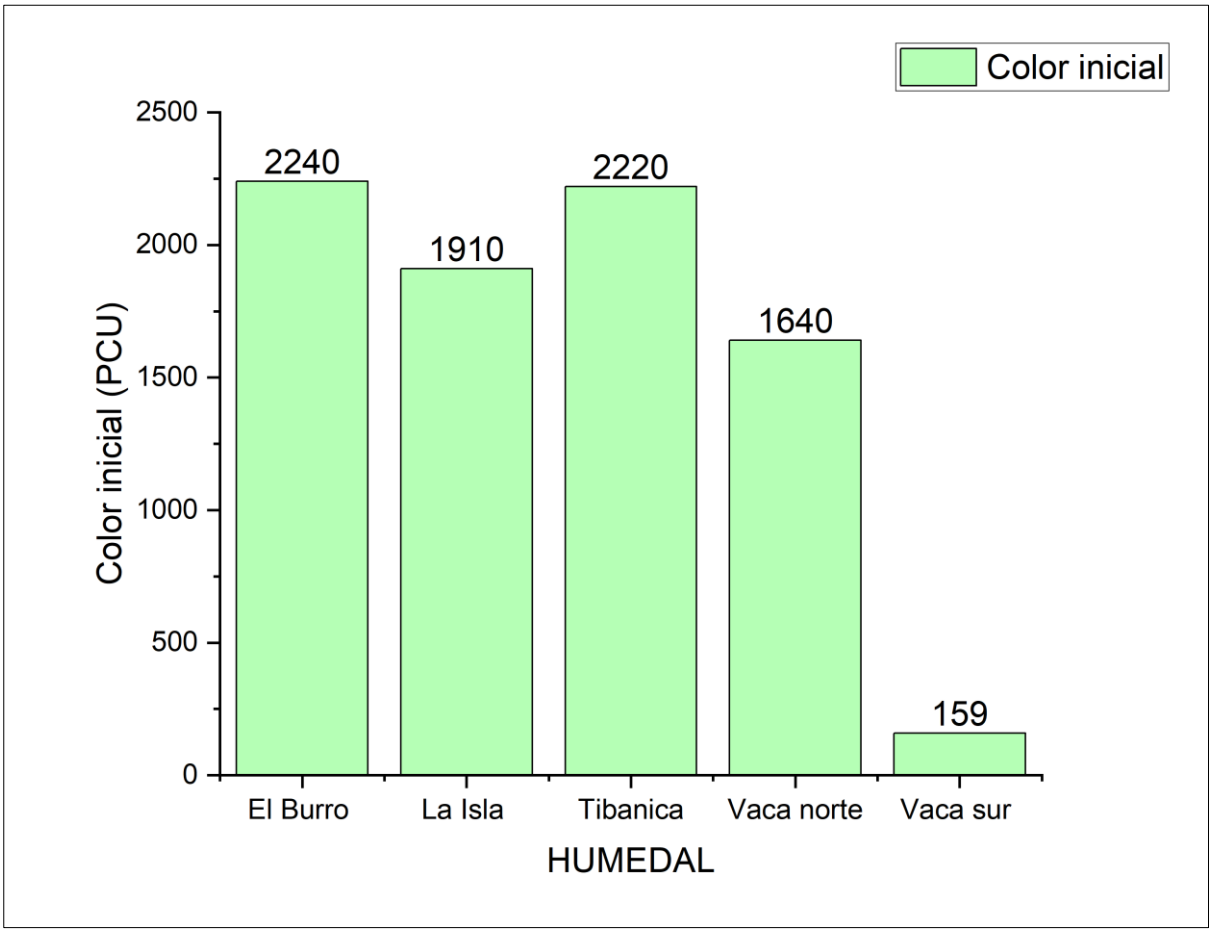


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para el color los resultados varían de 159 a 2240 de acuerdo con las características específicas de cada humedal como su vegetación, los resultados se evidencian en la figura 23.

Figura 23

Resultado color

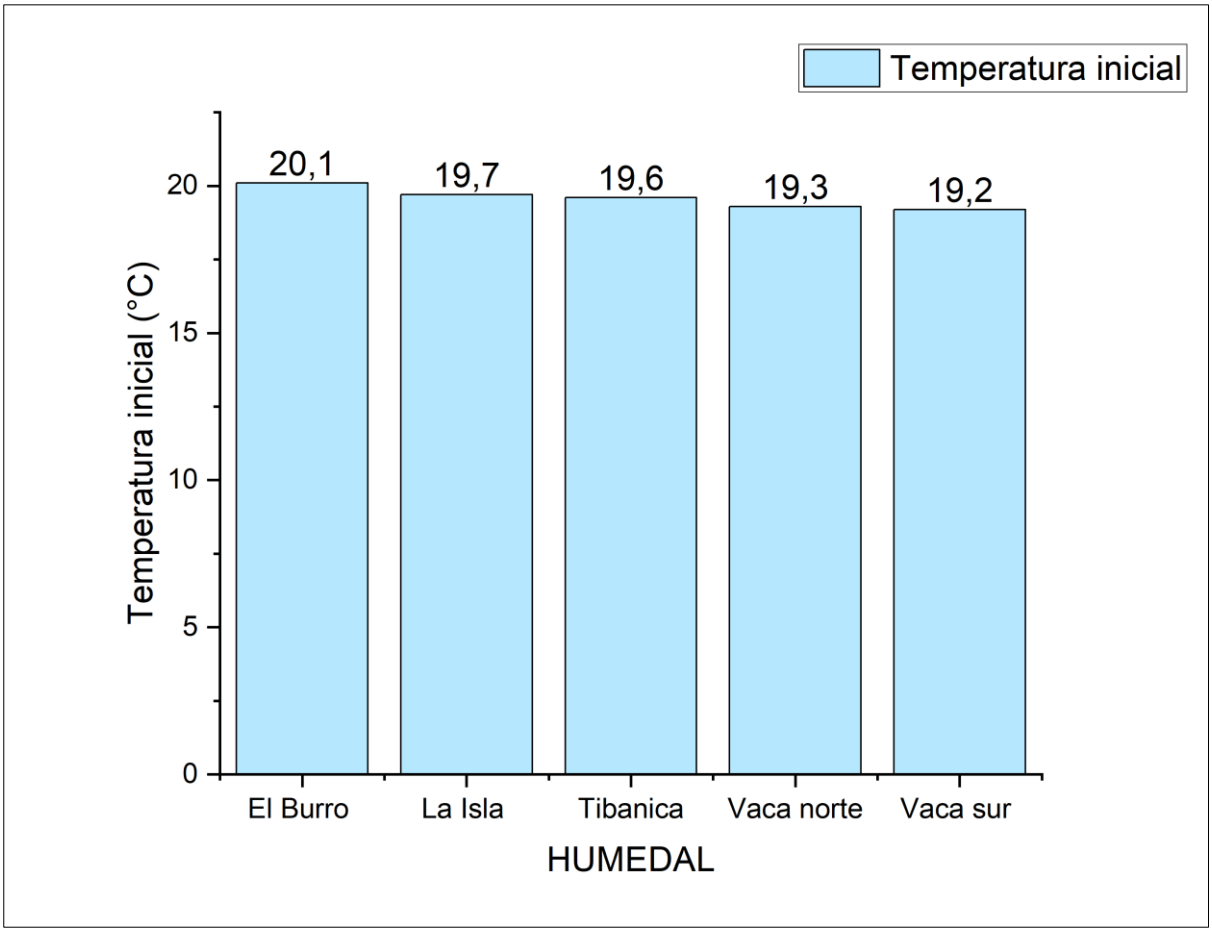


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Finalmente, para el caso de temperatura y de acuerdo con la preservación de las muestras en refrigeración de manera inicial y posterior a temperatura ambiente para los análisis, estas se encuentran alrededor de 20°C como se evidencia en la figura 24.

Figura 24

Resultado temperatura



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para los análisis de Demanda Química de Oxigeno y Demanda Biológica de Oxigeno como se mencionó anteriormente se emplean las técnicas del Estándar Métodos obteniendo de mayor a menor en relación a DQO, los humedales: La Isla, Vaca Norte, Tibanica, Vaca sur y Burro, así mismo para el caso de DBO de mayor a menor los cuerpos hídricos de los humedales: La Isla, Vaca norte, El Buro, Tibanica y Vaca sur como se evidencia en la Tabla 12 y en la figura 25.

Tabla 12

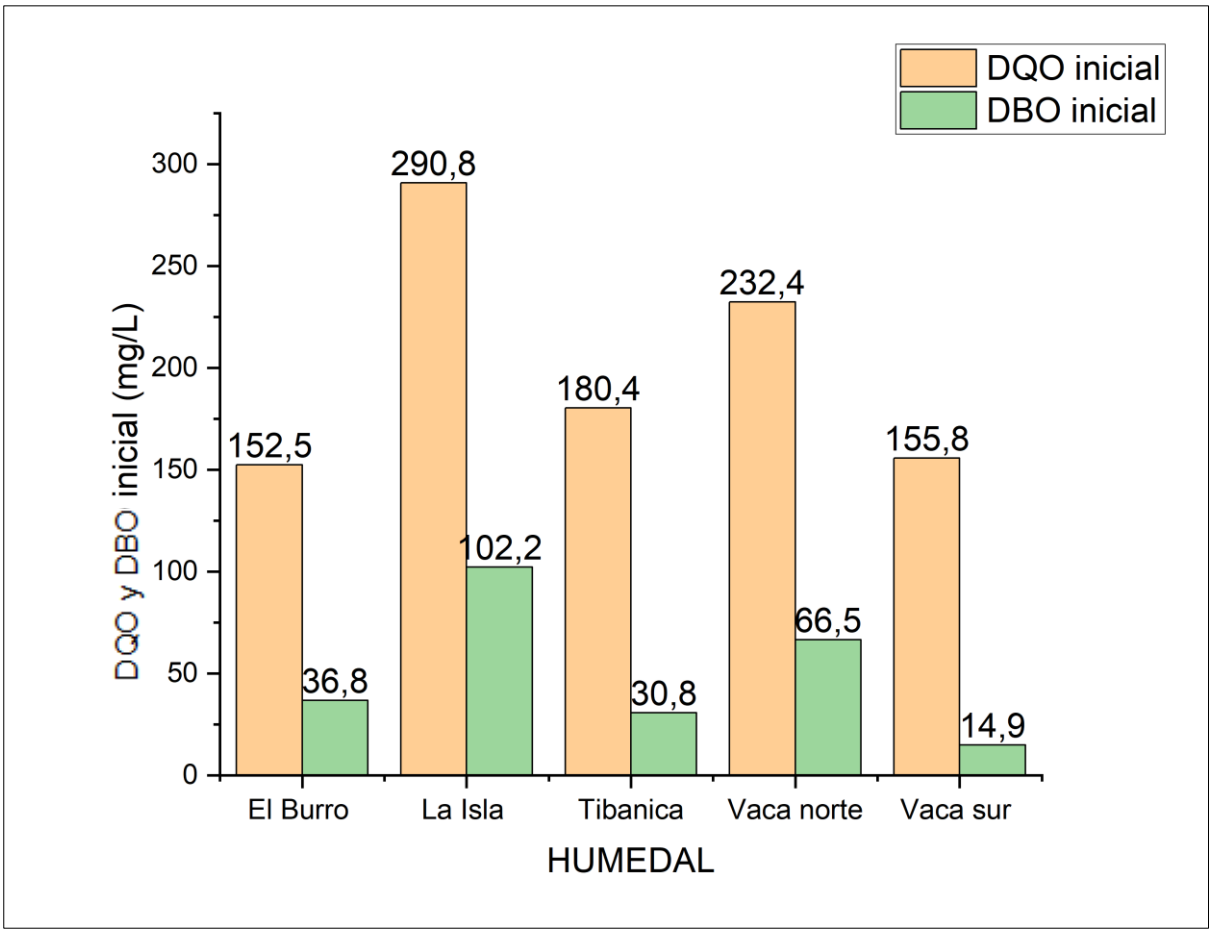
Resultados DBO y DQO

HUMEDAL	El Burro	La Isla	Tibanica	Vaca norte	Vaca sur
DQO	152,533	290,889	180,489	232,489	155,867
DBO	36,850	102,267	30,850	66,500	14,925

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 25

Resultados DBO y DQO

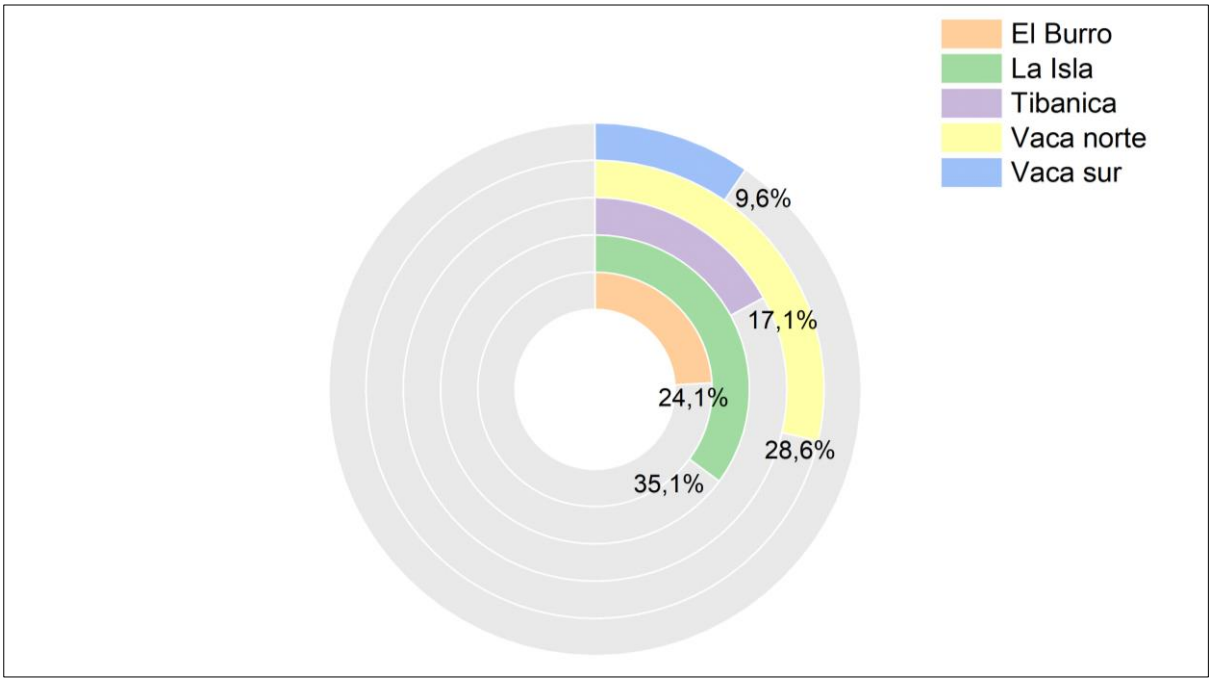


Nota. Fuente: Autora, 2023.

El porcentaje de DBO con respecto a la DQO es para el humedal El Burro de 24,13%, para La Isla de 35,14%, para Tibanica de 17,07%, para Vaca norte de 28,61% y para Vaca sur de 9,56% como se evidencia en la figura 26.

Figura 26

Porcentaje DBO respecto DQO



Nota. Fuente: Autora, 2023.

CAPITULO II

10.2 Montaje de fitorremediación con la planta Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*)

Para determinar la influencia de la especie Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) en la mejora de la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua analizadas anteriormente, se extraen las plantas de la especie *(Eichhornia crassipes)* del canal aledaño al humedal Tibanica, posterior a esto se divide por esquejes la planta, se pesan y se suspenden en las muestras de agua de los cinco humedales en recipientes rectangulares, el montaje se encuentra en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental de la Sede de la ciudadela Bosa- Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas como se presenta a continuación.

Canal de toma de esquejes de la planta macrófitas flotante buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) para el montaje de las muestras de los cinco humedales

Figura 27

Toma de esquejes de buchón de agua



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Montaje de las muestras de agua de los cinco humedales expuestas al buchón en Laboratorio de Biotecnología Ambiental de la Sede de la ciudadela Bosa- Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Figura 28

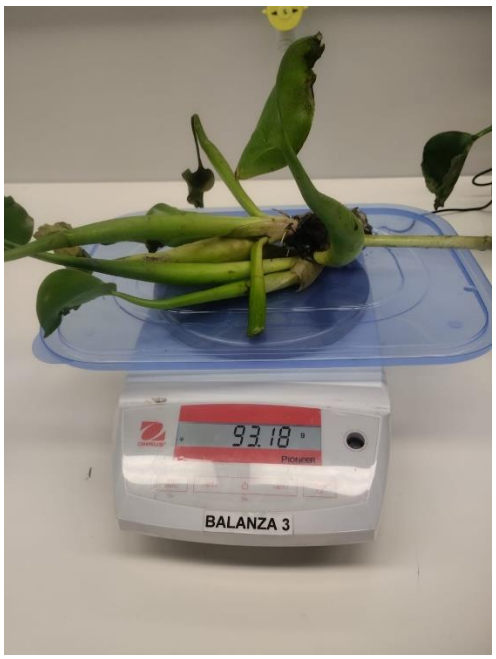
Montaje de las muestras con el buchón de agua

<table>
<tr><td></td><td>

Nota. Fuente: Autora, 2023.</td></tr>
<tr><td>Se pesa cada esqueje recolectado del buchón de agua para realizar el montaje

Figura 29

Peso de los esquejes



Nota. Fuente: Autora, 2023.</td><td>Se verifican las raíces de los esquejes recolectados

Figura 30

Raíz del buchón de agua



Nota. Fuente: Autora, 2023.</td></tr>
</table>

En la tabla 13 se presentan el peso de la planta, numero de esquejes y cantidad de agua de cada modelo y en la figura 31 y 32, se evidencia que las plantas tienen 1 o 2 esquejes y el peso que oscila de 57 a 200 gramos, la cantidad de agua de cada montaje de 4 litros.

