

VIABILIDAD PARA ESTABLECER LOS DIFERENTES USOS DEL AGUA DE LA
CIÉNAGA SAN SILVESTRE UBICADA EN EL DISTRITO DE BARRANCABERMEJA
DEPARTAMENTO DE SANTANDER

ANGELA NIÑO RAMÍREZ

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Química Ambiental

Director

YANETH QUINTERO LÓPEZ

Magister en Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ciencias

Escuela de Química

Especialización en Química Ambiental

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Este trabajo de investigación monográfico está dedicado principalmente a Dios que me ha permitido realizar este proyecto, a mi esposo por que ha sabido ser mi compañero de vida, impulsándome, siendo mi roca, a mi madre porque a pesar de la distancia ha estado siempre presente en todo lo que me propongo.

Agradecimientos

A Dios por bendecirme cada día y por permitirme compartir con mis seres queridos el logro de mis metas.

A mi esposo por su apoyo incondicional, por ser mi cómplice, por hacer mis luchas suyas y darme un poco de su terquedad cuando quiero declinar.

A mi madre por su inmenso amor, por estar presente en todos los momentos de mi vida por ser mi amiga, mi consejera, por sus enseñanzas, por ser mi ejemplo de perseverancia y lucha, por ser mi fortaleza.

A la profesora Yaneth Quintero López, mi directora de monografía, por sus recomendaciones para el desarrollo de mi trabajo, por ser quien tan acertadamente guió este estudio.

A la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química; que a través de sus directivos y maestros impartieron valiosos conocimientos y consejos.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Planteamiento del problema.....	14
1.1. Desarrollo de antecedentes	15
1.2. Proposito	16
1.3. Formulacion del problema	17
1.4. Justificación	17
2. Objetivos	19
2.1. Objetivo general.....	19
2.2. Objetivos especificos	19
3. Marco teórico	19
3.1. Usos del agua	19
3.2. Usos del agua clasificados para consumo humano y doméstico.....	20
3.3. Parámetros y características de las aguas naturales para abastecimiento humano ...	20
3.3.1 Fuentes de abastecimiento:	21
3.3.2 Fuentes Superficiales:	21
3.3.3 Fuentes subterráneas:	21
3.4. La Ciénaga San Silvestre desde un punto de vista geológico	22
4. Metodología	23
4.1. Revisión literatura.....	23
4.2. Lectura y análisis de los documentos.....	23
4.3. Escritura de la monografía	23

4.4.	Revisión	24
5.	Resultados	24
5.1.	Relacionar diferentes estudios de uso y calidad de agua de la ciénaga San silvestre mediante una revisión bibliográfica.....	24
5.1.1	Uso de Consumo humano y domestico.....	26
5.1.2	Uso de preservación de fauna y flora.....	26
5.1.3	Uso Agrícola	27
5.1.4	Uso Pecuario	27
5.1.5	Uso recreativo y deportivo.....	28
5.1.6	Uso Industrial.....	28
5.2.	Identificar los estudios que referencien la caracterización física y química del agua de la ciénaga San Silvestre de acuerdo con la revisión bibliográfica al compararla con la normatividad ambiental vigente.....	29
5.3.	Analizar el comportamiento de la calidad de agua en los diferentes estudios de caracterización fisicoquímica y los usos del agua de la ciénaga San Silvestre a partir de los datos encontrados.	39
6.	Conclusiones	52
7.	Recomendaciones	55
	Referencias bibliografía	56

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1	24
Tabla 2	31
Tabla 3	33
Tabla 4	34
Tabla 5	37
Tabla 6	40
Tabla 7	42
Tabla 8	44
Tabla 9	46
Tabla 10	48
Tabla 11	50

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1	25
Figura 3	33
Figura 3	36
Figura 4	39
Figura 5	41
Figura 6	43
Figura 7	45
Figura 8	47
Figura 9	49

Glosario

Agua residual: efluentes líquidos acuosos provenientes como desecho de la actividad urbana, industrial, ganadera o agrícola que se caracterizan por haber perdido en el proceso alguna de sus características de calidad principalmente debido a la adición de sustancias disueltas o en suspensión o de agentes biológicos (Moreno, y otros, 2003).

Agua residual doméstica: son las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por las excretas humanas y las actividades domésticas (Moreno, y otros, 2003).

Agua residual industrial: todas las aguas residuales generadas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad industrial o comercial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial (Moreno, y otros, 2003).

Agua residual urbana: son las aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial (Moreno, y otros, 2003).

Coliforme: bacterias Gram negativas de morfología bacilar, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35° o 37° C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44° o 44. 5° C se denominan coliformes fecales (Moreno, y otros, 2003).

Contaminación: acción y efecto de contaminar. Ver contaminante (Moreno, y otros, 2003).

Contaminante: cualquier forma de materia o energía ajena a la composición natural del agua (Moreno, y otros, 2003).

DBO5: demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días. Medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua, por la población microbiana, a lo

largo de cinco días de incubación. Se trata de una reacción fuertemente dependiente de la temperatura por lo que siempre que el ensayo no se haya hecho a 20° que es la estándar habrá que indicarlo. Se trata del parámetro indicador de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aunque tiene serias limitaciones que hay que tener en cuenta a la hora de su interpretación, entre estas pueden destacarse: en los cinco días que dura el ensayo normalmente no se oxida más del 60 o 70% de la materia orgánica realmente presente en la muestra, los resultados obtenidos dependen del inóculo bacteriano y la presencia de sustancias tóxicas para los microorganismos puede falsear los resultados (Moreno, y otros, 2003).

Dureza del agua: suma de las concentraciones de cationes metálicos con la excepción de los metales alcalinos y del hidrógeno, en la mayoría de las ocasiones es debida al calcio y magnesio a los que se añaden con frecuencia el hierro, aluminio, manganeso y estroncio. Se suele expresar en miliequivalentes de CaCO₃ o en grados franceses (1 grado francés = 10 mg/L de CaCO₃) (Moreno, y otros, 2003).