Tabla 13

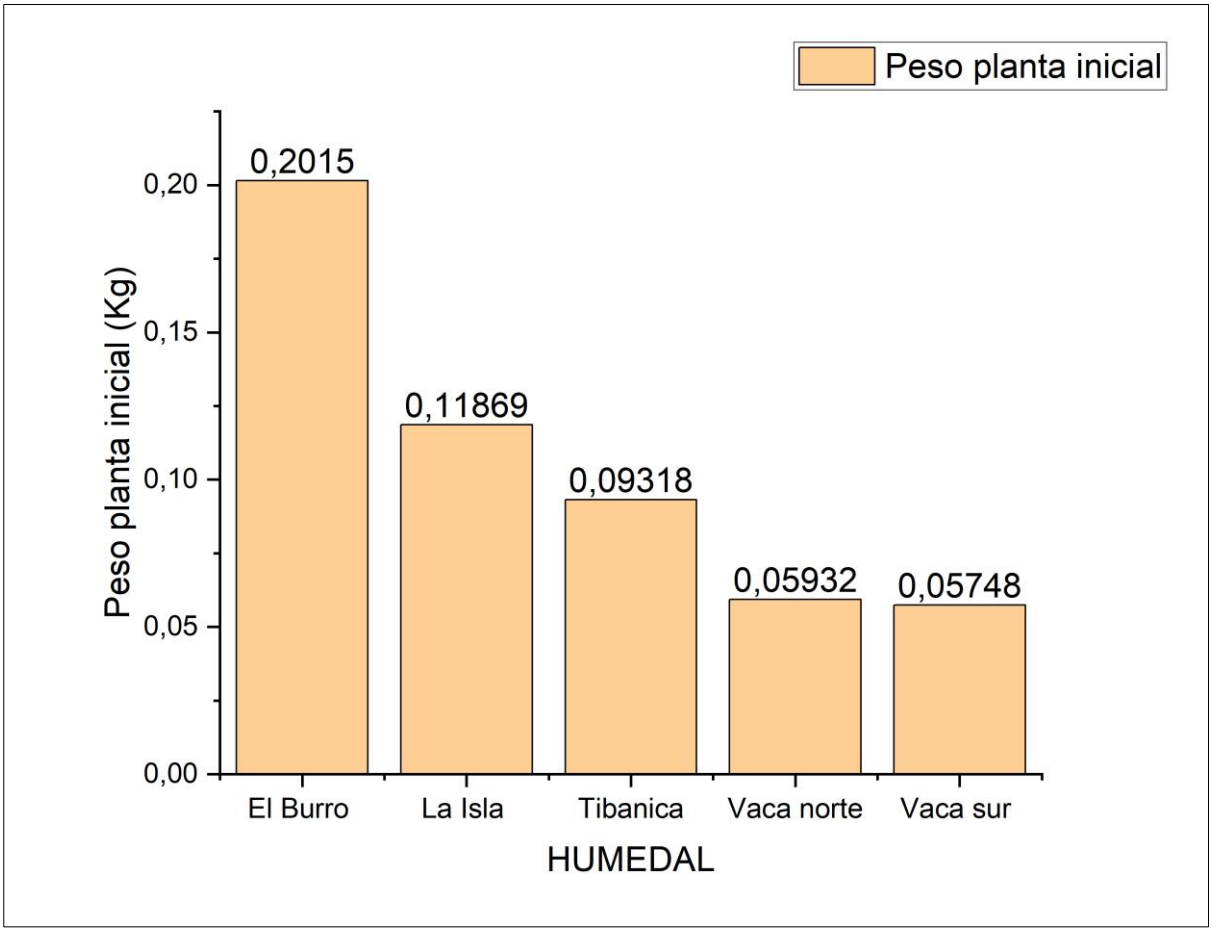
Montaje buchón

HUMEDAL	Peso planta(Kg)	Numero de esquejes	Agua(L)
El Burro	0,2015	1	4
La Isla	0,11869	2	4
Tibanica	0,09318	2	4
Vaca norte	0,05932	1	4
Vaca sur	0,05748	2	4

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 31

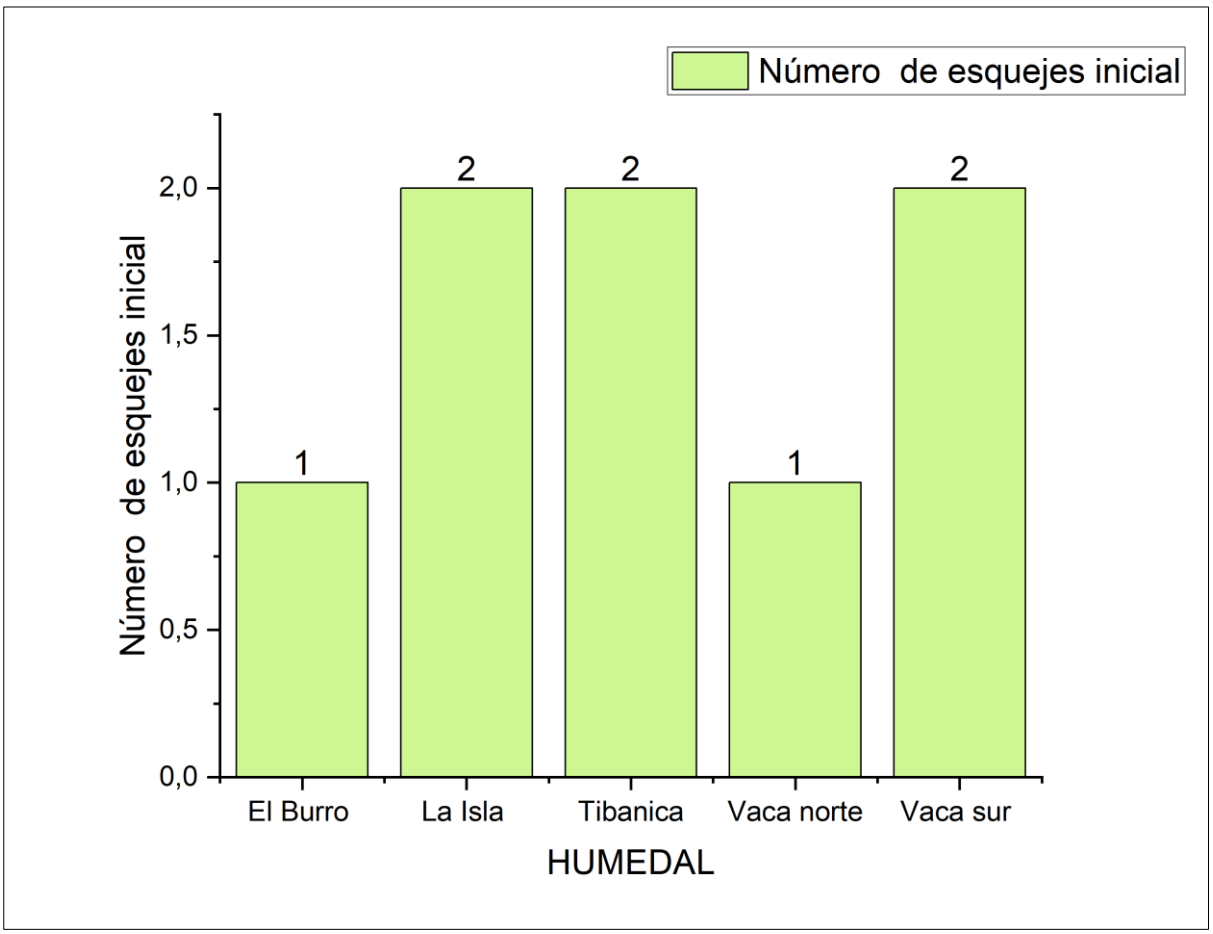
Peso planta en el montaje



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 32

Número de esquejes de la planta en el montaje



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Una vez transcurridas tres semanas del montaje inicial, se recolectan las muestras de los cinco humedales y se repiten los análisis anteriores microbiológicos y fisicoquímicos cuyos resultados se presentan a continuación

CAPUTULO III

10.3 Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras expuestas a la especie fitorremediadora Buchón de agua *(Eichhornia crassipes)*

Una vez transcurridas 3 semanas, se retira el buchón del montaje, se recolectan las muestras de los cinco humedales y se repiten los análisis anteriores, se realiza la siembra en Caldo Lauril Sulfato y medio Chromocult por triplicado, realizando lectura a 24 y 48 horas para determinar la carga microbiana, así mismo se realizan análisis de DBO, DQO, pH, solidos totales disueltos, turbidez, conductividad y salinidad cuyos resultados se presentan a continuación por humedal. En la figura 13, se evidencias las muestras transcurrido el tiempo y la exposición al buchón.

Figura 33

Muestras del montaje transcurridas tres semanas

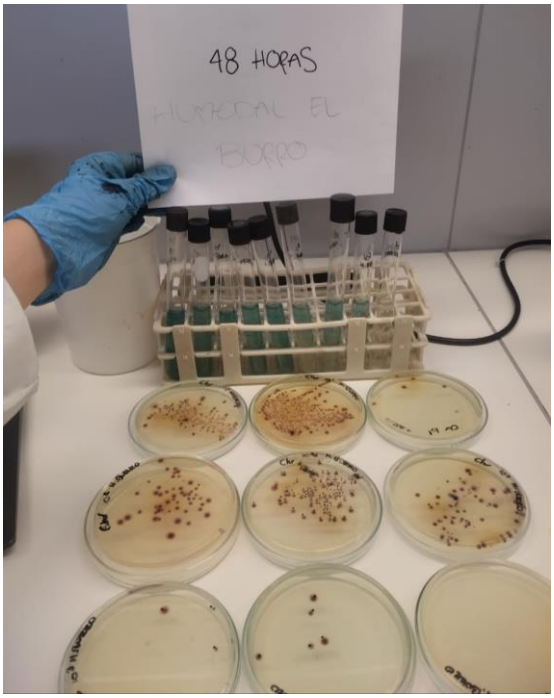


Nota. Fuente: Autora, 2023.

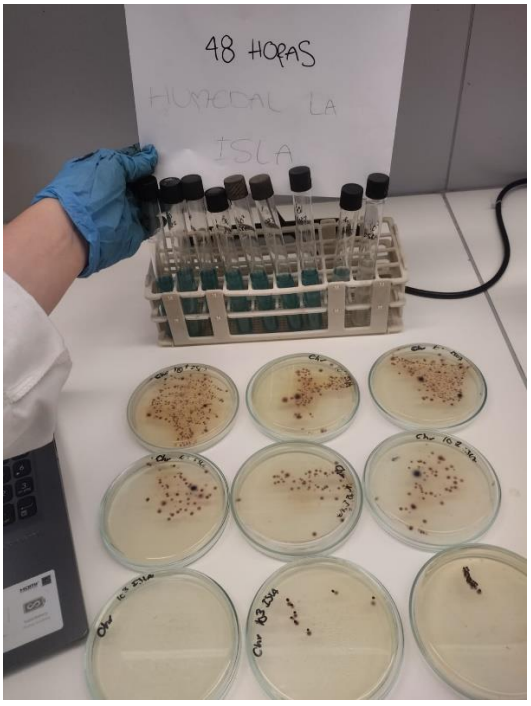
10.3.1 Análisis microbiológico transcurridas tres semanas

Se emplean los métodos de recuento en placa y número más probable en 3 tubos, realizando las diluciones por triplicado para mayor confiabilidad del resultado.

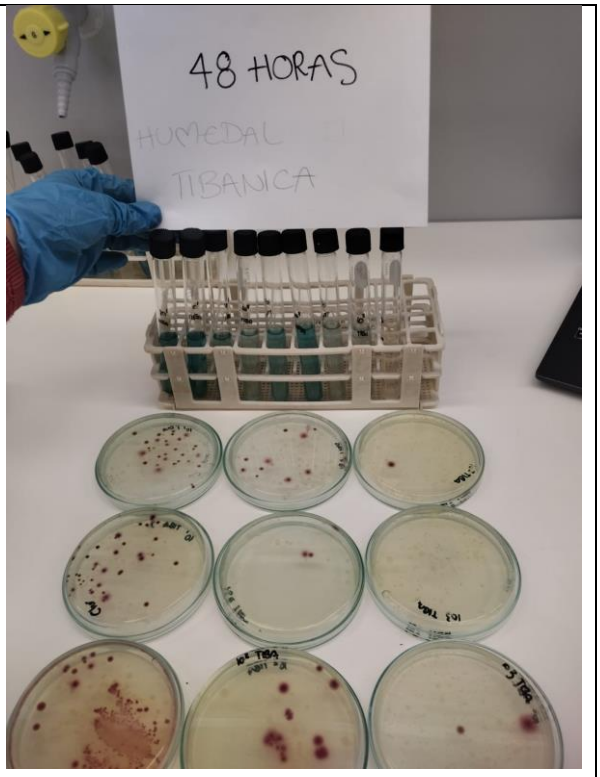
Humedal El Burro	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
20767	11
Coliformes totales (NMP/100mL)	
2400	



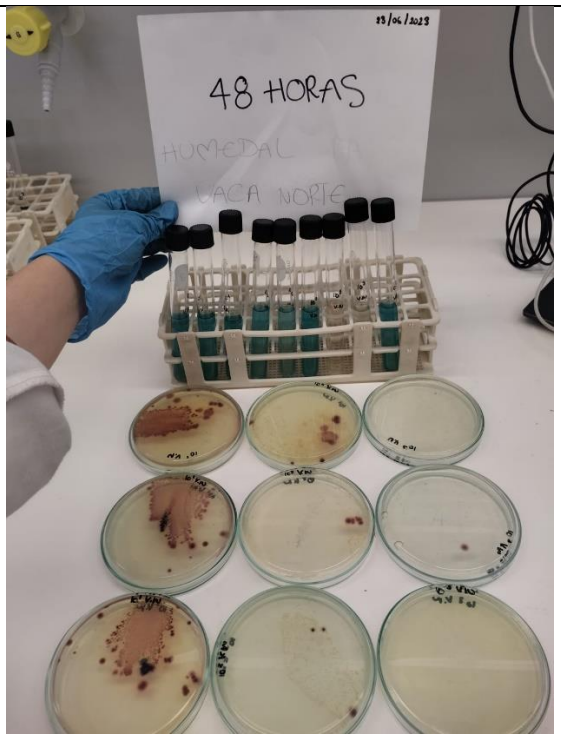
Humedal La Isla	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
3793	2
Coliformes totales (NMP/100mL)	
>11000	

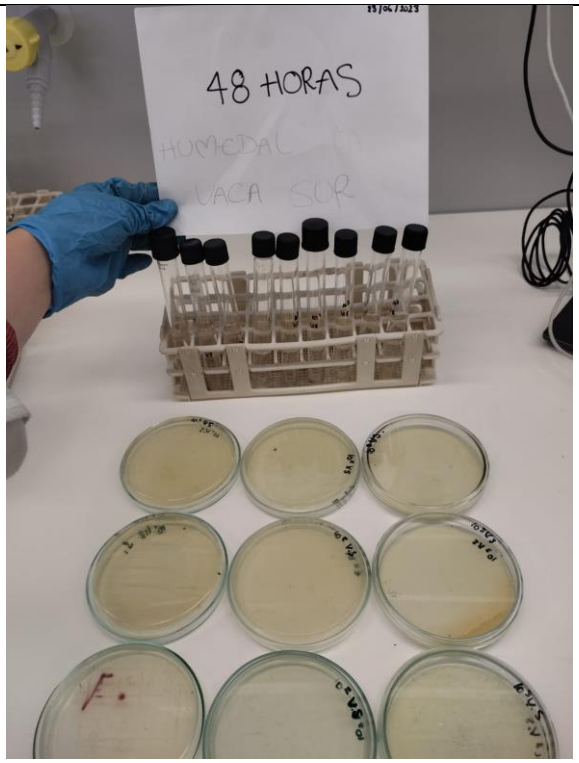


Humedal Tibanica	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
1089	0
Coliformes totales (NMP/100mL)	
2100	



Humedal Vaca norte	
Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
12373	587
Coliformes totales (NMP/100mL)	
>11000	



<table>
<tr><td colspan="2">Humedal Vaca sur</td><td rowspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><table>
<tr><td>Coliformes totales (UFC/mL)</td><td>E. coli (UFC/mL)</td></tr>
<tr><td>34</td><td>0</td></tr>
</table>
<table>
<tr><td>Coliformes totales (NMP/100ml)</td></tr>
<tr><td>40</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Es asi como posterior al proceso de fitorremediación identificamos la disminución de la presencia de coliformes totales y fecales, se encuentran coliformes totales en los cinco cuerpos de agua y *E. coli* en los humedales El Burro y La Isla como se evidencia en la tabla 14 y la figura 34.

Tabla 14

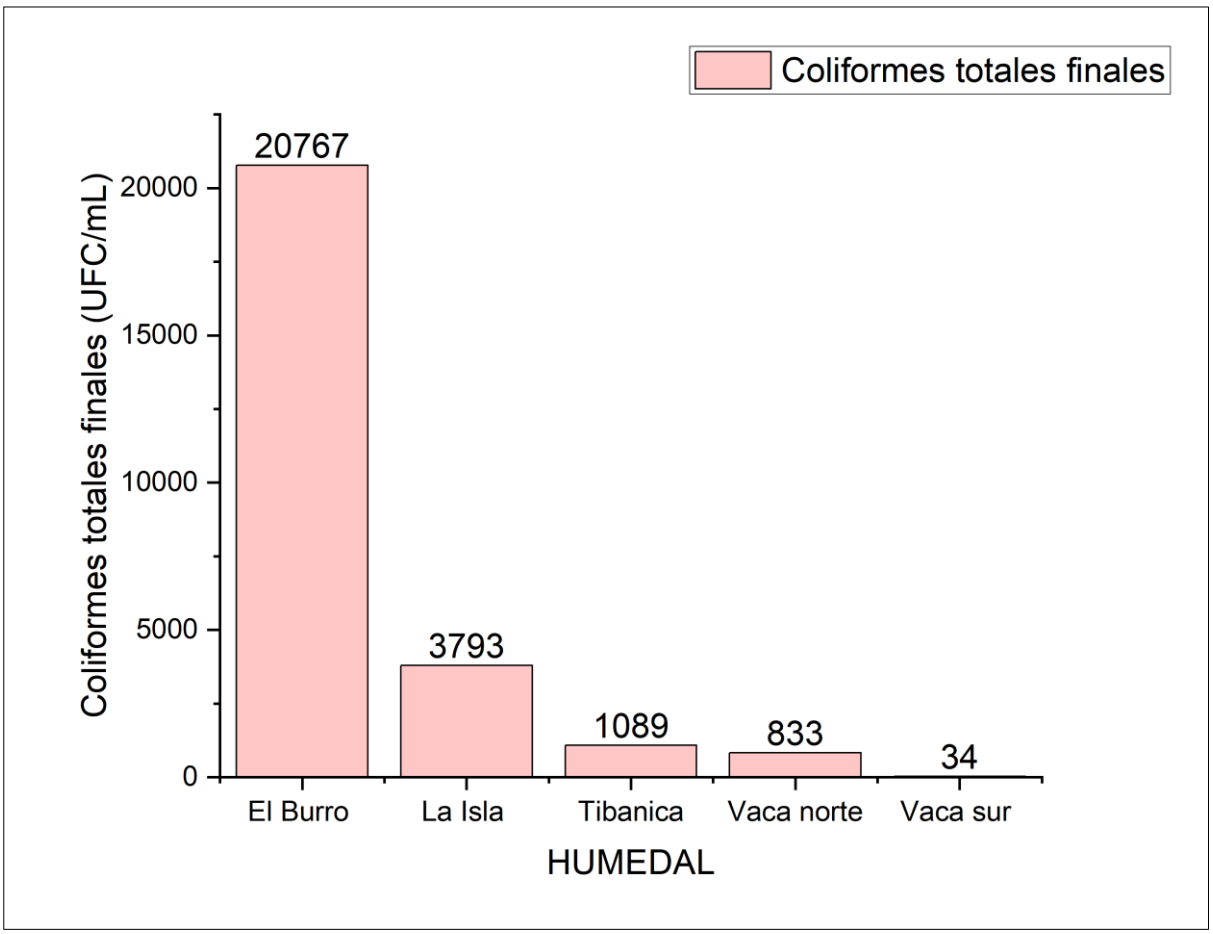
Resultado medio Chromocult transcurridas tres semanas

HUMEDAL	Coliformes totales (UFC/mL)	*E. coli (UFC/mL)*
El Burro	20767	11
La Isla	3793	2
Tibanica	1089	0
Vaca norte	833	0
Vaca sur	34	0

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 34

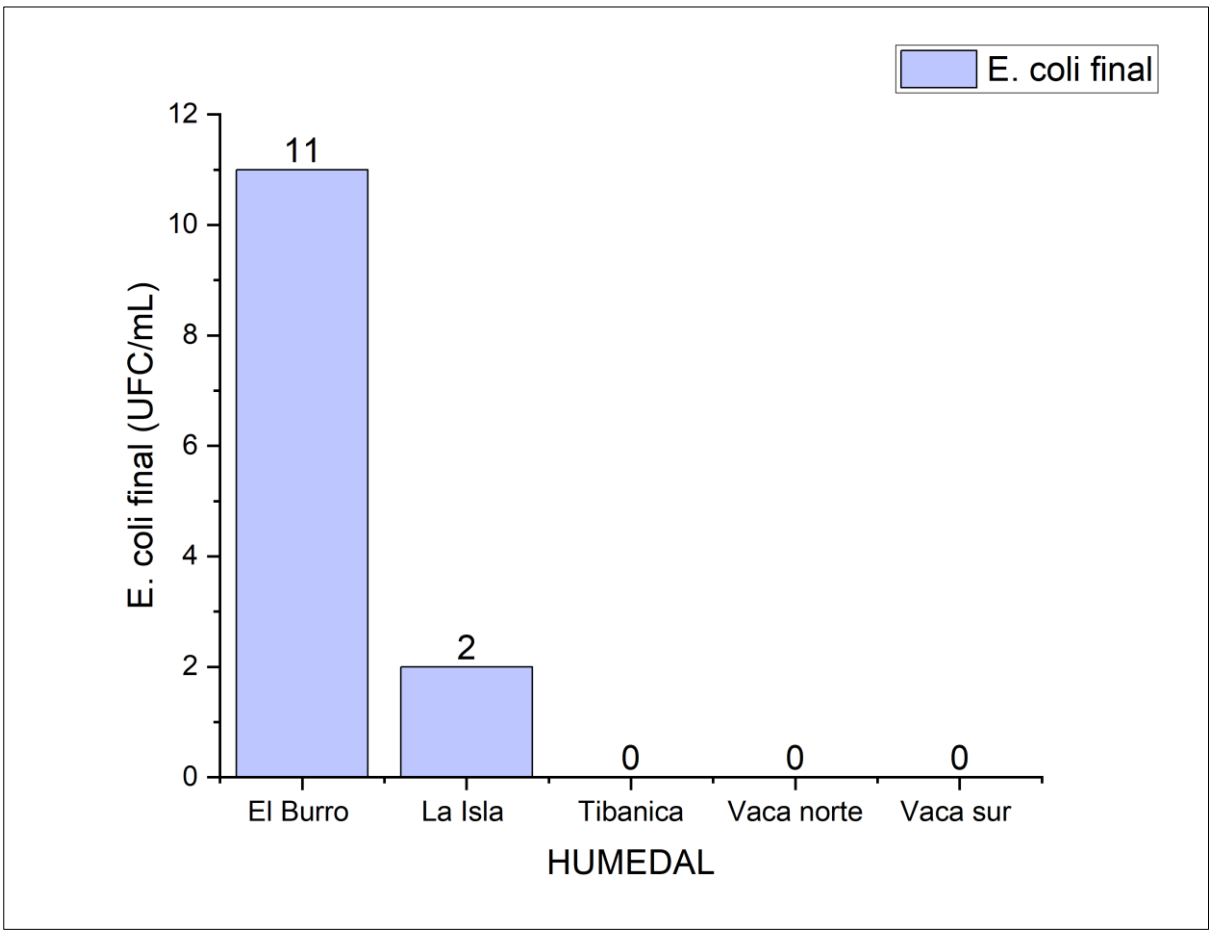
Resultado medio Chromocult coliformes totales transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 35

Resultado medio Chromocult E. coli transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para los resultados del Numero más probable en Caldo Lauril Sulfato se obtiene que los Humedales de Burro, Isla y Vaca norte presentan un resultado >11000 NMP/100mL, seguido del humedal Tibanica con 11000 NMP/100mL y por ultimo Vaca sur con un resultado de 4600 NMP/100mL como se evidencia en la tabla 15 y la figura 36.

Tabla 15

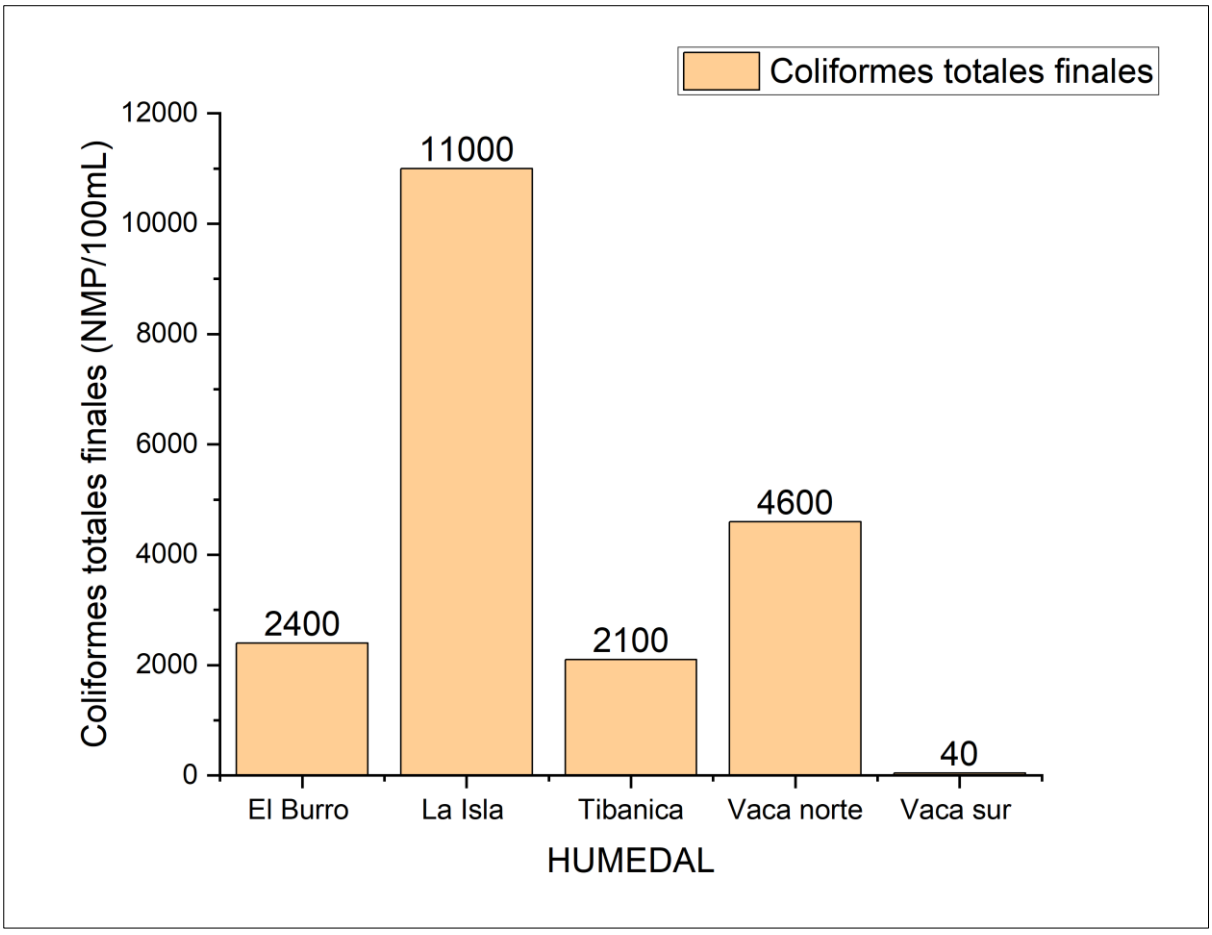
Resultado Caldo Lauril Sulfato transcurridas tres semanas

HUMEDAL	Coliformes totales (NMP/100mL)
El Burro	2400
La Isla	>11000
Tibanica	2100
Vaca norte	4600
Vaca sur	40

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 36

Resultado Caldo Lauril Sulfato transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

10.3.2 Análisis fisicoquímico transcurridas tres semanas

Se analizan por sonda los parámetros de pH, Solidos Totales Disueltos, Turbidez, Conductividad, Salinidad, Color y Temperatura de los cinco cuerpos de agua de los humedales.

Para los análisis de DQO Y DBO se emplean métodos científicos estandarizados de acuerdo con el Estándar Métodos, así mismo se realizan por triplicado para una mayor confiabilidad en el resultado

<table>
<tr>
<td>Medición de Conductividad, Solidos Totales Disueltos y salinidad en el equipo Edge de Hanna Istruments.
Figura 37
Medición de Conductividad, STD y salinidad transcurridas tres semanas

Nota. Fuente: Autora, 2023.</td>
<td>Medición de turbidez en equipo Hanna Istrumemnts
Figura 38
Medición turbidez transcurridas tres semanas

Nota. Fuente: Autora, 2023.</td>
</tr>
<tr>
<td>Medición de color en equipo monoparámetro Hanna Istrumemnts
Figura 39</td>
<td>Medición de pH en equipo HACH.
Figura 40</td>
</tr>
</table>

Medición color transcurridas tres semanas  *Nota.* Fuente: Autora, 2023.	*Medición pH transcurridas tres semanas*  *Nota.* Fuente: Autora, 2023.
Medición DQO, tubos de digestión con las muestras en el termoreactor Velp Scientifica **Figura 41** *Muestras en el termoreactor transcurridas tres semanas*	Medición DBO, muestras en botella Winkler para ingresar a incubadora por 5 días **Figura 42** *Muestras en botellas Winkler transcurridas tres semanas*



Nota. Fuente: Autora, 2023.



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Transcurridas tres semanas del montaje inicial, se analizan por sonda los parámetros de pH, Solidos Totales Disueltos, Turbidez, Conductividad, Salinidad, Color y Temperatura de los cinco cuerpos de agua de los humedales, para los análisis de DQO Y DBO se emplean métodos científicos estandarizados de acuerdo con el Estándar Métodos, así mismo se realizan por triplicado para una mayor confiabilidad, en la tabla 11, se evidencias los resultados.

Tabla 16

Resultados parámetros fisicoquímicos transcurridas tres semanas

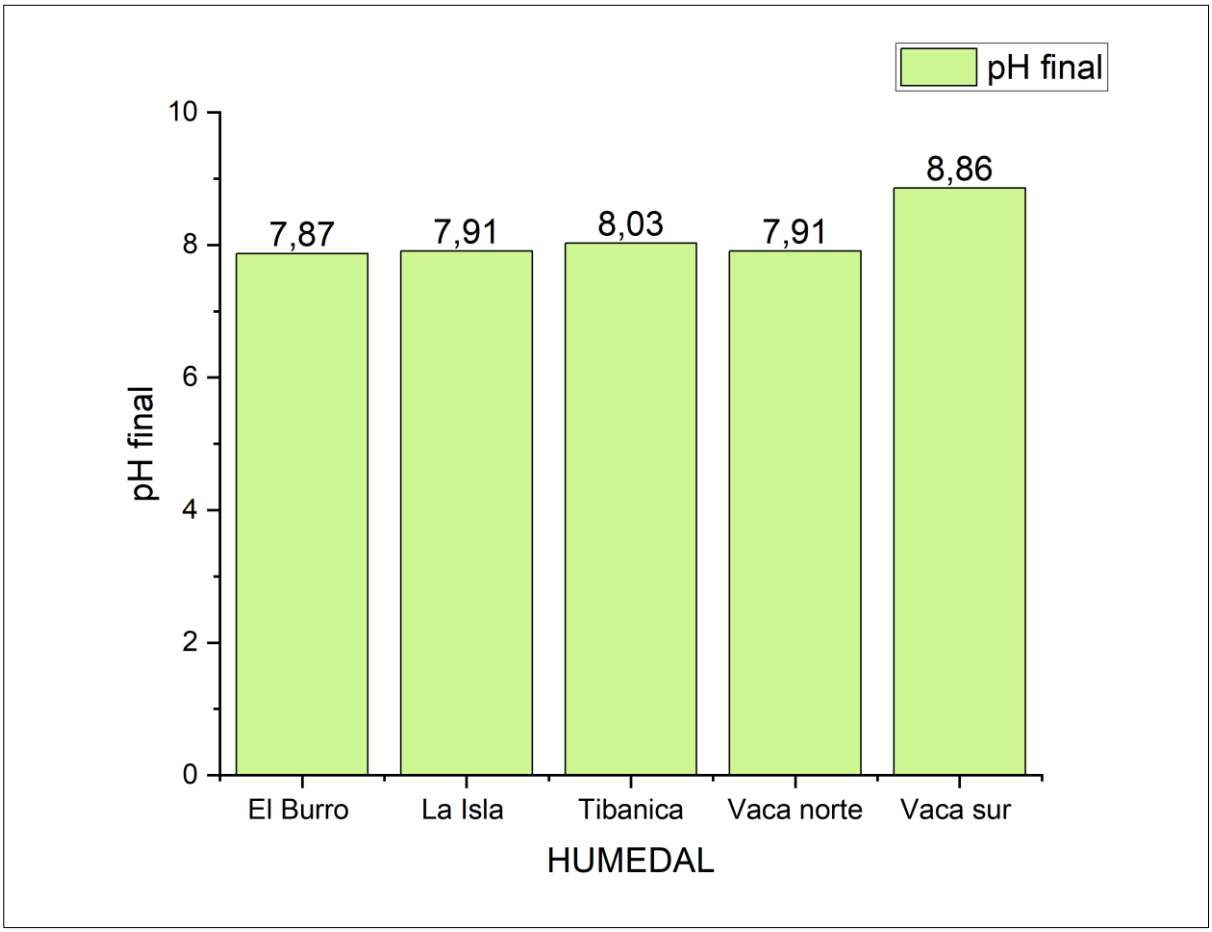
HUMEDAL	pH	STD (ppm)	Turbidez(NTU)	Conductividad (µS/cm)	Salinidad (NaCl)	Color(PCU)	Temperatura °C
El Burro	7,87	558	2445	1158	2,2	920	13
La Isla	7,91	1077	181	2156	4,2	830	11,8
Tibanica	8,03	760	108	1519	3	730	12
Vaca norte	7,91	466	60,9	931	1,8	190	12,3
Vaca sur	8,86	1012	5,62	2022	3,9	195	12,2

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Es de acuerdo a lo anterior que evidenciamos el pH en un rango de 7 a 9 en los cinco cuerpos de agua como se evidencia en la figura 43.

Figura 43

Resultado pH transcurridas tres semanas

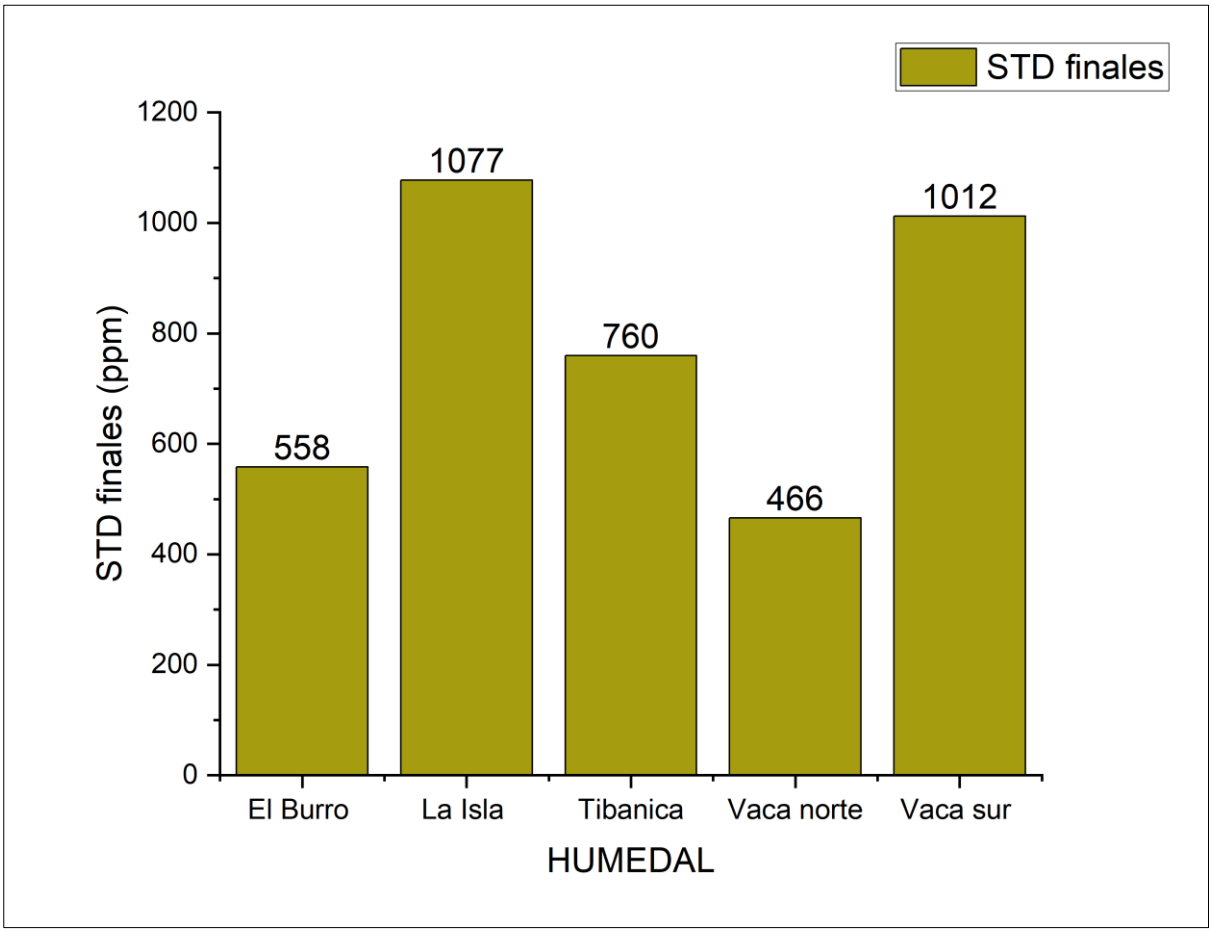


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Solidos totales disueltos con mayor número en el humedal La Isla, seguido de Vaca sur, Tibanica, El Burro y Vaca norte como se evidencia en la figura 44.

Figura 44

Resultado STD transcurridas tres semanas

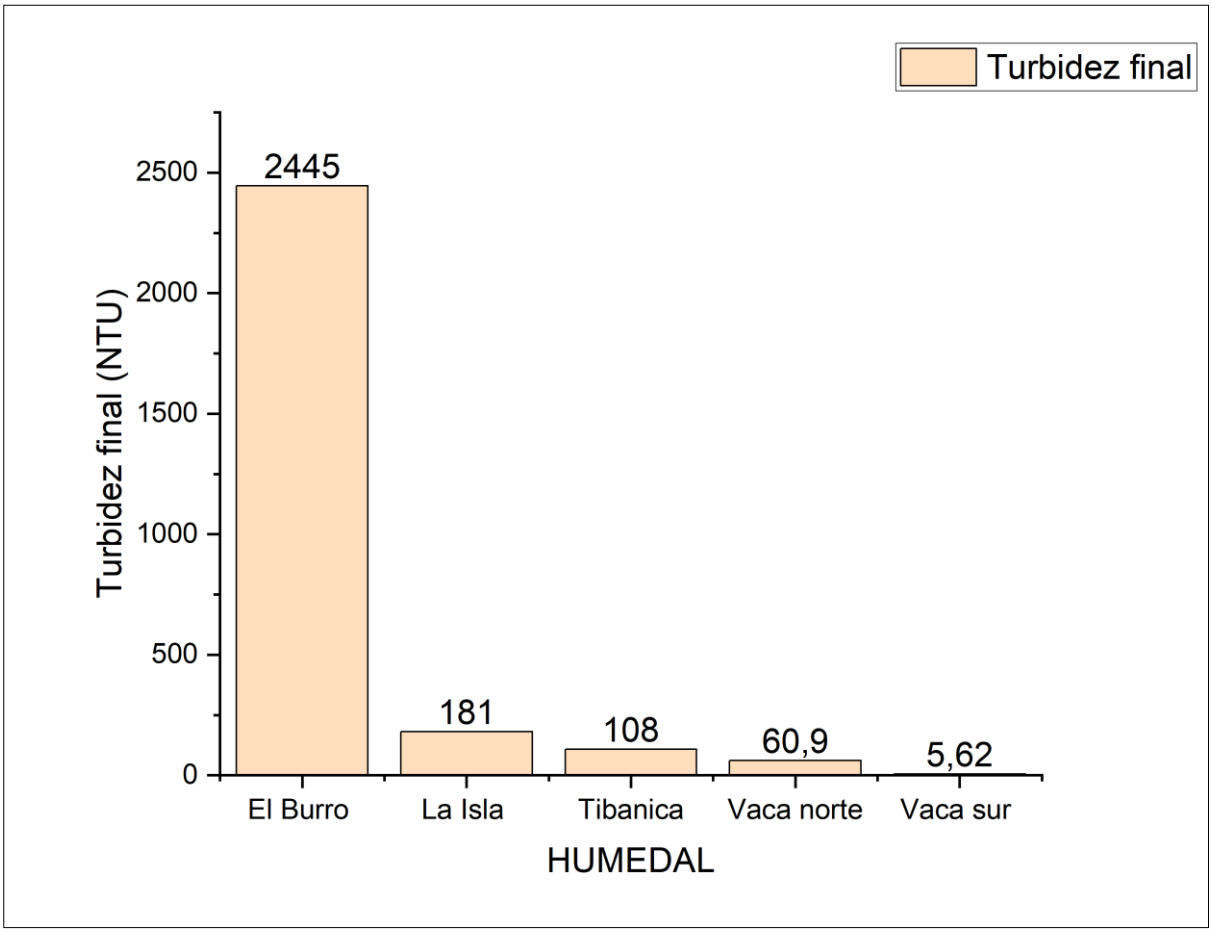


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para la turbidez el cuerpo hídrico del humedal El Burro es el de mayor resultado seguido de La Isla, Tibanica, Vaca norte y finalmente sur como se evidencia en la figura 45.

Figura 45

Resultado turbidez transcurridas tres semanas

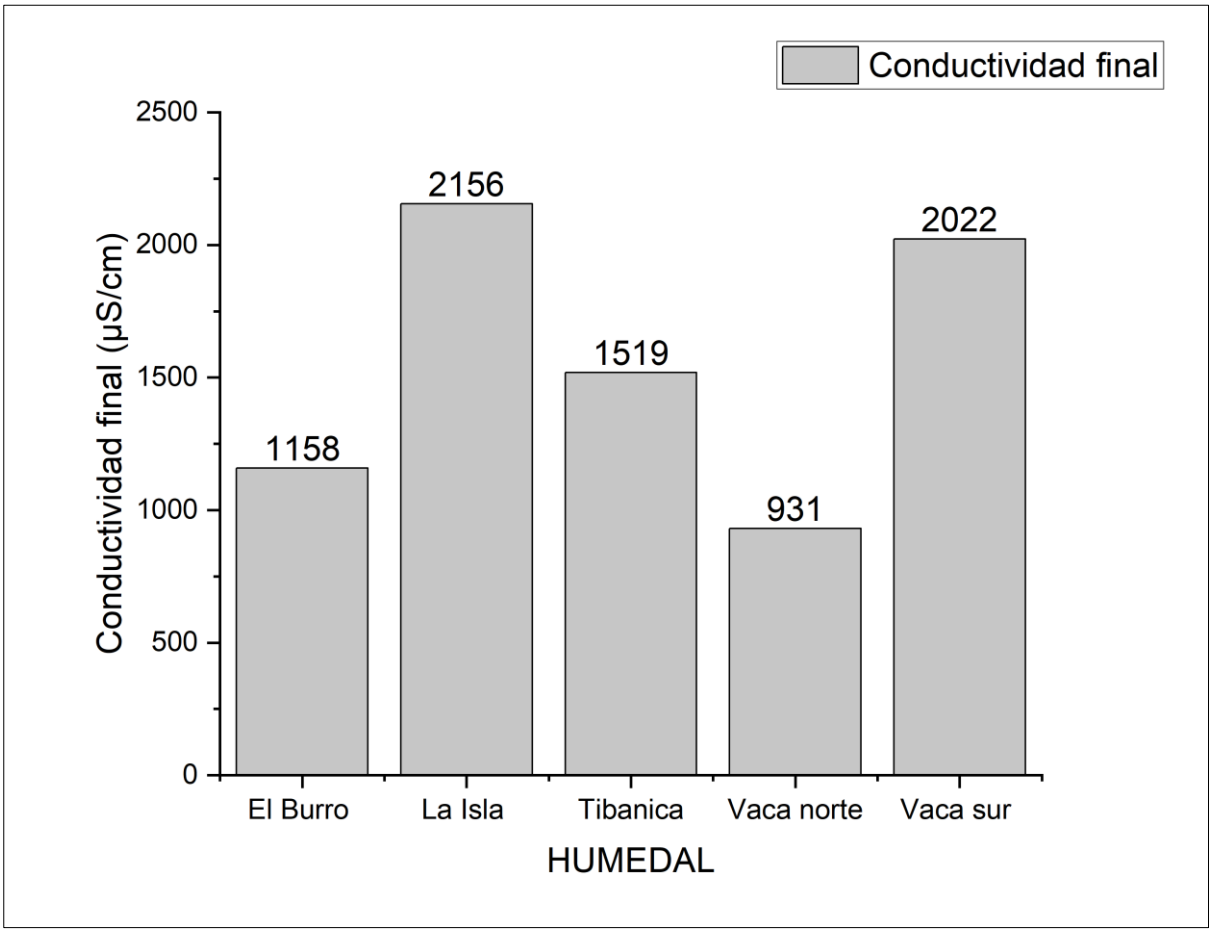


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Encontramos que el cuerpo hídrico de Vaca sur presenta mayor conductividad, seguido de La Isla, Tibanica, Vaca norte y finalmente El Burro como se evidencia en la figura 46.