Lixiviado: solución resultante del lavado de una matriz sólida por el agua que la atraviesa. Lodo: Sólidos separados de un agua residual mediante procesos físico-químicos generalmente con un elevado contenido en materia orgánica (Moreno, y otros, 2003).

Medida del pH: el método normalmente utilizado en la determinación del pH de aguas naturales es el electrométrico con electrodo de vidrio. Este método se basa en la medida de la diferencia de potencial entre un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia (calomelanos KCl saturado) (Moreno, y otros, 2003).

Nutriente: sustancia necesaria para el crecimiento y mantenimiento de la actividad vital de los organismos. Cuando se habla de aguas residuales generalmente se hace referencia al contenido en nitrógeno y fósforo, así como a la materia orgánica y en general a cualquier sustancia necesaria

para mantener la actividad vital de los organismos pobladores de las aguas (Moreno, y otros, 2003).

Sólidos en suspensión: sólidos insolubles, de naturaleza orgánica o inorgánica, suspendidos en el seno de la solución acuosa que pueden ser separados mediante técnicas físicas como la centrifugación, decantación o filtrado. Las aguas subterráneas generalmente tienen un contenido muy bajo de sólidos en suspensión (Moreno, y otros, 2003).

Resumen

Título: Viabilidad para establecer los diferentes usos del agua de la ciénaga san silvestre ubicada en el distrito de Barrancabermeja departamento de Santander

Autor: Angela Niño Ramírez

Palabras Clave: Usos de agua, calidad de agua, caracterización, parámetros fisicoquímicos, Sostenibilidad ambiental, humedal, ecosistema Acuático

Descripción: Para el logro de este tema de investigación se relacionaron los diferentes estudios de calidad y uso de agua de la ciénaga San silvestre mediante una revisión bibliográfica, en donde se pudieron detectar en temas generales de la ciénaga san silvestre más de ciento veinte investigaciones. Sin embargo, y después de haber realizado el tamizaje, se pudo identificar veinte y ocho investigaciones de las cuales diez hablaron específicamente de calidad de agua, cuatro de estas, mostraron resultados o características fisicoquímicas de la Ciénaga San Silvestre, además, las otras diez y ocho investigaciones restantes, mostraron o evidenciaron temas relacionados con el uso del agua de este importante humedal.

Para determinar lo anteriormente dicho, se identificaron los estudios que referenciaron la caracterización física y química del agua de la ciénaga San Silvestre de acuerdo con la revisión bibliográfica al compararla con la normatividad ambiental vigente. Posteriormente, se analizó el comportamiento de la calidad y la función dinámica del agua en los diferentes estudios de caracterización fisicoquímica y los usos del agua de la ciénaga San silvestre a partir de los datos encontrados, identificando que es posible realizar diferentes actividades con el agua de la ciénaga San Silvestre, siempre y cuando se cumplan con las exigencias normativas del agua requerida.

Abstract

Title: Feasibility to establish the different uses of water from the San Silvestre swamp located in the district of Barrancabermeja, department of Santander

Author(s): Angela Niño Ramírez

Key Words: Water uses, water quality, characterization, physicochemical parameters, environmental sustainability, wetland, aquatic ecosystem

Description: To achieve this research topic, the different studies on the quality and use of water from the San Silvestre swamp were related through a bibliographic review, where more than one hundred and twenty investigations could be detected in general topics of the San Salvaje swamp. However, and after having carried out the screening, it was possible to identify twenty-eight investigations, of which ten spoke specifically of water quality, four of these showed results or physicochemical characteristics of the Ciénaga San Silvestre, in addition, the other ten and Eight remaining investigations showed or evidenced issues related to the use of water in this important wetland.

To determine the above, the studies that referenced the physical and chemical characterization of the water of the San Silvestre swamp were identified according to the bibliographic review when compared with current environmental regulations. Subsequently, the behavior of the quality and the dynamic function of the water in the different studies of physicochemical characterization and the uses of the water of the San Silvestre marsh were analyzed from the data found, identifying that it is possible to carry out different activities with the water of Ciénaga San Silvestre, if the regulatory requirements of the required water are met.

Introducción

El agua es un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida. Las fuentes de agua disponibles para el consumo humano, agrícola e industrial son consideradas como riqueza hidrológica, siendo estos recursos vitales e indispensables para preservar la vida.

Barrancabermeja es llamada la ciudad entre ciénagas sobre el río Magdalena rodeada por un complejo de ciénagas que cubren cerca del 30% de su área geográfica entre las cuencas del río Sogamoso y Opón, a una altitud de 75 m.s.n.m. “creando paisajes estratégicos a nivel de biodiversidad en lo genético, biológico y ecosistémico” (Carvajal & Sepúlveda, 2017).

Limita al norte con los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres y Girón, al sur con los municipios de San Vicente de Chucurí y Simacota, al oriente con el municipio de Betulia y al occidente con el río Magdalena y el municipio de Yondó (Secretaria de Planeación, Alcaldía de Barrancabermeja, 2015)

La fuente de abastecimiento del Distrito de Barrancabermeja es la Ciénaga San Silvestre, su cuenca hidrográfica tiene una área aproximada de 70.804 hectáreas y una altura promedio de la columna de agua de 2.06 metros, recibe las aguas de la quebrada El Zarzal y sus tributarios, tiene por desagüe natural el caño San Silvestre que desemboca en el río Sogamoso, ubicada al noreste de la cabecera distrital a una distancia aproximada de dos kilómetros de la planta de tratamiento que abastece a aproximadamente 300.000 habitantes (Carvajal & Sepúlveda, 2017).

Es tan importante el recurso hídrico para el sostenimiento de los ecosistemas aún en medio de la visible contaminación en la ciénaga habitan los manatíes y también se convierte en lugar de paso del jaguar por América Latina (Carvajal & Sepúlveda, 2017).