Figura 46

Resultado conductividad transcurridas tres semanas

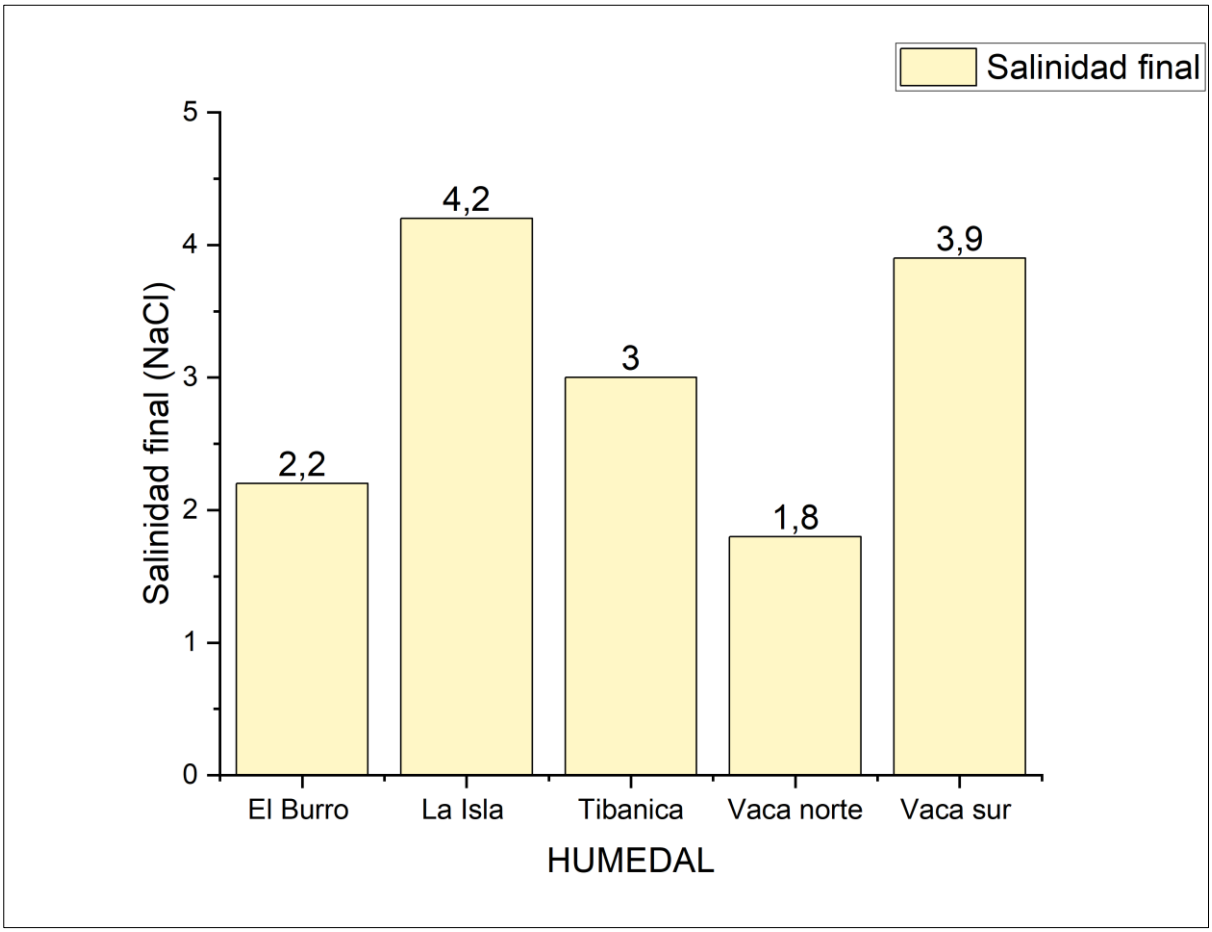


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para el caso de salinidad se encuentran los cinco cuerpos hídricos en un rango de 1 a 5 NaCl, como se evidencia en la figura 47.

Figura 47

Resultado salinidad transcurridas tres semanas

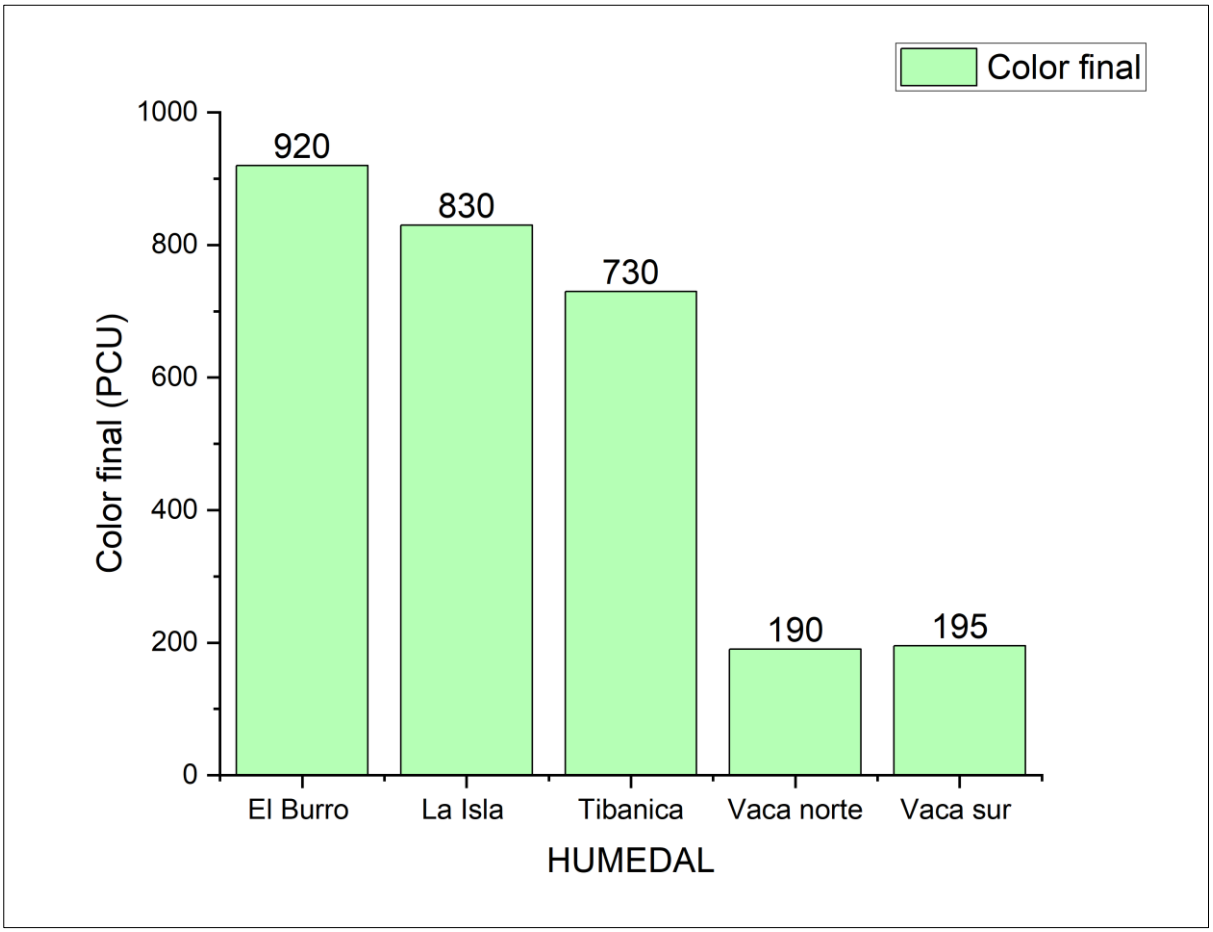


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para el color los resultados varían de 190 a 920 de acuerdo con las características específicas de cada humedal como su vegetación, los resultados se evidencian en la figura 48.

Figura 48

Resultado color transcurridas tres semanas

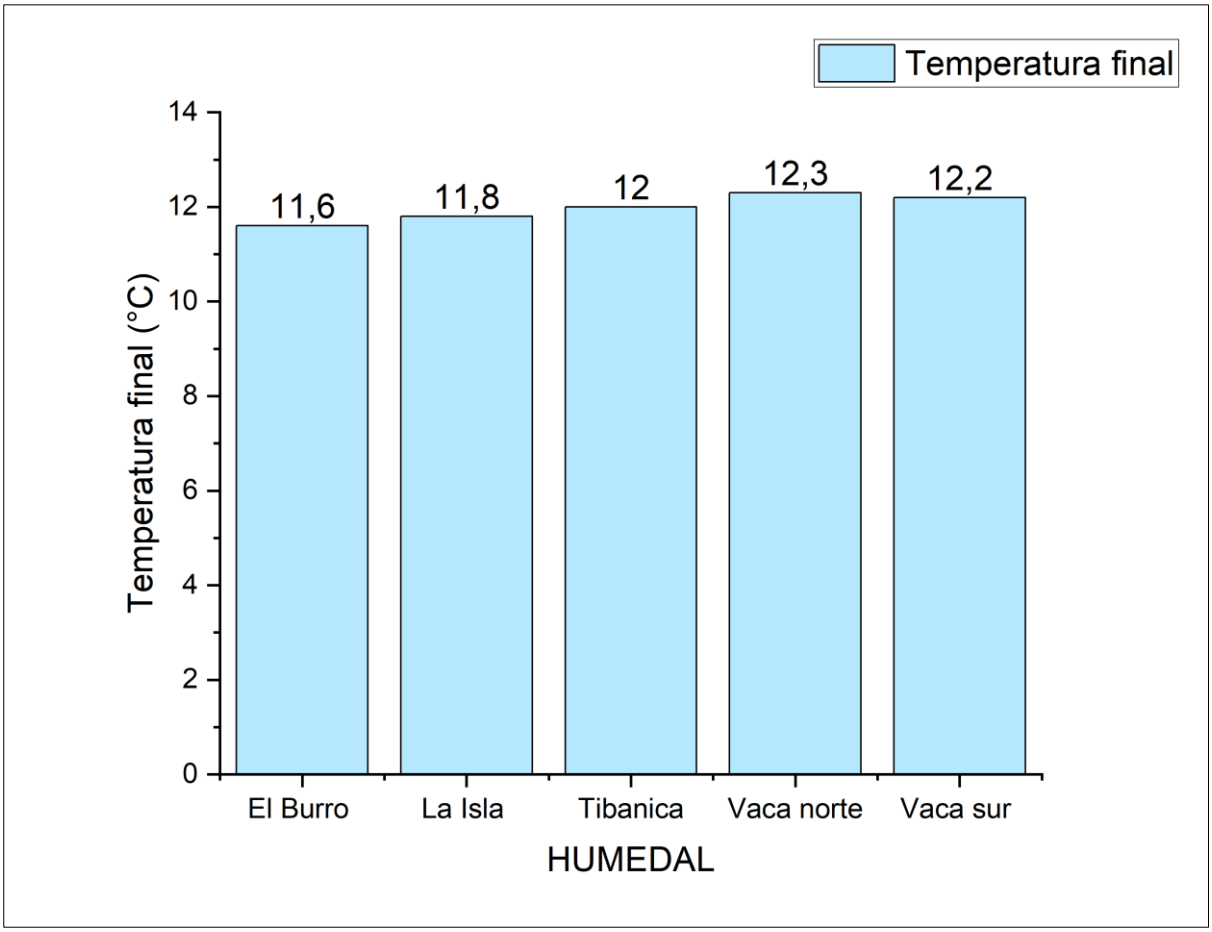


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Finalmente, para el caso de temperatura y de acuerdo con la preservación de las muestras en refrigeración de manera inicial y posterior a temperatura ambiente para los análisis, estas se encuentran alrededor de 11-12°C como se evidencia en la figura 49.

Figura 49

Resultado temperatura transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para los análisis de Demanda Química de Oxigeno y Demanda Biológica de Oxigeno como se mencionó anteriormente se emplean las técnicas del Estándar Métodos obteniendo de mayor a menor en relación a DQO los humedales La Isla, Vaca Norte, Tibanica, Burro y Vaca sur, así mismo para el caso de DBO de mayor a menor los cuerpos hídricos de los humedales: La Isla, Vaca norte, Tibanica, Burro y Vaca sur como se evidencia en la Tabla 17 y en la figura 50.

Tabla 17

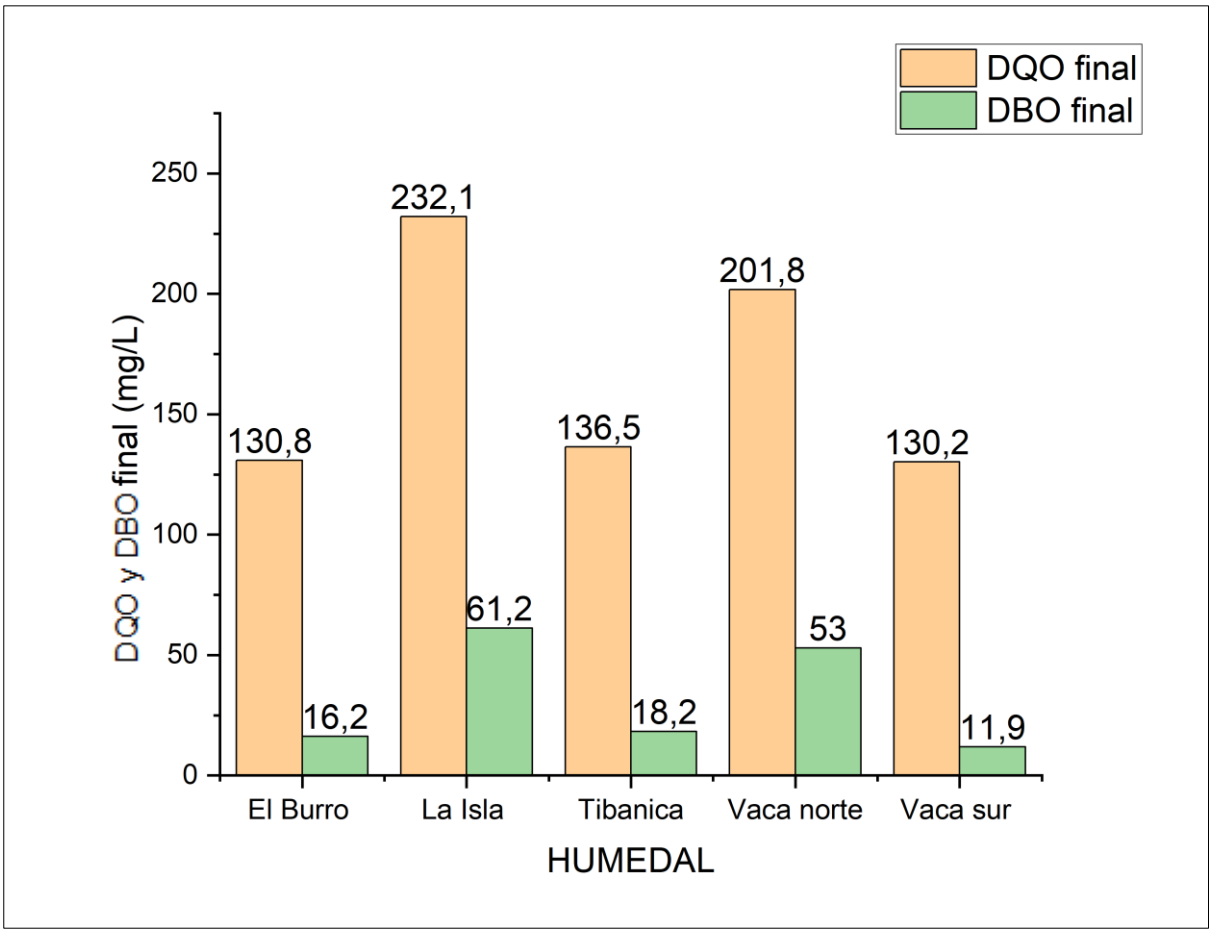
Resultados DBO y DQO transcurridas tres semanas

HUMEDAL	El Burro	La Isla	Tibanica	Vaca norte	Vaca sur
DQO	130,852	232,125	136,520	201,857	130,256
DBO	16,267	61,244	18,283	53,067	11,930

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 50

Resultados DBO y DQO transcurridas tres semanas

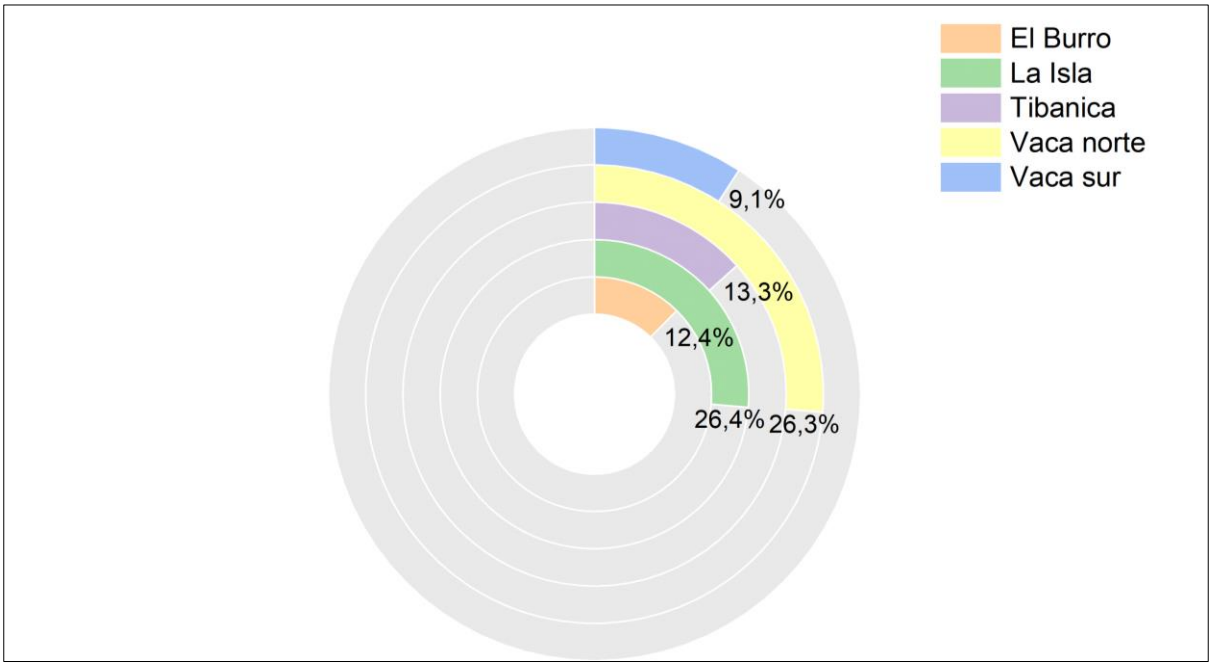


Nota. Fuente: Autora, 2023.

El porcentaje de DBO con respecto a la DQO es para el humedal El Burro de 12,38, para La Isla de 26,36, para Tibanica de 13,33, para Vaca norte de 26,26 y para Vaca sur de 9,13 como se evidencia en la figura 51.

Figura 51

Porcentaje DBO respecto DQO transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

10.4 Montaje de fitorremediación con la planta Buchón de agua *(Eichhornia crassipes)* transcurridas tres semanas

En la tabla 18, se presentan el peso de la planta, numero de esquejes y cantidad de agua de cada modelo transcurridas tres semanas y en la figura 52 y 53, se evidencia que las plantas tienen 1 o 2 esquejes y el peso que oscila de 70 a 230 gramos, en la figura 54 se evidencia la cantidad de agua de cada montaje transcurridas las 3 semanas.

Tabla 18

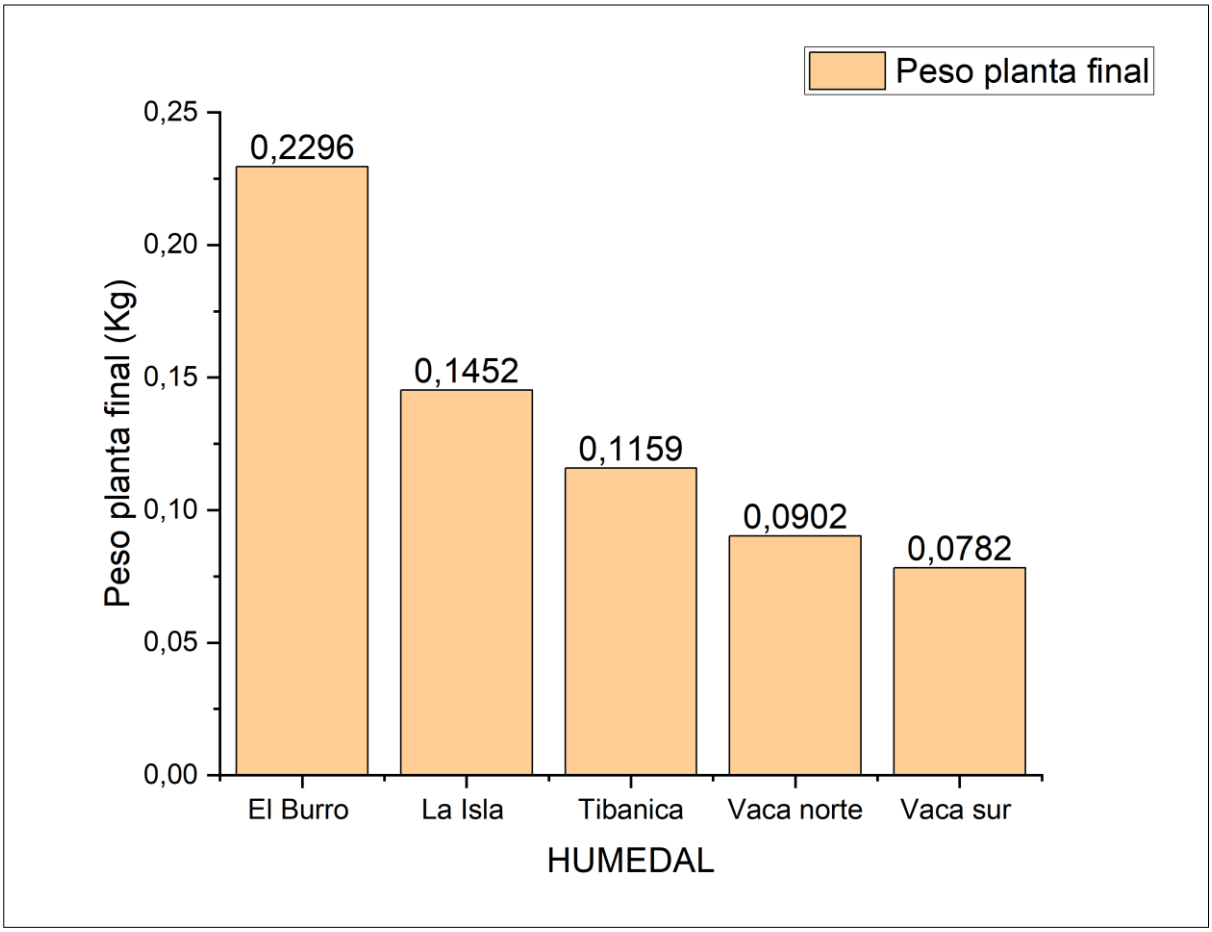
Montaje buchón transcurridas tres semanas

HUMEDAL	Peso planta(Kg)	Numero de esquejes	Agua(L)
El Burro	0,2296	1	0,93
La Isla	0,1452	2	1,87
Tibanica	0,1159	2	1,85
Vaca norte	0,0902	1	1,77
Vaca sur	0,0782	2	2,01

Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 52

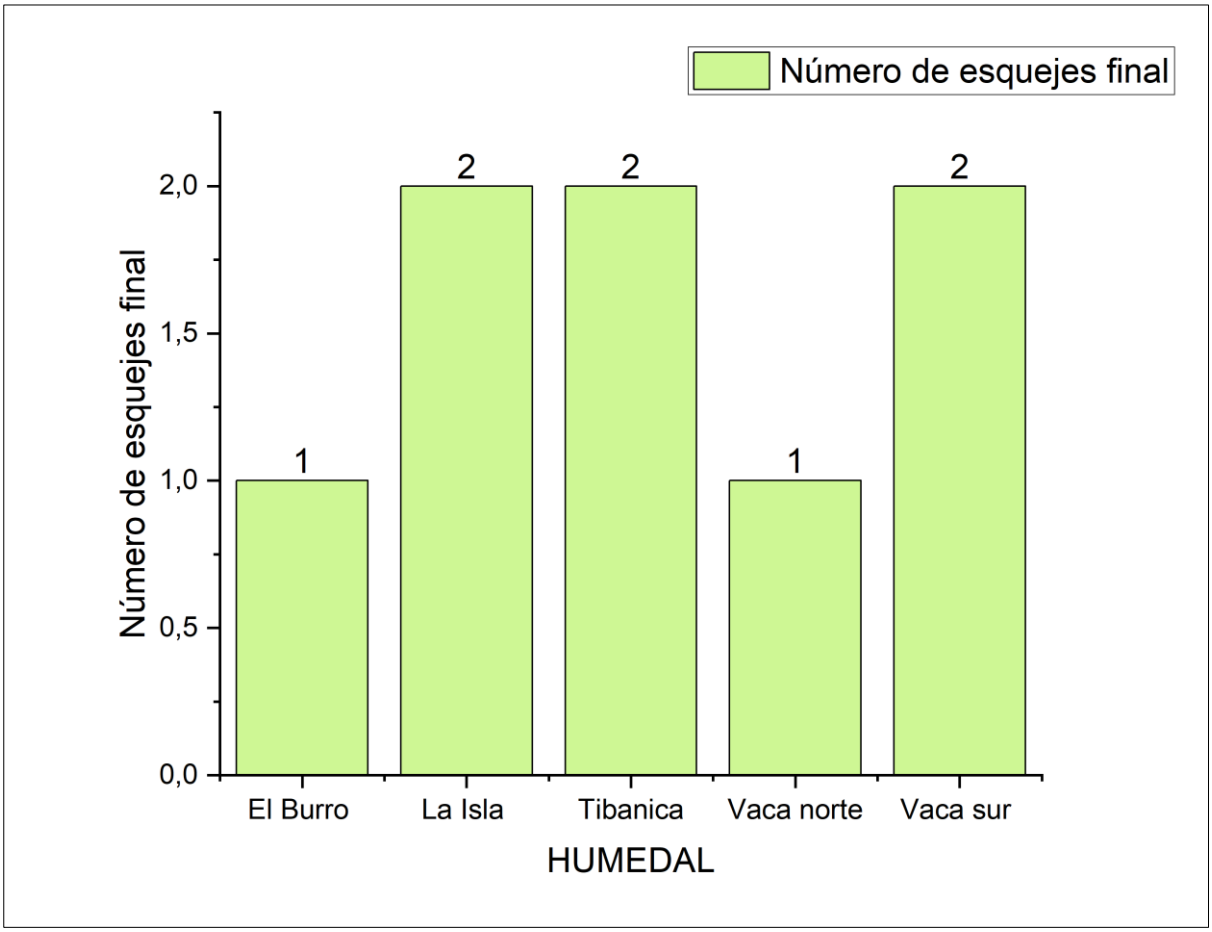
Peso planta en el montaje transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 53

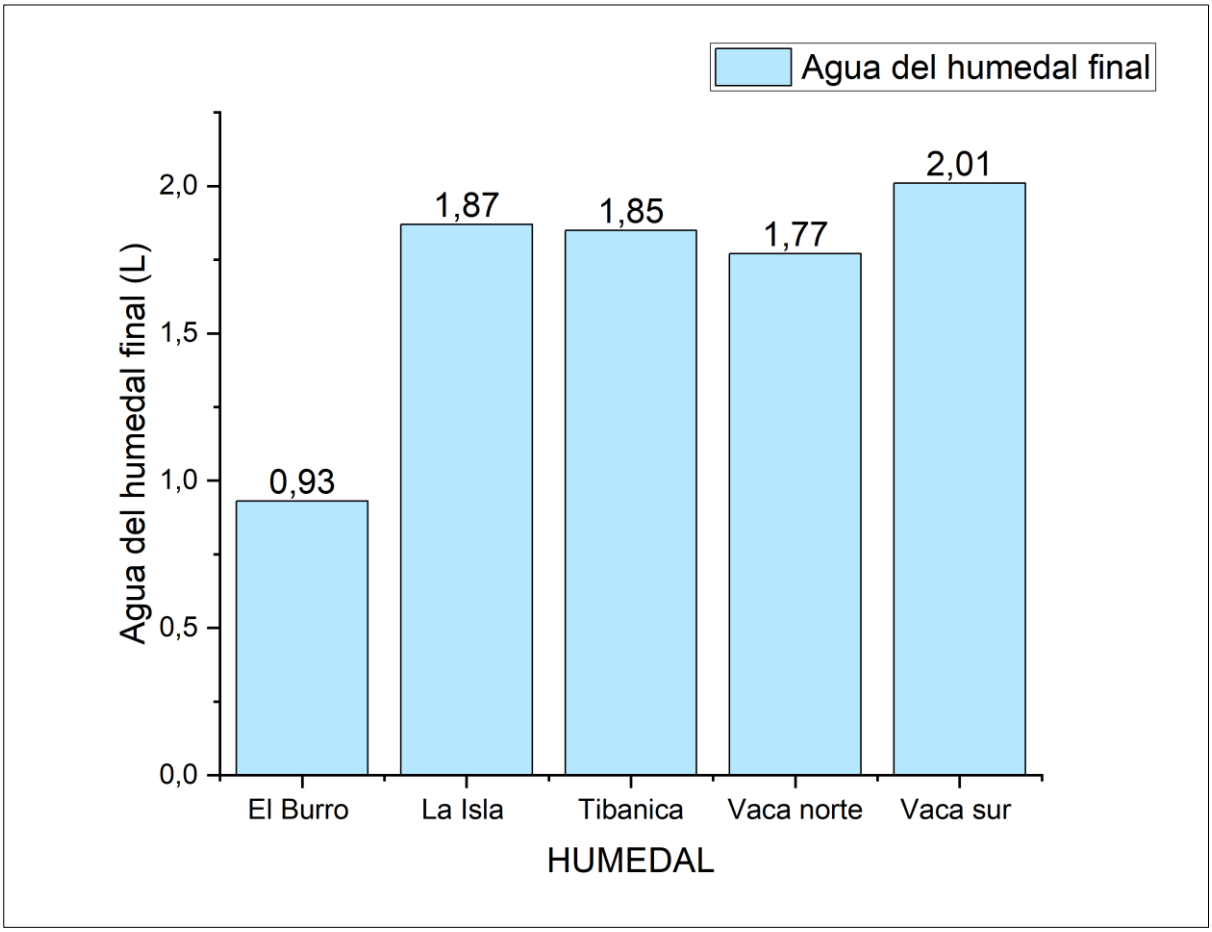
Número de esquejes de la planta en el montaje transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 54

Litros en el montaje transcurridas tres semanas



Nota. Fuente: Autora, 2023.

CAPITULO IV

10.5 Contraste de resultados

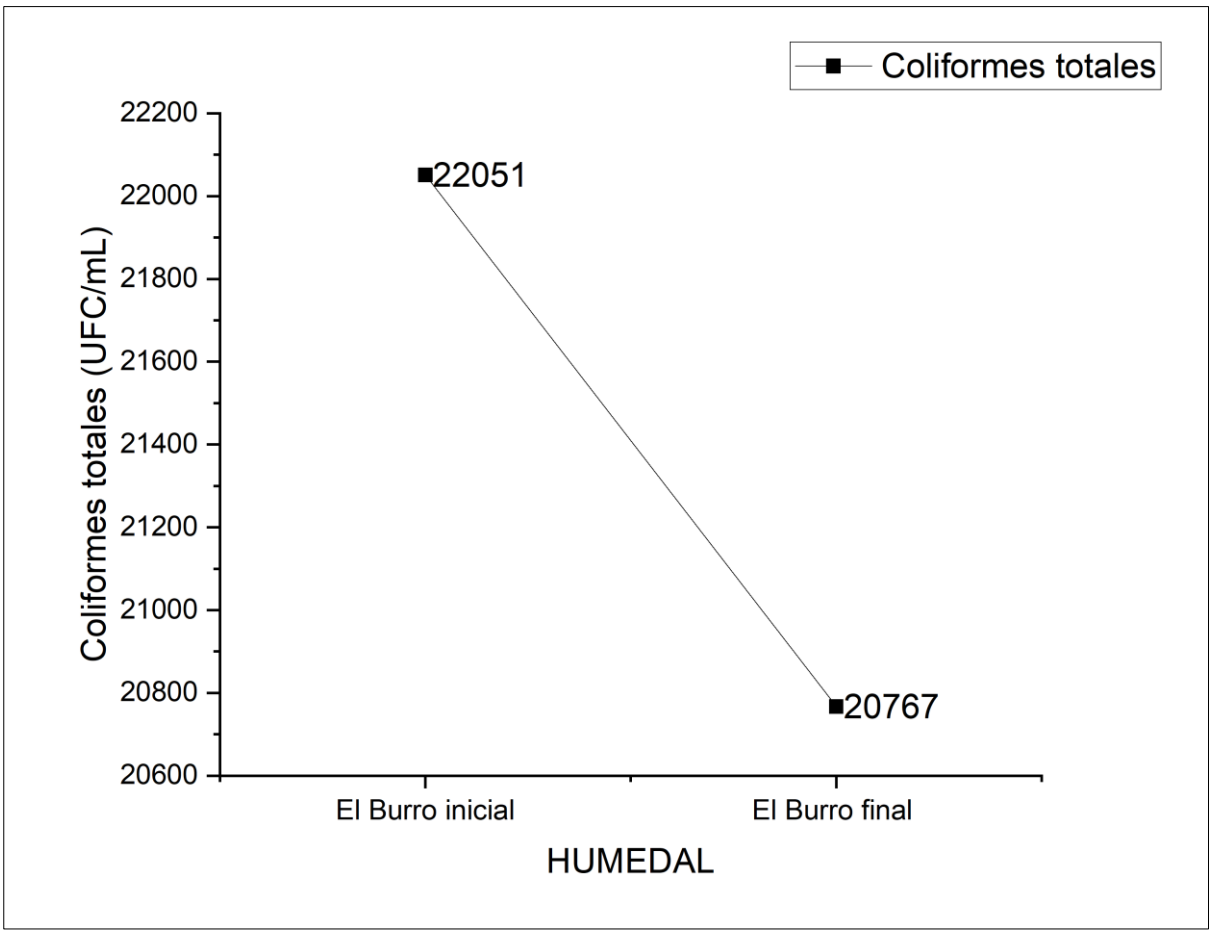
A continuación, se presenta el contraste de los resultados microbiológicos y fisicoquímicos, así como el montaje del buchón de agua, con los respectivos porcentajes de reducción.

10.5.1 Contraste resultados microbiológicos

Para el caso de Coliformes totales en medio Chromocult, se evidencia una reducción en los cinco montajes de las muestras expuestas al potencial fitorremediador del buchón de agua, como se presenta en las figuras 55, 56, 57, 58 y 59.

Figura 55

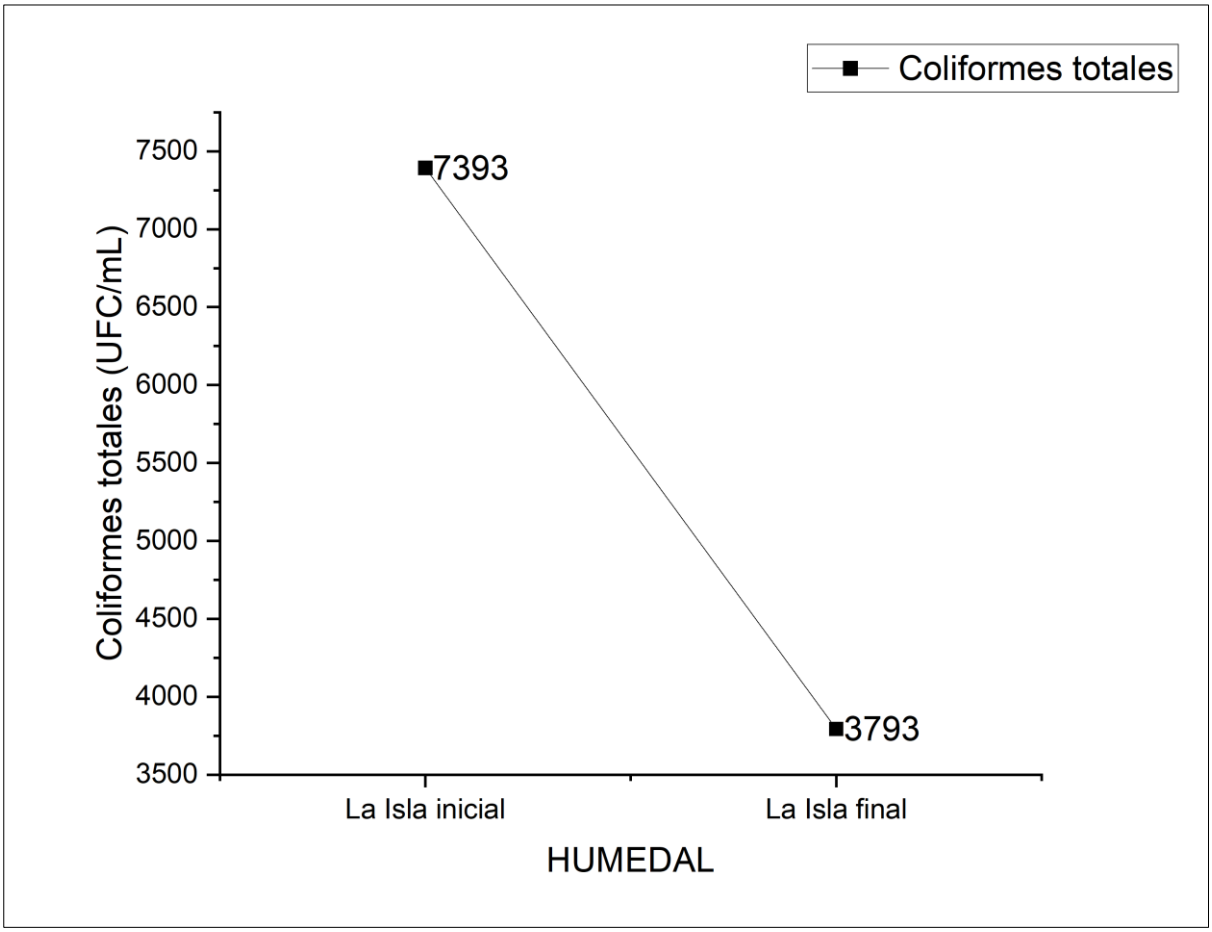
Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal El Burro