Jaramillo, et al. 2015 afirma que “La red de vida que parte de los humedales se extiende mucho más allá de lo que podemos abarcar a simple vista. Sus venas de agua se prolongan bajo el suelo y establecen dependencias de las que debemos ser más conscientes” (Carvajal & Sepúlveda, 2017).

1. Planteamiento del problema

La Ciénaga San Silvestre es la mayor reserva natural de agua del Magdalena Medio, es considerada uno de los pulmones naturales de Colombia, en la actualidad, presenta una contaminación media por aceites y grasas, descarga de aguas residuales domésticas y lixiviados del relleno sanitario Hierbabuena provenientes desde el caño El Zarzal, explotación de canteras en las zonas aledañas, el incremento de las actividades agrícolas y ganaderas como la tala de árboles y su posterior quema para adecuación de las zonas de pastoreo, son el común denominador del sector (Carvajal & Sepúlveda, 2017).

Así mismo, el poblamiento descontrolado (poblamiento de islas interiores) y mal uso del suelo genera mayor contaminación del cuerpo de agua y degradación de sus suelos. Uno de los aspectos fundamentales es que es usada como fuente de abastecimiento a las localidades del Distrito de Barrancabermeja, es además utilizada como lugar de recreación (Club Náutico), este club posee un vertedero de aguas directo sobre la ciénaga y los residuos de hidrocarburos de la

refinería, han hecho que este cuerpo hídrico sea de especial interés para los ambientalistas y en general para los habitantes del Distrito quienes ven con preocupación la deficiencia en el servicio de agua potable (Carvajal & Sepúlveda, 2017).

De la misma manera, el uso que se le da por parte de cultivo de peces desde la piscícola san silvestre genera aguas residuales que afectan el ecosistema ambiental cambiando las condiciones fisicoquímicas. Sin embargo, es importante mencionar que también existe un impacto positivo pues se está repoblando con estas especies en cultivo la vida de la ciénaga (Rueda Barrios, Bohórquez Farfán, & Reyes Figueroa, 2021).

1.1.Desarrollo de antecedentes

Para la construcción de este documento fue necesario acudir a diversos estudios y publicaciones sobre la calidad de agua en la Ciénaga San Silvestre, consultar información básica sobre el ecosistema y la política nacional de humedales interiores en Colombia 2002 (IDEAM. , 2002).

El agua es un recurso esencial para el desarrollo agrícola, industrial, social, económico y cultural de las naciones. Colombia por su ubicación geográfica es uno de los países con mayor número de recursos hídricos en el mundo, posee seis tipos de aguas; aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas lluvias, aguas termominerales, aguas marinas y oceánicas, y aguas de alimentación glacial. El uso de estos recursos para actividades como agricultura, ganadería, procesos industriales, minería, entre otros, han afectado su principal uso que es el consumo humano, alterando sus componentes naturales y agregándole nuevos componentes, los cuales, si sobrepasan los límites permisibles establecidos, pueden causar afectación a la salud del ser humano (COLOMBIA INFORMA., 2021).

En el numeral 6 del artículo 11 del Pacto internacional del derecho económico, social y cultural, nos habla del derecho al agua, establece que el agua es necesaria para diversas finalidades. Es fundamental para la absorción de alimentos (derecho a la alimentación adecuada), para la higiene ambiental (derecho a la salud), para asegurarse un medio de subsistencia (Derecho al trabajo), para disfrutar de prácticas culturales (derecho a la recreación), sin embargo, la prioridad es la utilización para fines personales y domésticos también debería darse prioridad a los recursos hídricos, necesarios para evitar el hambre y las enfermedades (MINISTERIO DE SALUD., 2021).

En la declaración sobre el medio ambiente y desarrollo, Rio de Janeiro.1992, se establece que el derecho al agua debe ser adecuado de acuerdo con la dignidad, la vida y la salud humana, no debe interpretarse en relación con cantidades volumétricas y tecnológicas, sino que debe tratarse como un bien social y cultural, no fundamentarse como un bien económico y que este derecho debe ser ejercido por las generaciones actuales y futura (MINISTERIO DE TRANSPORTE. , 2021).

1.2.Proposito

El propósito de esta investigación se relaciona con establecer los diferentes estudios que traten o referencien el uso de agua de la ciénega San Silvestre ubicada en el distrito especial de Barrancabermeja y que impactos ha generado sobre este ecosistema, la incidencia y acciones sociales que habitan alrededor de ella, además, de identificar los cambios significativos y los efectos y consecuencias de no minimizar estos impactos sobre este cuerpo hídrico, siendo un pilar ambiental importante para el desarrollo del Distrito de Barrancabermeja. Según una investigación, la ciénega tiene una gran importancia debido a su capacidad de resiliencia en la generación de fauna y flora, además, de ofrecer usos recreativos y deportivos (García Hoyos & Díaz Herrera, 2020)

1.3. Formulación del problema

¿Qué estudios e investigaciones se han desarrollado en los últimos años con el fin de establecer la viabilidad de los diferentes usos del agua de la ciénaga San Silvestre ubicada en el distrito de Barrancabermeja?

1.4. Justificación

Con este documento se desea establecer cuál han sido los diferentes usos de agua que ha tenido el ecosistema o humedal de la ciénaga San Silvestre de Barrancabermeja y que impactos sociales y ambientales ha tenido en los últimos años el uso no adecuado de la ciénaga en los habitantes y territorio del municipio. Una investigación menciona que, por ejemplo, este lacustre hídrico viene siendo afectado por los vertimientos generados por asentamientos humanos y el funcionamiento del relleno sanitario Yerbabuena, hoy conocido como Parque Tecnológico ambiental San Silvestre, administrado por la multinacional Veolia, están deteriorando el agua, ocasionando pérdida de los recursos naturales, flora y fauna de este ecosistema (Castilla Tang, 2018).