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 56

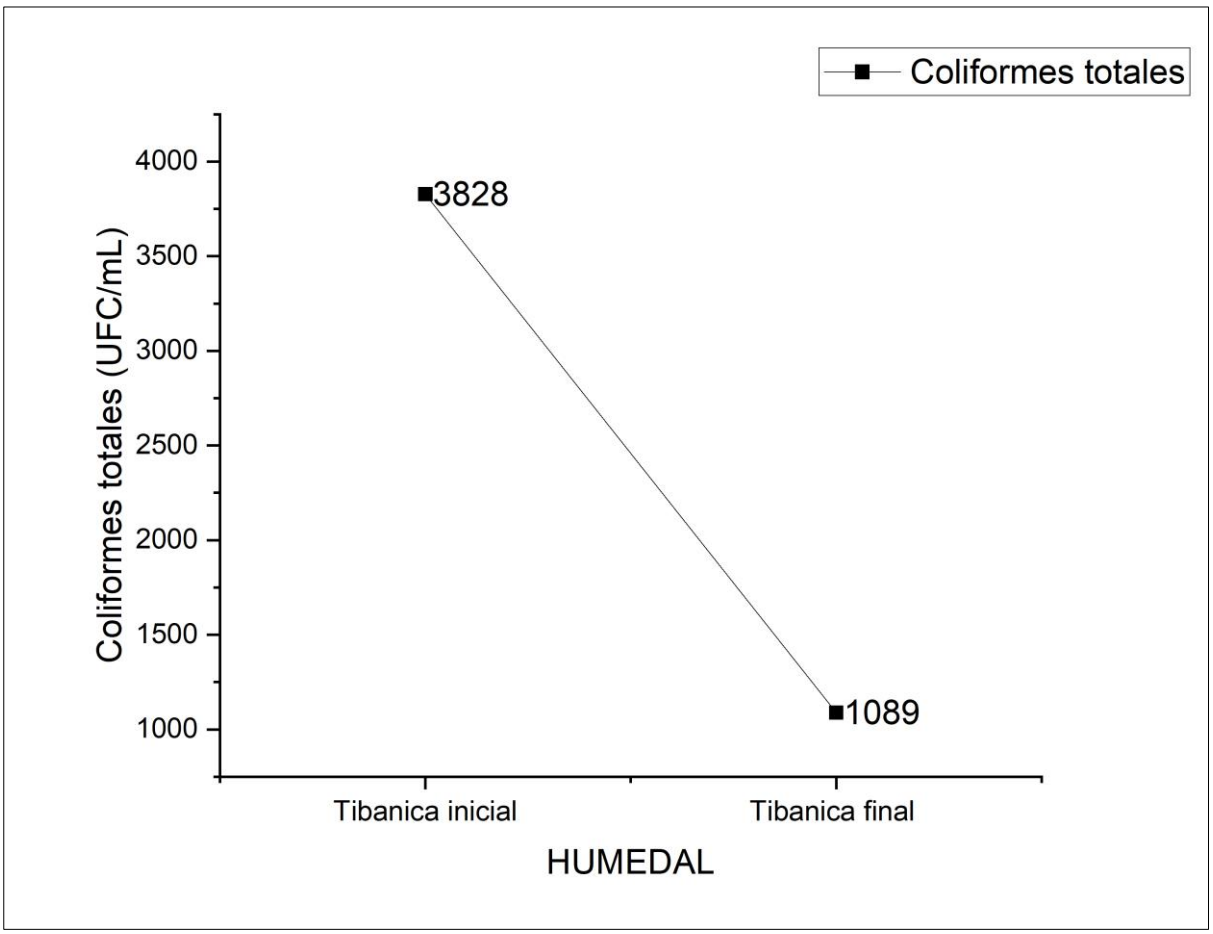
Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal La Isla



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 57

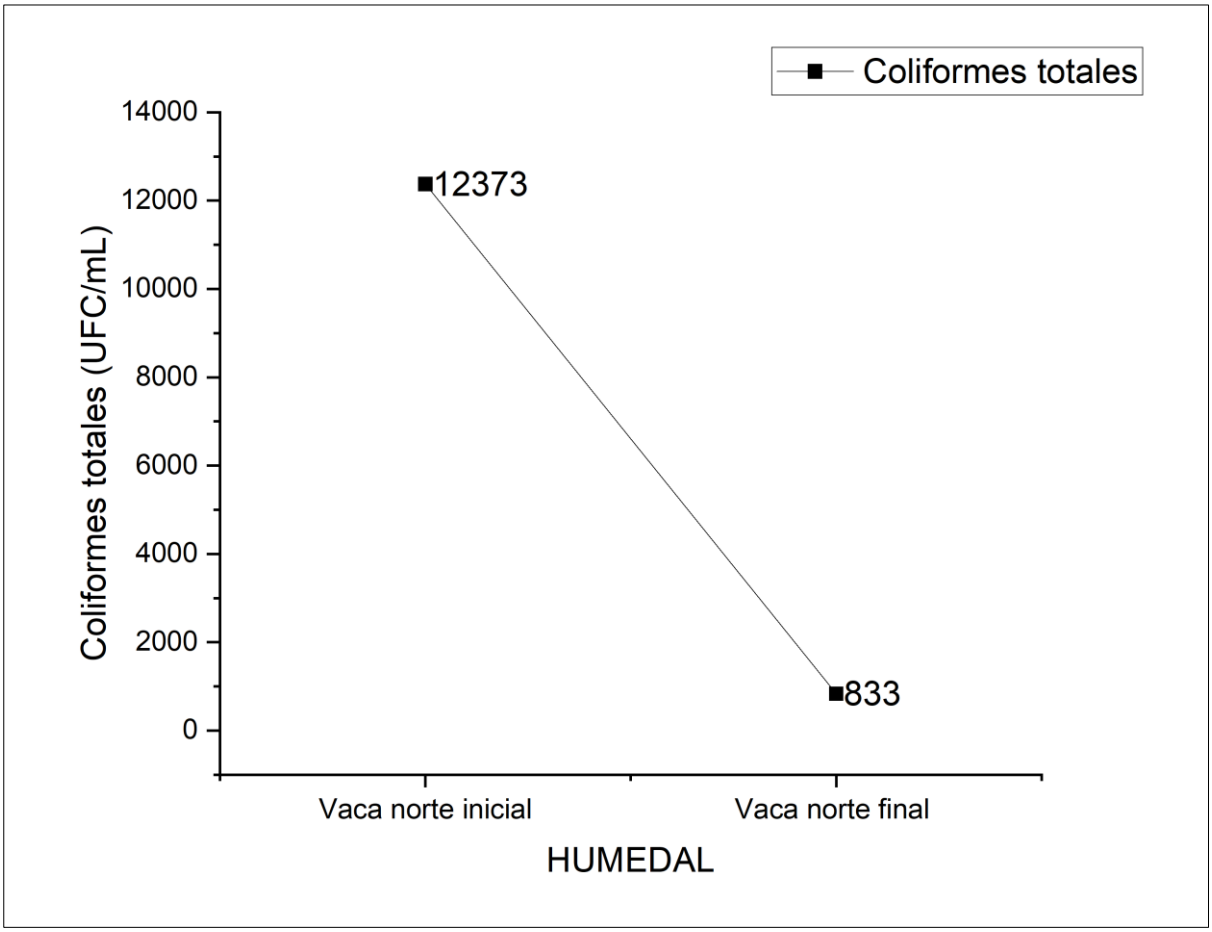
Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal Tibanica



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 58

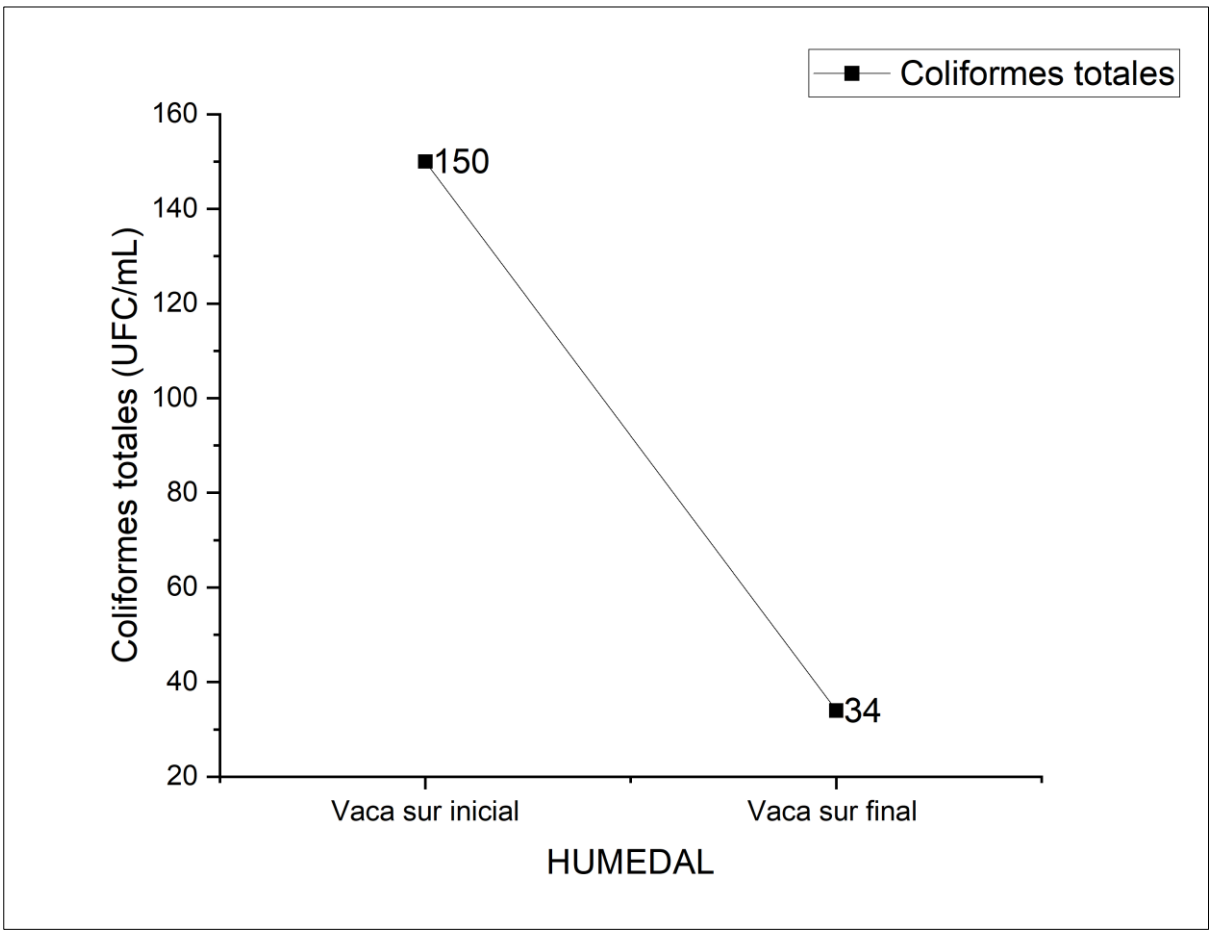
Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal Vaca norte



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 59

Reducción coliformes totales medio Chromocult humedal Vaca sur

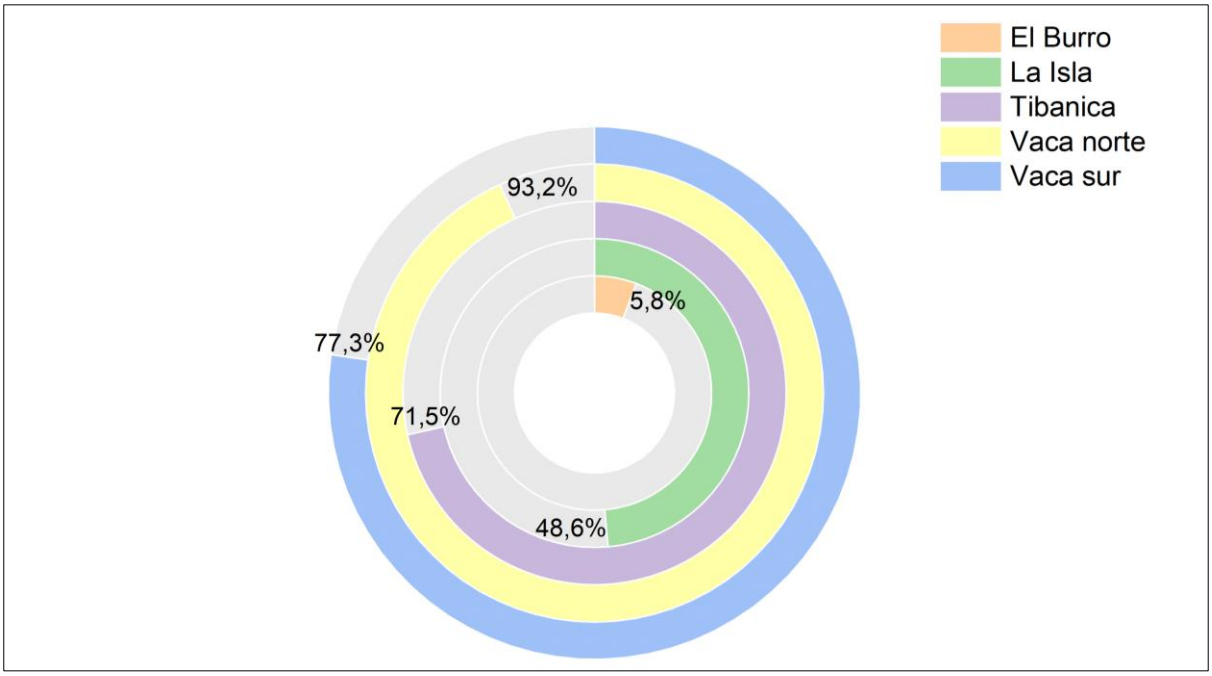


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Es de acuerdo a lo anterior que en la figura 60, se presentan los porcentajes de reducción de coliformes totales en medio Chromocult, presentando la mayor reducción el humedal Vaca norte y la menor reducción el humedal El Burro.

Figura 60

Porcentaje de reducción coliformes totales en medio Chromocult

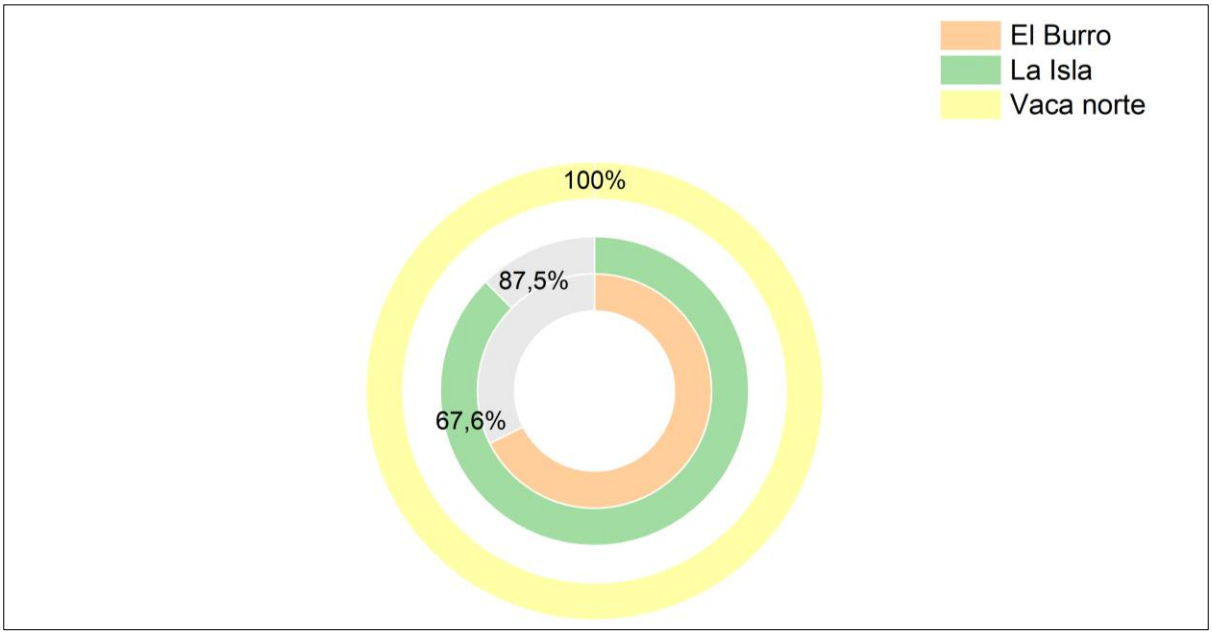


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para el caso de *E. coli* se evidencia una reducción del 100% en el humedal Vaca norte, de 87,5% en el humedal La Isla y de 67,6% en el humedal Vaca norte, no hay presencia de E. coli en los humedales Tibanica y Vaca norte, lo anterior se evidencia en la figura 61.

Figura 61

Porcentaje de reducción E. coli en medio Chromocult

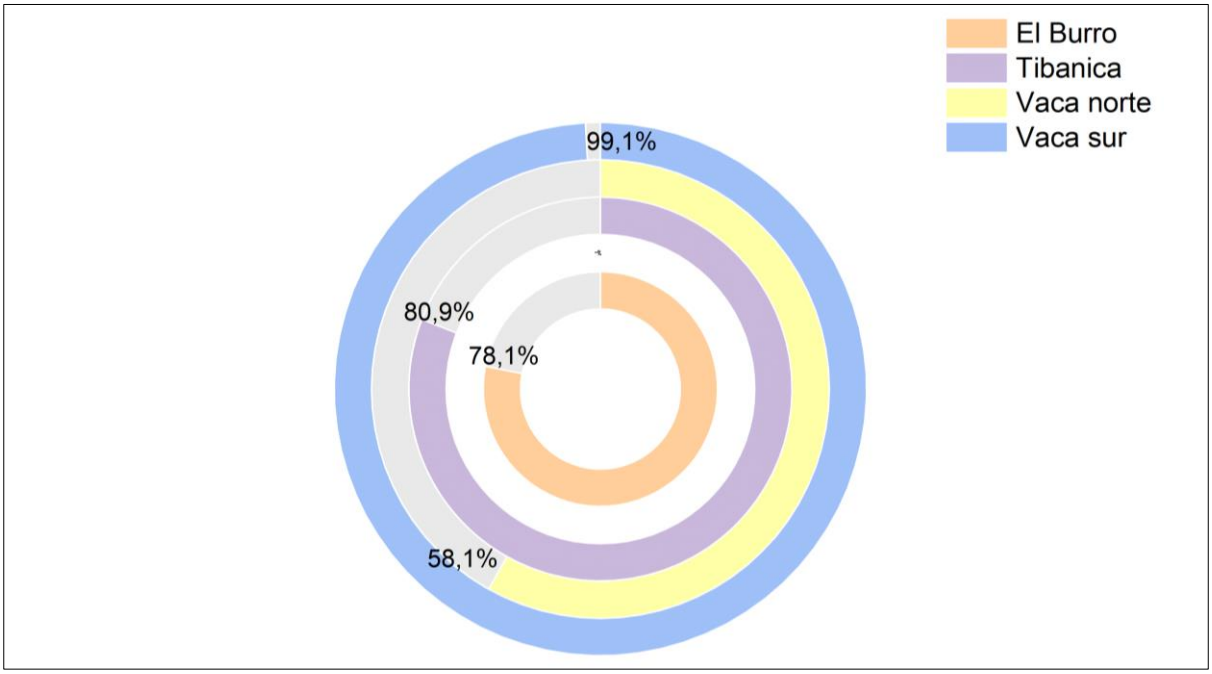


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para los resultados del Numero más probable en Caldo Lauril Sulfato se obtiene un porcentaje de reducción mayor en el humedal Vaca sur, con una reducción de 99,1%, seguido de Tibanica con 80,9%, El Burro con 78,1% Vaca norte con 58,1% y finalmente La Isla que no represento reducción.

Figura 62

Porcentaje de reducción NMP Caldo Lauril Sulfato



Nota. Fuente: Autora, 2023.

10.5.2 Contraste resultados fisicoquímicos

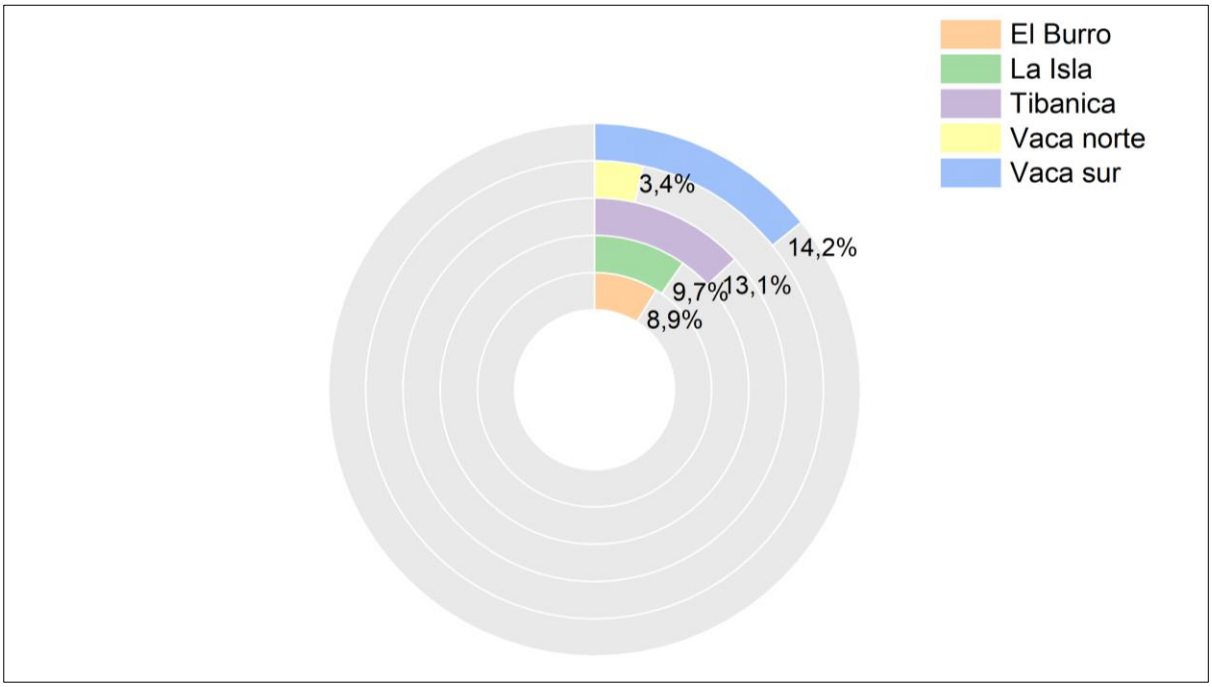
Los porcentajes de reducción o aumento se presentan a continuación por cada parámetro analizado.

Es importante resaltar que la evaporación del agua es un factor importante, pues los montajes se ven afectados por esta, lo que podría determinar el aumento de algunos parámetros, sin embargo, los indicadores puntuales de DBO y DQO establecen el potencial fitorremediador del buchón de agua.

Para el caso del pH se evidencia un aumento en los cinco cuerpos de agua analizados en un rango de 3% a 5% como se evidencia en la figura 63.

Figura 63

Porcentaje de aumento pH

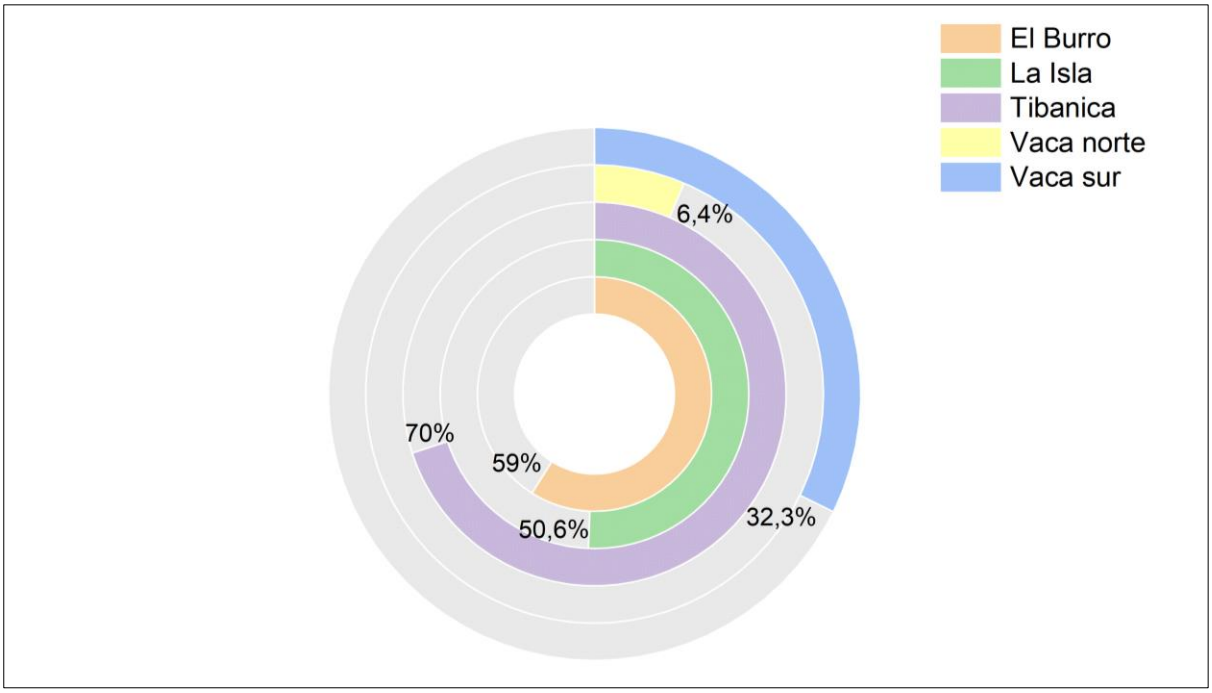


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para los STD existe un aumento porcentual alto, explicado probablemente por lo mencionado anteriormente, aumento mínimo de 6.39% en el humedal Vaca norte, al máximo en Tibanica con 70.02% como se evidencia en la figura 64.

Figura 64

Porcentaje de aumento STD

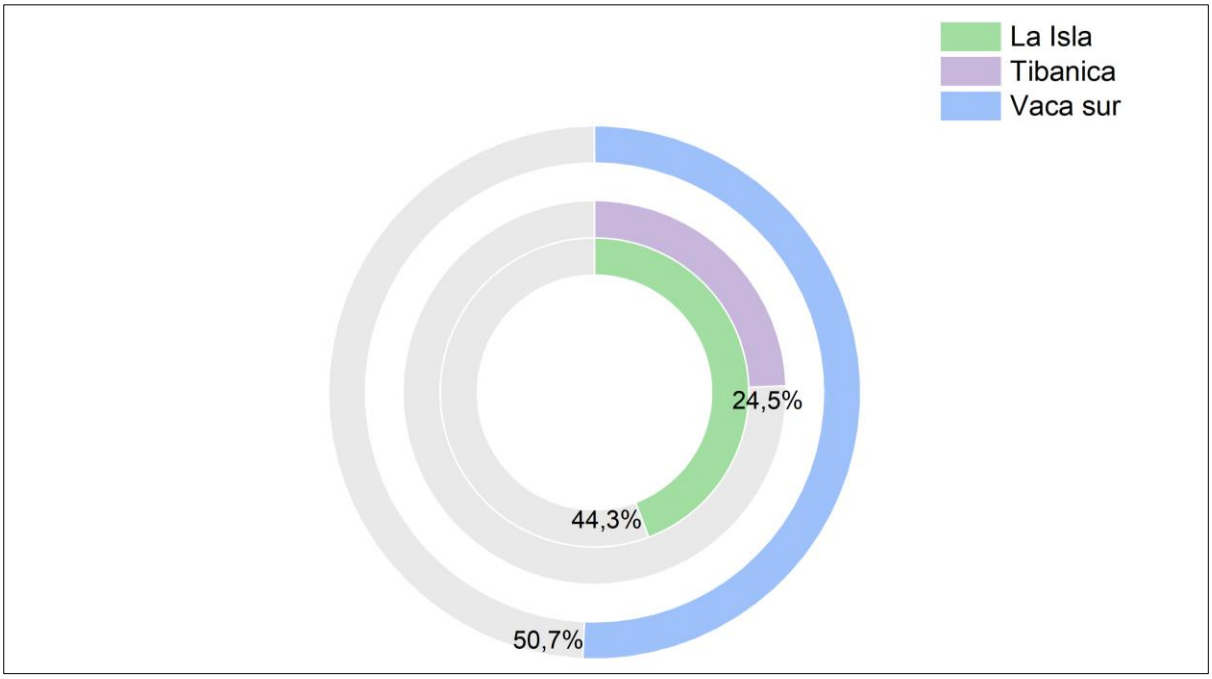


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para la turbidez existe aumento y disminución en las muestras analizadas. Se presenta disminución en los humedales La Isla con 44.3%, Tibanica con 24.47% y Vaca sur con 50.7% como se evidencia en la figura 65.

Figura 65

Porcentaje de disminución turbidez

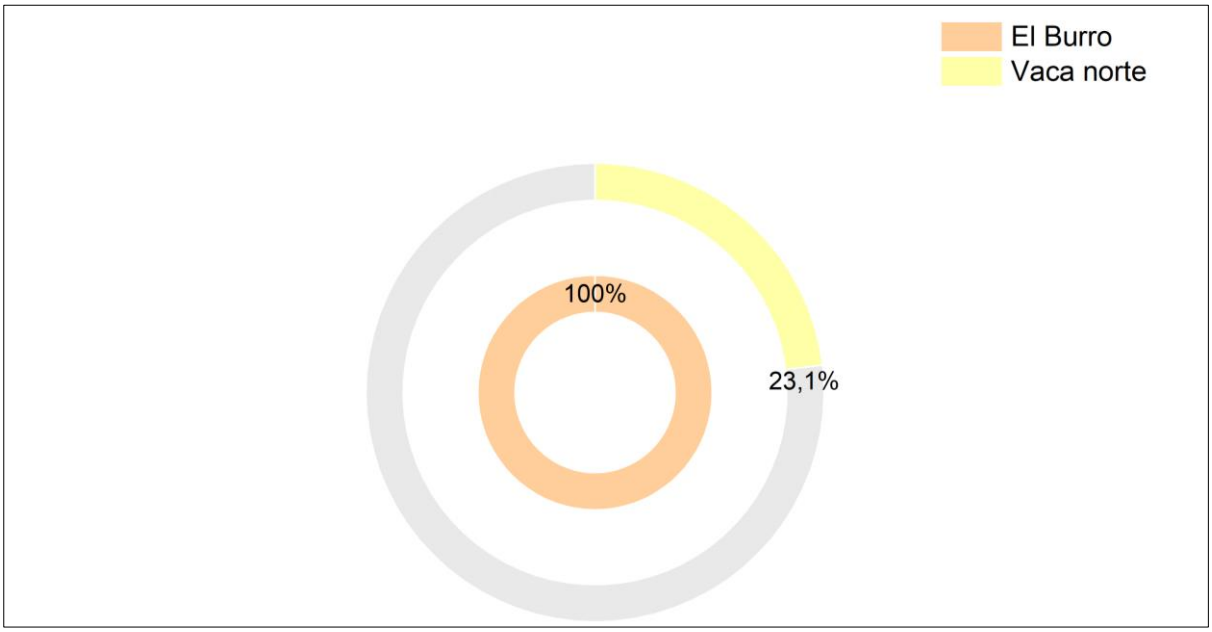


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Y presenta aumento la turbidez en los humedales El Burro con 117,52% y 23,13% en la muestra Vaca norte como se evidencia en la figura 66.

Figura 66

Porcentaje de aumento turbidez

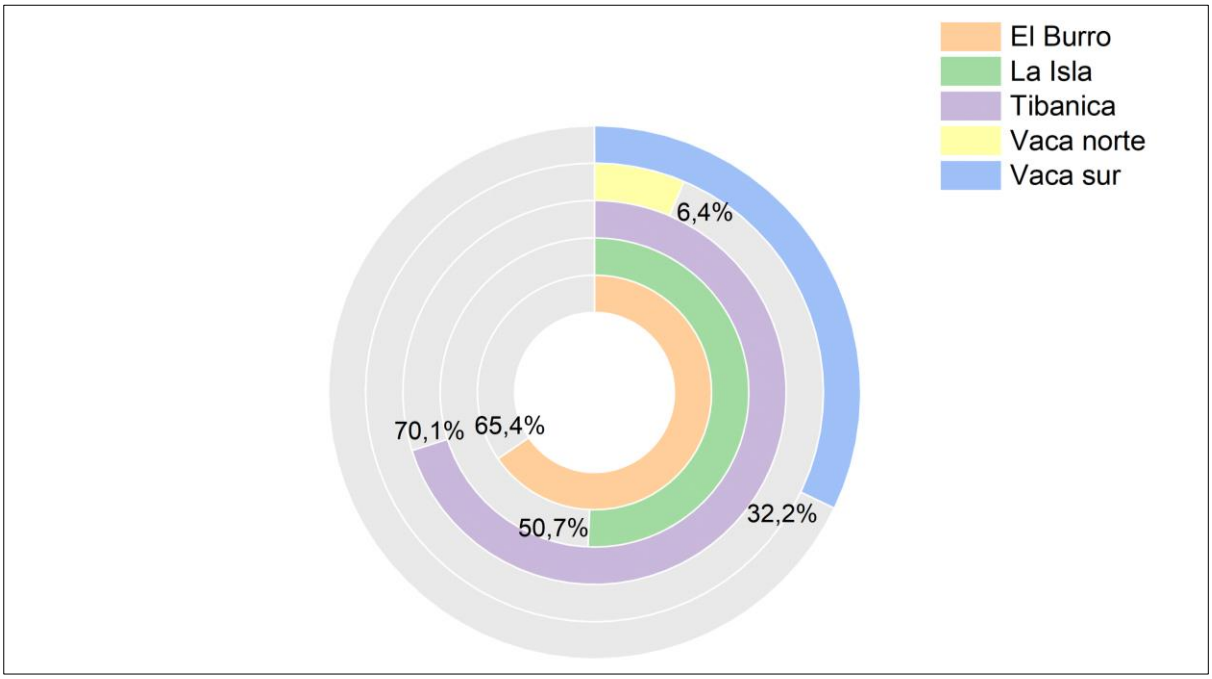


Nota. Fuente: Autora, 2023.

La conductividad presenta aumento en las cinco muestras de los humedales, en un rango de 6% a 71% como se evidencia en la figura 67.

Figura 67

Porcentaje de aumento conductividad

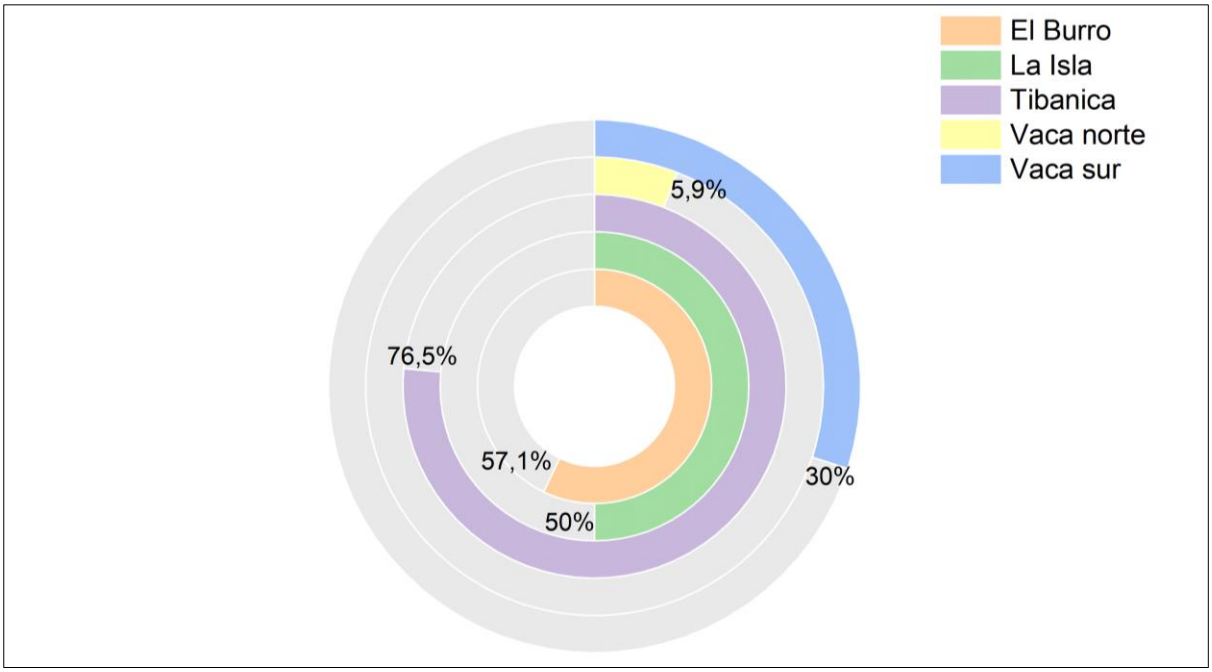


Nota. Fuente: Autora, 2023.

La salinidad presenta un aumento porcentual en los cinco montajes de los humedales, el menor aumento se presenta en Vaca norte con 5.88% y el mayor en Tibanica con un aumento de 76.47% como se evidencia en la figura 68.

Figura 68

Porcentaje de aumento salinidad

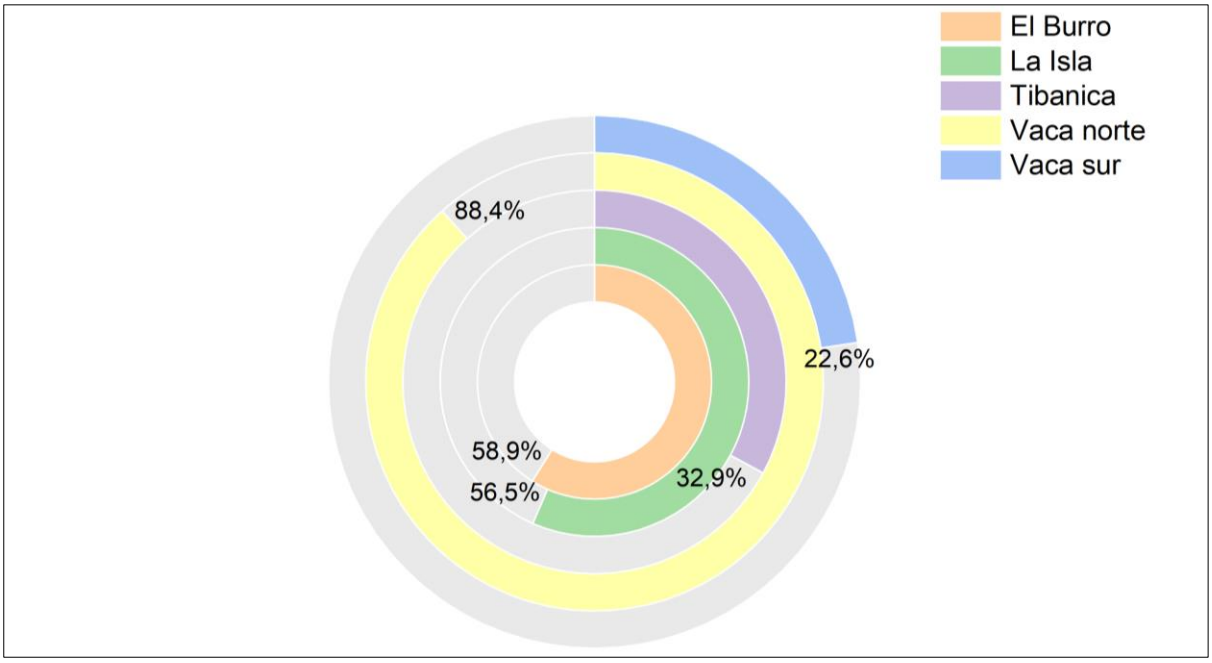


Nota. Fuente: Autora, 2023.

El color presenta disminución en los cinco montajes, el mayor porcentaje de disminución se dio en la muestra del humedal Vaca norte con 88,41% y la menor en el humedal Vaca sur con 22.64% como se evidencia en la figura 69.

Figura 69

Porcentaje de disminución color

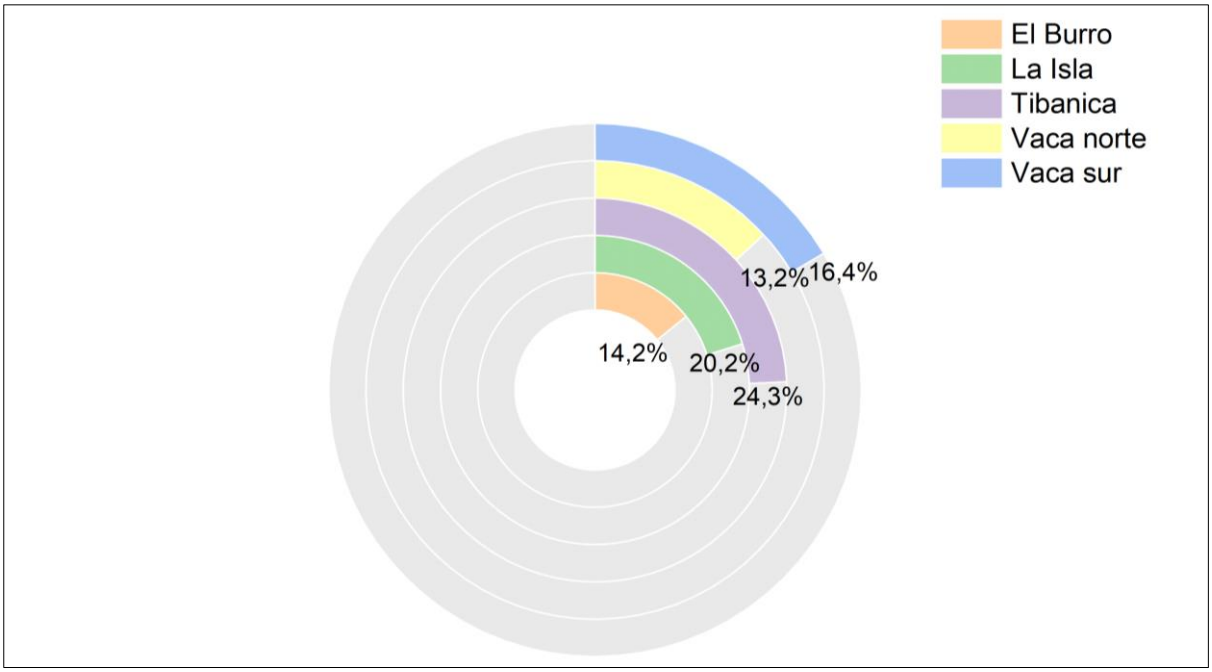


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para DBO y DQO se presenta disminución. DQO disminuye en el montaje en un rango de 13,16% en la Vaca norte a 24,33% en Tibanica, en la gráfica 69 se evidencian los porcentajes de disminución de cada muestra.