A partir de la identificación de esta problemática, se debe identificar las diferentes investigaciones y estudios que muestren los impactos positivos en el uso del agua de la ciénaga San Silvestre, como uso piscícola, uso deportivo y recreativo, consumo humano, consumo industrial, entre otros (Rueda Barrios, Bohórquez Farfán, & Reyes Figueroa, 2021), y que den luces de los beneficios que se pueden obtener del análisis de los diferentes estudios investigados en cuanto a uso y problemas asociados a estos usos del agua de la ciénaga San Silvestre.

Por otra parte, este documento pretende demostrar la importancia que tiene este ecosistema en la región, puesto que en ella existe un ecosistema natural que podría potenciar el turismo como

actividad complementaria a la industrial que ya posee desde 1925, con la intervención del primer campo petrolero de la región.

Estas actividades turísticas, se basan en proyectos donde se destinan 300 hectáreas para realizar turismo ambiental en reconocer y detallar el sin número de aves que existe en este ecosistema, el avistamiento de manatíes, pesca artesanal, entre otros factores turísticos que potencian el desarrollo ambiental del distrito, por lo que es necesario darles el uso adecuado a las aguas de este ecosistema natural (Carvajal Urrea, Sepúlveda Delgado, & Benítez Pérez, 2021).

Finalmente, esta investigación tiene un enfoque de tipo descriptivo, ya que lo que busca es establecer los diferentes estudios e investigaciones que pudieran mostrar los diferentes usos del agua de este humedal y por ende los impactos tanto positivos como negativos que se han generado a partir de la acción de cada uso detectado.

2. Objetivos

2.1.Objetivo general

Establecer los usos del agua de la ciénaga San Silvestre a partir de datos históricos y la revisión bibliográfica.

2.2.Objetivos específicos

Relacionar diferentes estudios de calidad y uso de agua de la ciénaga San Silvestre mediante una revisión bibliográfica.

Identificar los estudios que referencien la caracterización física y química del agua de la ciénaga San Silvestre de acuerdo con la revisión bibliográfica al compararla con la normatividad ambiental vigente.

Analizar el comportamiento de la calidad de agua en los diferentes estudios de caracterización fisicoquímica y los usos del agua de la ciénaga San silvestre a partir de los datos encontrados.

3. Marco teórico

3.1.Usos del agua

Se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad:

- a. Consumo humano y doméstico**

- b. Preservación de flora y fauna
- c. Agrícola
- d. Pecuario
- e. Recreativo
- f. Industrial
- g. Transporte (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1984).

Cuando se requiera agua para fines distintos, el Ministerio de salud y el EMAR establecen su denominación y definen el contenido o alcance de este.

3.2. Usos del agua clasificados para consumo humano y doméstico

Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como:

a. Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.

b. Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato

c. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1984).

d. Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares (GOBIERNO DE MEXICO. , 2021).

3.3. Parámetros y características de las aguas naturales para abastecimiento humano

3.3.1 Fuentes de abastecimiento:

Las fuentes de abastecimiento y suministro de agua para consumo como agua potable son muy importantes en lo referente a su calidad y composición. Se dividen en fuentes superficiales y fuentes subterráneas (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE., 2021).

3.3.2 Fuentes Superficiales:

Todas estas aguas requieren de un tratamiento previo, para hacer que cumpla con los parámetros de calidad de agua potable. Aunque estas fuentes de abastecimiento son las más contaminadas también son las que requieren de menor infraestructura para su extracción y consumo, por lo que cuando se tienen disponibles y en abundancia, es mejor opción que la perforación de pozos para extracción de agua subterránea (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE., 2021).

3.3.3 Fuentes subterráneas:

Las fuentes subterráneas son aquellas en las que el agua se encuentra bajo la superficie y para extraerse se requiere de la perforación de un pozo. La calidad de estas aguas es mejor que las que se encuentran en la superficie, ya que es difícil o poco probable que éstas sean contaminadas por residuos y aguas residuales generadas por la actividad del hombre.

Su principal desventaja es que los acuíferos cada vez están a mayores distancias de perforación, lo cual encarece el costo de perforación y de bombeo, además de que a medida que se hace más profunda la perforación, es mayor la probabilidad de que estas aguas contengan metales y compuestos tóxicos (plomo, arsénico, flúor, etc.), o metales problemáticos como hierro y manganeso (AGENCIA PARA SUSTANCIAS TOXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES., 2021). Esta caracterización se hace en virtud de sus propiedades físicas y químicas (Rocha, 2010)

Conforme a la situación global de los cuerpos de agua en el mundo, resulta en ocasiones, complejo adecuar la calidad de las aguas a los usos a los que se destina. Este hecho pone de relieve la importancia que adquiere la caracterización de la calidad natural de las aguas y la definición de los objetivos de calidad en los tramos de ríos y acuíferos de cada cuenca hidrográfica (LIBRO BLANCO DEL AGUA EN ESPAÑA., 2021)

3.4.La Ciénaga San Silvestre desde un punto de vista geológico

Desde el punto de vista geológico, la ciénaga de San Silvestre se ubica en la depresión del valle del Magdalena Medio cuyo origen data de finales del Cretáceo, aunque su configuración actual solo la alcanzó a finales del Terciario. En su mayor parte, la cuenca tributaria de la ciénaga está cubierta por sedimentos del Grupo Real del Mioceno Superior (Castelblanco, Fragua Pedroza, & Herrera López, 2021).

En menor proporción, las formaciones Colorado y Mugrosa del Mioceno Medio e Inferior respectivamente, afloran hacia el suroeste de la cuenca hacia la población de El Centro, estando afectadas por la falla de Infantas. En el extremo oriental y como consecuencia de la falla de sobre escurrimiento de La Salina, afloran sedimentos cretácicos de la formación Umir (Carvajal & Sepúlveda, 2017).

Adicionalmente, se encuentran los depósitos aluviales recientes y actuales conformados en terrazas, valles y planicies, y los depósitos de vertiente que se extienden al pie de la Serranía Oriental, conformados por grandes flujos de barro (Castelblanco, Fragua Pedroza, & Herrera López, 2021).

4. Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos se realizará una investigación de tipo Exploratoria y Descriptiva

4.1. Revisión literatura

Los siguientes términos: Ciénaga San Silvestre, calidad del agua, usos del agua caracterización fisicoquímica, índices de calidad, sistemas de información geográfica, entre otros, serán consultados en las bases de datos con las que cuenta la Universidad Industrial de Santander como Springer Science Direct, Nature, Proquest, Oxford Academic, SCIELO, Virtual Pro, Redalyc, y Scopus.

Si se encuentra información relevante en otras fuentes bibliográficas que no se encuentren dentro de la base de datos de la universidad como documentales, conferencias, cartillas, artículos de periódico, que contribuyan a la comprensión del tema se incluirán.

4.2. Lectura y análisis de los documentos

En esta etapa se realiza la lectura y análisis de los artículos seleccionados en las bases de datos y otras fuentes de información para elegir los que serán útiles en el desarrollo de la monografía.

4.3. Escritura de la monografía

Teniendo en cuenta los estudios que tienen relación directa con los muestreos y análisis de las aguas de la ciénaga San Silvestre, se realizará la escritura de la monografía de acuerdo con los objetivos planteados, el planteamiento del problema y el título, tomando para la escritura la norma APA 7.0 y las referencias bibliográficas se citarán utilizando el programa de citas MENDELEY.

4.4.Revisión

Cumpliendo el cronograma de actividades, se entregarán en las fechas asignadas los avances de la monografía al director. Las correcciones y sugerencias que realice el director y el evaluador con respecto al desarrollo de la monografía se tendrán en cuenta durante la redacción y desarrollo del plan de trabajo.

5. Resultados

5.1. Relacionar diferentes estudios de uso y calidad de agua de la ciénaga San silvestre mediante una revisión bibliográfica.

Inicialmente se establecen los buscadores donde se pudiera encontrar documentos relacionados con la caracterización de estudios e investigaciones que pudieran mostrar los usos del agua de la ciénaga San Silvestre. Para ello se utilizaron los buscadores de GOOGLE ACADEMICO, SCIELO, OTROS BUSCADORES. En la tabla 1 se puede ver un resumen de lo encontrado por tema relacionado con la investigación, los cuales fueron:

Tabla 1

Estudios e investigaciones por tema

TEMA DE INVESTIGACIÓN	INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS REFERENCIADOS	PRIMER TAMIZAJE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS	ARTÍCULOS E INVESTIGACIONES DONDE SE SUSTRAJO INVESTIGACIÓN
Usos de agua ciénaga San Silvestre	81	43	6
Características físico químicas humedales de Colombia	129	67	12

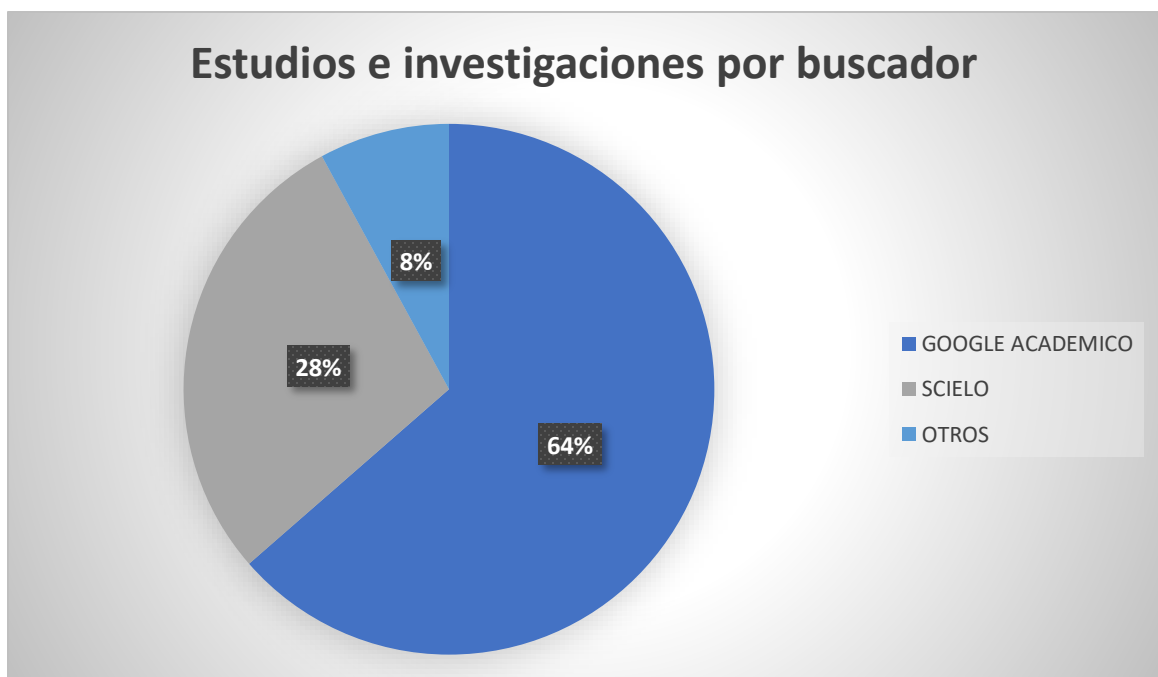
Ciénaga San Silvestre	40	20	8
-----------------------	----	----	---

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de investigaciones en relación con el tema de investigación de este documento.

De la misma manera se define el número de artículos encontrados por buscador del tema de investigación de este documento. Es así como en la figura 1, se puede evidenciar cuantos artículos relacionados con el tema se pudieron identificar para apoyar esta revisión bibliográfica

Figura 1

Investigaciones y estudios por buscador



Nota. Elaboración propia que muestra el porcentaje de Investigaciones y estudios con relación al tema revisión bibliográfica de los diferentes usos del agua de la ciénaga San Silvestre.

De la figura 1 se puede deducir que el buscador con mayor proporcionalidad de documentos relacionados con los temas de investigación el GOOGLE ACADEMICO con un 68%

equivalentes a 96 documentos encontrados. Así mismo, en el buscador SCIELO se pudieron encontrar 28% de estudios relacionados con el tema de investigación equivalentes a 43 documentos. El restante, correspondiente al 8% se pudo detectar que hablan o mencionan los temas con relación a esta investigación.

Sin embargo, es importante mencionar que la información es limitada, puesto que se está buscando un humedal en específico, los documentos que nos muestran información sobre el tema son pocos comparados con la diversidad de documentos que existen en el net.

De los artículos consultados y teniendo en cuenta lo dispuesto en el decreto ley 1594 de 1984, el agua de la ciénaga san Silvestre puede tener los siguientes Usos (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1984):

5.1.1 Uso de Consumo humano y domestico

Se pudo encontrar, por ejemplo, que la ciénaga San Silvestre está siendo usada para el abastecimiento de la población del municipio de Barrancabermeja, la cual para el año 2015 sumaba más de 250.000 habitantes. La captación, tratamiento y distribución la realiza la empresa Aguas de Barrancabermeja SA ESP y es la encargada de llevar agua a cada uno de los habitantes del municipio (Secretaria de Planeación, Alcaldia de Barrancabermeja, 2015).

5.1.2 Uso de preservación de fauna y flora

Al ser un ecosistema que cuenta con más de 70.000 hectáreas y que en el aportan aguas como la ciénaga el Sábalo ubicado al costado occidental más la tributación del caño el Zarzal, este puede prestarse para realizar turismo ecológico para avistamiento de aves, manatíes, mariposas, además de la fauna y flora rica en biodiversidad, siendo este un atractivo importante como actividad lúdica o de investigación (Ardila G. , 2020).

5.1.3 Uso Agrícola

Las aguas de este humedal pueden soportar a los hacendados que habitan en la ronda hídrica, el uso de sus aguas como sistema de riego para los productos que se siembren en su terreno. Una investigación mostro que la factibilidad de sembrar limón y utilizar el agua de la ciénaga San Silvestre, puede desarrollar un negocio productivo para la hacienda Magallanes, siempre y cuando se cumplan con la calidad del agua que se necesita para mantener un cultivo sano y de buena producción (Castelblanco, Fragua Pedroza, & Herrera López, 2021).

5.1.4 Uso Pecuario

De la misma manera se pudo identificar que las aguas de la ciénaga San Silvestre pueden tener utilidad para actividades de piscicultura. De ella, toman sus aguas la Piscícola San silvestre la cual tiene por objeto la cría de alevinos de peces autóctonos para la región del magdalena medio (Rueda Barrios, Bohórquez Farfán, & Reyes Figueroa, 2021). En ella se encuentran cultivos de peces como bagre rayado (Herrera-Cruz, y otros, 2019), evidenciado que al agregarle sustrato al agua se optimiza el desarrollo del alevino de este pez.

Otra investigación muestra que en la cría de alevinos de Vizcaína en la Estación Piscícola San silvestre si se tiene calidad de agua acorde con las características ambientales estables para el ecosistema, se puede reproducir este pez y por ende repoblar humedales y estuarios donde se esté escaseando (Montes-Petro, Atencio-García, Estrada-Posada, & Yepes-Blandón, 2019).

Otras investigaciones muestran que las aguas de la ciénaga San Silvestre, mientras cumplan con la calidad en cuanto a oxigenación, y otros parámetros, puede mejorar el crecimiento de otras especies como Bocachico, Tilapia, mojarra, cachama, entre otras especies. (Rueda-Barrios, Bohórquez-Farfán, Reyes-Figueroa, & Gómez-Díaz., Diagnóstico de las unidades productivas en el sector piscícola de Santander (Colombia)., 2019).

5.1.5 Uso recreativo y deportivo

Otro tipo de uso que se le puede dar al agua de la ciénaga San Silvestre se relaciona con la práctica deportiva y recreación. Por ejemplo, para uso deportivo existe el Club de pesca San Silvestre, ubicado a costado derecho en el kilómetro 8 de la vía que conduce al corregimiento el llanito. Además, se encuentran La sede de Campestre del Club Miramar, la sede recreacional de CAFABA, y un sin número de establecimientos que basan su economía en actividades recreativas y deportivas que brinda este importante humedal para el municipio de Barrancabermeja (Secretaría de Planeación, Alcaldía de Barrancabermeja, 2015).

Así mismo, se han realizado eventos deportivos como competencias de canotaje, competencias, motonáutica, windsurfing, pescar deportiva, entre otros eventos, lo cual muestra que el agua de este humedal puede brindar eventos turísticos para el sano esparcimiento de las familias de la región (Carvajal Urrea, Sepúlveda Delgado, & Benítez Pérez, 2021).

Además, se pudo consultar diferentes proyectos como por ejemplo la creación de un Centro recreacional Ciénaga san silvestre, el cual proporcionaría turismo, activaría la economía local y daría un sitio de sano esparcimiento para locales y visitantes que quieran conocer este importante ecosistema de la región (García Hoyos & Díaz Herrera, 2020).

5.1.6 Uso Industrial

Así mismo, una investigación desarrollada dentro de las instalaciones del Complejo Industrial de Barrancabermeja mostró que el agua obtenida para el uso de las actividades industriales de la refinería de Ecopetrol utiliza el agua de la ciénaga San Silvestre para ejecutar actividades industriales (CABARCAS MEDINA, 2020).

Otra empresa que hizo uso de las aguas de la ciénaga San Silvestre fue Fertilizantes Colombianos S.A. o mejor conocida como FERTICOL SA. Esta empresa en su momento, capto

agua para uso industrial en la fabricación de fertilizantes para las plantas de Nitrato en el municipio de Barrancabermeja. (Alonso Rios & Sánchez Pulido, 2017).