Figura 70

Porcentaje de disminución DQO

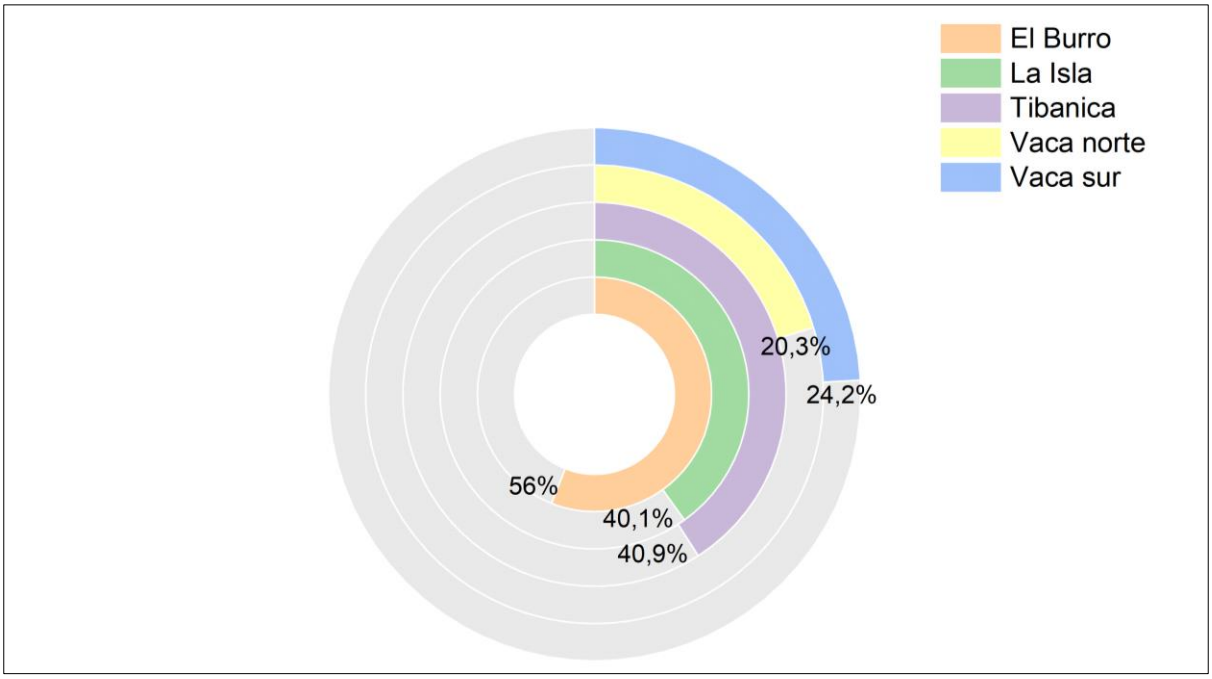


Nota. Fuente: Autora, 2023.

El DBO, igual a DQO presenta una disminución porcentual, en este caso en un rango de 20,3% en la muestra del humedal, a 55,97% en El Burro, en la figura 71 se presenta la disminución de cada muestra.

Figura 71

Porcentaje de disminución DBO



Nota. Fuente: Autora, 2023.

10.5.3 Contraste montaje buchón

Figura 72

Raíz buchón de agua al iniciar el montaje



Nota. Fuente: Autora, 2023.

Figura 73

Raíz buchón de agua transcurridas tres semanas del montaje

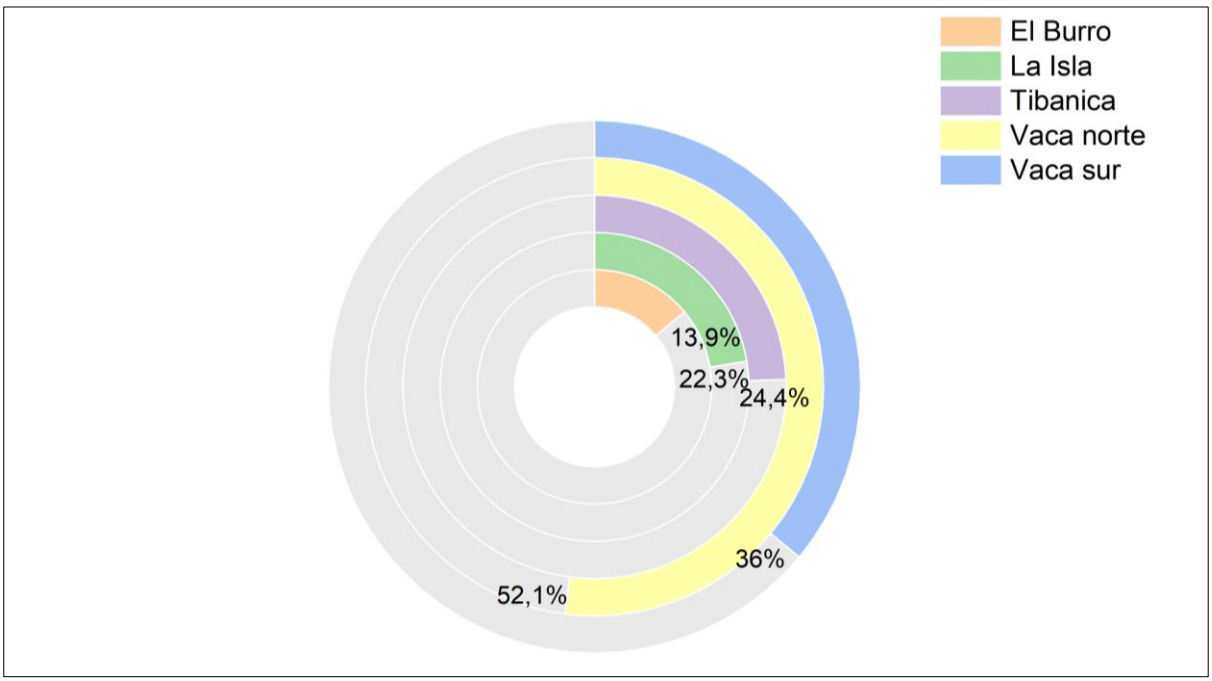


Nota. Fuente: Autora, 2023.

Dado el rápido aumento de biomasa de la planta del presente estudio, el peso presenta un porcentaje de aumento en el montaje de las cinco muestras de los cuerpos de agua de los humedales, en la figura 74 se evidencia dicho porcentaje por humedal, desde más del doble como es el caso del humedal Vaca norte con un porcentaje de aumento de 52,05% al menor que fue la planta de la muestra del humedal El Burro con 13.94% de aumento.

Figura 74

Porcentaje de aumento peso de la planta



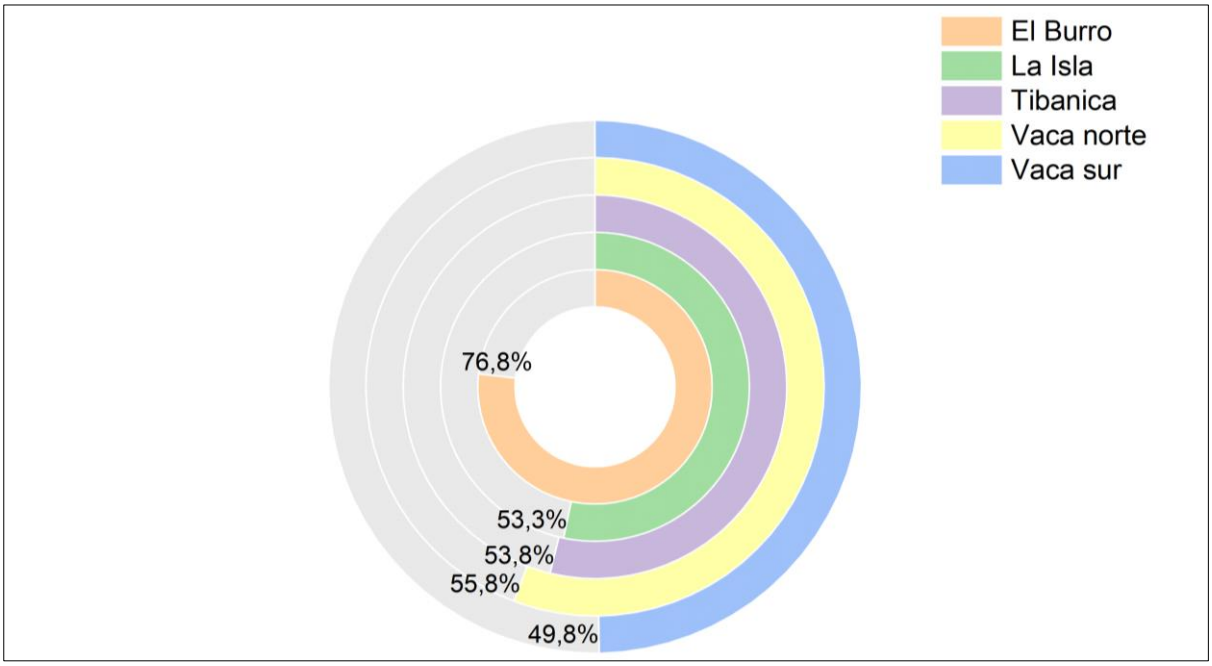
Nota. Fuente: Autora, 2023.

Para el caso de los esquejes, las plantas presentan la misma cantidad que el montaje inicial, por lo que no se evidencian porcentajes de disminución o aumento.

La cantidad de agua recolectada si presenta una clara disminución, correlacional con el peso de la planta, además del proceso natural de la planta de absorber esta, explicado posiblemente por la evaporación del agua, en la figura 75 se presentan dichas disminuciones muestra, entendiendo que de manera inicial el montaje contaba con cuatro litros cada muestra, se presenta disminución desde 49,8% en el humedal Vaca sur a 76.8% en el humedal El Burro.

Figura 75

Porcentaje de disminución cantidad de agua



Nota. Fuente: Autora, 2023.

CAPITULO IV

11. Análisis con base al Decreto 1594 de 1984

Los usos de agua en los humedales, dados sus parámetros físicos-químicos y microbiológicos son: preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario y recreativo. Es así como en el decreto 1594 de 1984 encontramos los límites permisibles de los usos de agua de los humedales. A continuación, se presenta en la tabla 19 el contraste del cumplimiento de cada muestra de los cuerpos de agua de los humedales con el decreto 1594 de 1984.

Tabla 19

Contraste muestras con el decreto 1594 de 1984

	El Burro				La Isla				Tibanica				Vaca norte				Vaca sur			
Parámetros	40	41	42	45	40	41	42	45	40	41	42	45	40	41	42	45	40	41	42	45
Coliformes totales																				
E. coli																				
Coliformes totales(NMP)																				
pH																				
STD(ppm mg/L)																				
Turbidez(NTU)																				
Conductividad(µS/cm)																				
Salinidad(NaCl)																				
Color(PCU)																				
Temperatura °C																				
DQO																				
DBO 5																				

Cumple
No cumple
No se contempla en la norma

Los usos de agua en los humedales, dados sus parámetros físicos-químicos y microbiológicos son: preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario y recreativo. Es así como en el decreto 1594 de 1984 encontramos los límites permisibles de los parámetros en los:
Artículo 40: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola
Artículo 41: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario
Artículo 42: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario
Artículo 45: Preservación de flora y fauna

12. Conclusiones

Se cuantifica la carga microbiana y los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua de los humedales Tibanica, La Isla, Vaca sur, norte y Burro en las localidades de Bosa y Kennedy, obteniendo que el humedal que presenta mayor número de coliformes totales es el Humedal El Burro, seguido del humedal Vaca norte, La Isla, Tibanica y por ultimo Vaca sur, por otro lado, el humedal que presenta mayor número de E. coli es el Humedal Vaca norte seguido del humedal El Burro y la Isla, pues en los humedales Tibanica y Vaca sur no presentan E. coli. Para los resultados del Numero más probable en Caldo Lauril Sulfato se obtiene que los Humedales de Burro, La Isla y Vaca norte presentan valores superiores a 11000 NMP/100 mL, seguido del humedal Tibanica con un resultado de 11000 NMP/100 mL y por ultimo Vaca sur con un resultado de 4600 NMP/100mL. En los parámetros fisicoquímicos el humedal con mayor pH es el humedal Vaca sur, seguido de Vaca norte, El Burro, La Isla y finalmente Tibanica, para los STD y conductividad el mayor resultado lo tiene el humedal Vaca sur, seguido de La Isla, Tibanica, Vaca norte y El Burro, para salinidad el mayor resultado lo presenta Vaca sur, seguido de La Isla, Tibanica y Vaca norte con el mismo resultado y finalmente el Burro, la turbidez presenta resultado de mayor a menor en el humedal Burro, La Isla, Tibanica, Vaca norte y finalmente Vaca sur, el color presenta un rango similar en los humedales El Buro, La Isla, Tibanica y Vaca norte y un rango menor el humedal Vaca sur. Para el caso de DQO y DBO se presentan rangos similares de mayor a menor La Isla, Vaca norte, Tibanica, Vaca sur y El Burro.

Posterior al proceso de fitorremediación transcurridas tres semanas del montaje se evidencia igual al análisis inicial que el humedal que presenta mayor número de coliformes totales es el humedal El Burro, seguido de La Isla, Tibanica, Vaca norte y finalmente Vaca sur, para el caso de E. coli se evidencia presencia en El Burro y La Isla y una disminución total en

la muestra del humedal Vaca norte, para Caldo Lauril Sulfato el humedal La Isla es el único que presenta un resultado superior a 11000, seguido de Vaca norte, El Burro, Tibanica y Vaca sur, el pH superior lo tiene Vaca sur, seguido de Tibanica, Vaca norte y La Isla con el mismo resultado y finalmente El Burro, STD y conductividad, presentan un resultado de mayor a menor La Isla, Vaca sur, Tibanica, El Burro y finalmente Vaca norte, la salinidad presenta rangos similares, el mayor La Isla y el menor Vaca norte, la turbidez presenta un rango superior en el humedal El Burro y el color presenta un rango similar en El Burro, La Isla, Tibanica y un rango menor en las muestras de Vaca norte y Vaca sur.

Una vez transcurridas las tres semanas, se determina el potencial fitorremediador del buchón, se obtiene que para el caso de coliformes totales se da una reducción desde el 5,8% en el humedal El Burro, a 93,2% en humedal Vaca norte, por lo que no se evidencia una relación del peso de la planta con la reducción de coliformes totales, pues el peso del buchón del montaje del burro era mayor al de vaca norte, puede obedecer a las condiciones propias de cada muestra, así mismo se evidencia el potencial para la disminución de E. coli y NMP.

Para el caso de los parámetros fisicoquímicos se evidencia el potencial en la disminución de DBO y DQO5, turbidez y color, sin embargo, se evidencia el aumento de parámetros como el pH, STD, turbidez, conductividad y salinidad, explicado posiblemente por la evaporación del agua. Por otro lado, se evidencia un rápido crecimiento de la planta.

Al contratar los resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras de los cuerpos de agua de los cinco humedales con el decreto 1594 de 1984 y el uso del agua de los humedales, se determina que estos incumplen el parámetro de coliformes totales en NMP, lo que hace necesario un análisis más profundo del estado actual de dichos ecosistemas fundamentales para la vida, por otro lado, existen parámetros que no aplican pues no se contemplan en la norma.

13. Recomendaciones

De acuerdo a lo obtenido, se recomienda dar un manejo útil a la planta en estudio, pues la remoción mecánica y poco aprovechamiento limita su potencial, como es el caso de la construcción de humedales y lagunas artificiales para el tratamiento de aguas residuales a partir del uso de macrófitas flotantes.

Se recomienda promover la educación ambiental y articular los distintos actores, desde la academia y la comunidad, para garantizar la protección de dichos ecosistemas fundamentales para la vida.

Se recomienda continuar los estudios de la remoción de contaminantes con alternativas como la fitorremediación, pues se constituyen como métodos económicos y muy eficientes, sin embargo, son aun incipientes los estudios de su aplicación en el país.

Se recomienda el desarrollo de estudios futuros, incluyendo variables de flujo del agua y materiales que simulen humedales artificiales para potenciar los métodos de fitorremediación,

Se recomienda a la autoridad ambiental el constante análisis del agua y el reconocimiento de involucrar a la comunidad en el fortalecimiento de la protección de dichos ecosistemas.

Se recomienda hacer un análisis social del por qué las aguas de los humedales incumplen en su mayoría los parámetros de la actual legislación y la construcción de posibles estrategias para la mejora en la calidad del agua, lo que garantice la preservación en el tiempo de dichos ecosistemas.

Referencias

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2022). Anexo 08 Decisiones en el Sistema de Áreas Protegidas del Orden Distrital y Parques de Borde. Recuperado de: http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/generales/anexo08-decisiones_sistema_areas_protegidas_ordendistrital_parquesborde.pdf

Araque, I., Britto, M., Cuellar, L., Perico, N. (2018). Fitorremediación en aguas residuales sin tratamiento previo. Caso: Tierra Negra, Boyacá. Revista tecnología, 17(1) https://doi.org/10.18270/rt.v17i1.2950

Beltrán, N., Hernández, Andrés. (2016). Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica como Nodo de Conexión y Desarrollo Urbano entre la Localidad Bosa y el Municipio de Soacha (tesis de pregrado: Universidad La Gran Colombia). Recuperado el 10 de julio de 2022 de: https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3851/parque%20ecologico.pdf

Burbano-Girón, J., Molina Berbeo, M. A., Gutiérrez Montoya, C., Ochoa-Quintero, J. M., Ayaco Toscano, R. A & Cardona Hernández, D. (2020). Estado de conservación y transformación de los humedales en Colombia. En: Moreno, L. A., Andrade, G. I., Didier, G & Hernández-Manrique, O.L. (Eds.). Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 112p

Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., Acevedo, O. (2011).

Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems, 14(2), 597-612. Recuperado en 14 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es

González, J. (2010). Fitorremediación: una herramienta viable para la descontaminación de aguas y suelos. (Tesis de pregrado: Universidad de los Andes). http://hdl.handle.net/1992/19276

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.

Mentaberry, A. (2011). Fitorremediación, Agrobiotecnología. Recuperado el 1 Julio de 2022 de: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf

Núñez, E. (2019). Evaluación de la eficiencia del sistema de fitorremediación mediante las especies palustre y flotante, *Zantedeschia aethiopica* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona de la región natural Quechua-Cajamarca. (Tesis de pregrado: Universidad Peruana Unión). Recuperado de: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1797/Erlin_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Núñez, R., Meas, Y., Ortega, R., Olguín, E. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias 55(3), 69-83. https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-academia-mexicana-de-ciencias/articulo/fitorremediacion-fundamentos-y-aplicaciones

Pardo, Y. (2015). Estado de conservación de seis humedales de Bogotá D.C., utilizando líquenes como bioindicadores. (Trabajo de pregrado: Universidad Jorge Tadeo Lozano). https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1744/T038%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sistema de Áreas Protegidas de Bogotá D.C. (s.f). Recuperado de: https://riosalitre.files.wordpress.com/2008/09/mp.pdf

Secretaria Distrital de Ambiente. (s.f). Plan de Manejo Humedal El Burro Recuperado el 15 de julio de 2022 de: https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/804589/PMA+EL+BURRO.pdf/

Secretaria Distrital de Ambiente. (s.f). Plan de Manejo Humedal La Vaca. Recuperado el 15 de julio de 2022 de: https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/423705/Plan+La+Vaca.pdf/b13faa0d-55ff-4316-8a0e-6794175f6a48

Veeduría Distrital. (2021). ¿Cuál es el estado de los humedales de bogotá? antecedentes y opinión de los ciudadanos?(Julio 2020 – julio 2021). Recuperado de: https://www.veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/files/Publicaciones2021/CUAL%20ES%20EL%20ESTADO%20DE%20LOS%20HUMEDALES%20DE%20BOGOTa.pdf

Anexos

Anexo 1

Toma de muestras



Anexo 2

Cronograma de actividades

	septiembre				octubre				noviembre				diciembre				enero				febrero				marzo				abril				mayo				junio				julio				agosto				septiembre			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	48	50	51
Actividad 1: Recolección de información primaria y secundaria del estado actual de los humedales																																																			
Actividad 2: Recolección de muestras enlos 5 puntos																																																		
Actividad 3: Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de agua																																																		
Actividad 4: Recolección de información primaria y secundaria de las especies vegetales presentes en cada humedal.																																																		
Actividad 5: Análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de agua con la presencia de especies vegetales con potencial fitorremediador.																																																		
Actividad 6: Comparar los resultados y establecer una posible relación de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos con las especies vegetales y su potencial fitorremediador.																																																		
Actividad 7: Generar estrategias puntuales de implementación o aumento de especies vegetales específicas de humedal que mejoren la calidad de agua con su potencial fitorremediador en cada uno.																																																		
Actividad 8: Construcción de conclusiones, recomendaciones y consideraciones finales del proyecto.																																																		
Actividad 9: Construcción de informe final de investigación.																																																		
Actividad 10: Construcción de articulo de investigación, búsqueda de revista para publicación, y publicación.																																																		

Anexo 3

Poster