5.2. Identificar los estudios que referencien la caracterización física y química del agua de la ciénaga San Silvestre de acuerdo con la revisión bibliográfica al compararla con la normatividad ambiental vigente.

Los diferentes usos que tiene el agua de la Ciénaga San Silvestre dejan ver luces de lo importante de este ecosistema para el municipio y la región. Sin embargo, es necesario mencionar, que las actividades humanas están contaminando sus aguas. Los nuevos asentamientos y la falta de tratamiento de las aguas residuales generadas por estos, están deteriorando la calidad del agua del humedal, aumentando los niveles de DBO, nitritos y nitratos, entre otros. (Castelblanco, Fragua Pedroza, & Herrera López, 2021).

Sumado a lo anterior, las características microbiológicas también se han visto perjudicadas, dado que el vertimiento de materia orgánica sobre el cuerpo lacustre acelera el proceso fotosintético del microplancton y aflora rápidamente la micro algas y fitoplancton que se encuentra en sus aguas y el subsuelo, eutrofizando las agua en tiempos de verano, lo que consume el oxígeno disuelto y esto ha ocasionado, que en tiempos de verano, de bajo caudal de sus afluentes, no inyecten la oxigenación requerida y se generen consecuencias de mortandad de peces, como la ocurrida en el 2019, donde murió una cantidad indeterminada de especies acuáticas (REVISTA CATORCE6, 2019).

De la misma manera se han encontrado estudios realizados en las aguas de la ciénaga en donde la Corporación San Silvestre *Green* y por medio de diferentes estudios realizados por los laboratorios acreditados de monitoreo de aguas residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana

evidenciaron, en unos estudios realizados, que habían concentraciones altas de mercurio, arsénico y níquel; metales pesados que pueden afectar gravemente la salud a los que consumen este líquido preciado de este humedal (Corporación San Silvestre GREEN, 2015).

Un segundo estudio realizado por la empresa Laboratorios y Servicios Técnicos LASERTEC SAS del municipio de Barrancabermeja, arrojó resultado que también preocuparon a la comunidad en general, encontrándose niveles de cianuro, plomo y zinc elevados, además de presencia de bacterias presente en las heces fecales como la *E. Colí*, en 14 de 19 puntos de muestreo en la ciénaga, siendo un potencial y probablemente causante de las concentración elevadas, la puesta en marcha de un relleno sanitario que en la actualidad opera la multinacional Veolia (Puentes, 2020).

Otro problema que tiene que ver con la caracterización fisicoquímica de la Ciénaga san silvestre se relaciona con la acumulación de sedimentos proveniente de sus afluentes y generado por la construcción de la represa. Según un artículo, la ciénaga ha cambiado su estado físico en un 2% por la sedimentación acumulada, siendo este valor que constata con la desecación de los humedales colindantes como El sábalo y el Zapatero. Además, se enuncia que la causa de estos fenómenos es la contaminación y los vertimientos de aceites de hidrocarburos producto de las actividades petroleras de la región (Rodriguez & Tellez, 2012).

Así mismo, la ciénaga San Silvestre, según un artículo de revista, desde la contaminación generada por las actividades relacionadas con el petróleo, han presentado características de olor, y sabor, turbidez, incluso se pudo evidenciar, que anteriormente el agua llegaba con trazas de aceites a los hogares del municipio de Barrancabermeja (Puentes, 2020).

Además, en un informe realizado en el 2019, se pudo establecer que, con la puesta en marcha del relleno sanitario, al parecer, hubo un cambio notorio en los parámetros físico químicos

monitoreados cerca al punto donde llegan lixiviados a este cuerpo de agua. Según el artículo de la WEB, se estaría incumpliendo en las concentraciones permisibles de Bario, Calcio, Hierro Total, Manganeso, Plata y Sodio, lo cual muestra que puede haber una contaminación significativa de la ciénaga San Silvestre en cierto lugares y puntos de interés (El acontecer de mi Barrancabermeja, 2019).

Este mismo informe muestra que el agua consumida por los habitantes de Barrancabermeja presenta un índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) superior al 5%, lo cual la hace peligrosa para la salud de los habitantes en parámetros como turbiedad y color. Manifiesta y concluye que después de haber empezado a funcionar el relleno sanitario de Yerbabuena, hoy conocido como parque Tecnológico Ambiental Veolia, la calidad del agua de la ciénaga San Silvestre empezó a deteriorarse. (El acontecer de mi Barrancabermeja, 2019).

Lo anterior, constata con el Plan de gestión en el periodo 2016 – 2025 de la empresa encargada de la captación, tratamiento y distribución del agua para los habitantes de Barrancabermeja, Aguas de Barrancabermeja SA ESP, en el cual manifiesta que para el año 2014 al 2016, el IRCA no superó el 1%, arrojando resultados de 0,4% y resaltando que el agua de la ciénaga San Silvestre, después de haberse tratado es apta para el consumo humano (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016).

En la tabla 2, se puede ver los resultados tomados del Plan de gestión periodo 2016 -2025 de la empresa Aguas de Barrancabermeja SA ESP (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016).

Tabla 2

Resultados de monitoreo calidad de agua tratada Ciénaga San Silvestre

MES	PARAMETROS FISIQUÍMICOS												PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS			% IRCA MENSUAL	NIVEL DE RIESGO
	N° Muestras	Olor y Sabor	Turbiedad (NTU)	Color Aparante (UPC)	pH	Dureza Total (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Aluminio Residual (mg/l)	Hierro (mg/l)	Cloro Residual (mg/l)	Número de muestras	Muestras Contam. por grupo de C.T.	Muestras Contam. con E.coli		
ENE	62	A	0.86	7	6.98	39	7.51	0.03	20	0.09	0.10	1.39	90	0	0	0.00%	0-5
FEB	80	A	0.94	9	7.07	34	8.75	0.03	19	0.07	0.09	1.09	90	0	0	0.00%	0-5
MAR	66	A	0.70	6	6.93	37	6.13	0.02	18	0.15	0.10	1.23	90	0	0	0.00%	0-5
ABR	60	A	0.92	8	6.93	36	7.24	0.03	18	0.14	0.12	1.10	90	0	0	0.00%	0-5
MAY	62	A	1.00	10	7.00	36	7.24	0.03	18	0.12	0.07	1.11	90	0	0	0.00%	0-5
JUN	60	A	1.22	11	6.86	38	6.88	0	22	0.11	0.10	1.21	90	0	0	0.00%	0-5
JUL	60	A	1.02	8	6.87	39	7.59	0.007	18	0.09	0.09	1.20	90	0	0	0.00%	0-5
AGO	63	A	1.09	7	6.91	38	8.58	0.01	20	0.10	0.08	1.07	90	0	0	0.00%	0-5
SEP	96	A	1.26	12	7.08	36	7.43	0	20	0.15	0.12	0.94	65	0	0	2.96%	0-5
OCT	82	A	1.80	8	6.95	33	6.78	0	19	0.13	0.11	0.84	90	0	0	0.00%	0-5
NOV	60	A	1.20	9	6.96	36	7.04	0	16	0.10	0.10	1.10	90	0	0	0.54%	0-5
DIC	60	A	1.07	9	7.02	34	6.70	0	13	0.12	0.10	1.07	84	4	0	1.78%	0-5
PROMEDIO	68	A**	1.09	9	6.96	36	7.32	0.01	18	0.11	0.10	1.11	87	0.33	0.00	0.44%	SIN RIESGO
META Res. 2115 /	60 / mes	Aceptable	2	15	6,5 - 9,0	300	250	0,1	250	0,2	0,3	0,3 - 2,0	90	0	0	5%	---
Nota	mg/L: Miligramos por litro; UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad; UPC: Unidades de Platino Cobalto; IRCA: Índice de Riesgo de la Calidad del Agua; ND: No Detectable.																
Observación	El agua distribuida por la Empresa Aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P. es apta para consumo humano según las características analizadas bajo los requisitos contemplados en la Resolución 2115 de 2007 (IRCA entre 0 - 5%: AGUA SIN RIESGO).																

Nota. Resultados fisicoquímicos de la calidad de agua de la ciénaga San Silvestre después de tratada por Aguas de Barrancabermeja SAS ESP para el año 2015. Tomado de Plan de gestión periodo 2016 – 2025 de la empresa Aguas de Barrancabermeja SA ESP. (p.43).

De igual forma, una investigación realizada en el año 2017 mostró que las aguas de la ciénaga San Silvestre, en parámetros como solidos suspendidos totales, Clorofila, fósforo total, Conductividad, alcalinidad, dureza y pH en 10 puntos alrededor de la ciénaga San Silvestre. En este estudio se puede deducir que los valores fisicoquímicos se encienden en condiciones normales, pero para el parámetro CLOROFILA muestra que son concentraciones altas, lo que puede ocasionar eutrofización de sus aguas por gran presencia de materia vegetal y por ende consumo de oxígeno disuelto (Olaya & Quesada, 2017).

En la tabla 3 Se puede ver los resultados obtenidos de los análisis de calidad de agua de la Ciénaga San Silvestre

Tabla 3*Resultados análisis de calidad de agua de la Ciénaga San Silvestre*

PARÁMETROS	UNIDAD	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Sólidos totales suspendidos	mg/L	63	58	49	62	59	57	46	60	64	55
Clorofila	mg/L	5,22	6,47	5,46	5,88	5,55	6,19	5,09	6,93	5,7	9,75
Fósforo total	mg P/L	1,01	1,47	1,27	1,26	1,12	1,16	1,03	0,92	1,4	1,77
Conductividad	µs/Cm	125	115	117	111	135	108	114	93	62	72
Alcalinidad	mg/L	64	58	53	52	61	62	65	68	70	72
Dureza	mg/L	17	14	14	10	20	12,5	15,5	15	14	13,5
pH		6,4	6,4	6,5	6,4	6,5	6,8	6,1	6,4	6,5	6,3

Nota. Resultados de las concentraciones de calidad de agua de algunos parámetros de la Ciénaga San Silvestre. Adaptado de Olaya, C. y Quesada, A. Evaluación del estado trófico y la calidad del agua de la ciénaga san silvestre mediante los índices IET, ICOTRO, ICOMI, ICOPH, ICOSUS Y BMWP/COL en el municipio de Barrancabermeja, Santander. Colombia. 2017.

Así mismo para establecer en que parte de la ciénaga se hicieron los diferentes monitoreos, según esta investigación, se estableció por tributarios o sitios de interés que pudieran afectar las condiciones ambientales y ecosistémicas del humedal, teniendo en cuenta que el uso del agua de este sistema lenticó, es vital para la población del municipio y de la región, además de albergar una biodiversidad importante.

A continuación, en la figura 3 se puede evidenciar la ubicación de los puntos de monitoreo de esta investigación.

Figura 2*Ubicación de puntos de monitoreo en la ciénaga san silvestre*



Nota. Ubicación de puntos de monitoreo de calidad de agua de algunos parámetros de la Ciénaga San Silvestre. Adaptado de Olaya, C. y Quesada, A. Evaluación del estado trófico y la calidad del agua de la ciénaga san silvestre mediante los índices IET, ICOTRO, ICOMI, ICOPH, ICOSUS Y BMWP/COL en el municipio de Barrancabermeja, Santander. Colombia. 2017.

Otra investigación, pero esta vez realizada en el 2015 muestra los parámetros de calidad de la ciénaga San Silvestre en tres puntos aleatorios y muy cerca de descargas de vertimientos de aguas residuales de tres empresas que colindan con ella. En cada punto se tomaron tres muestras, para un total de 9 monitoreos. En este estudio se midieron parámetros como pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Dureza, Alcalinidad, Solidos Suspendedos Totales, DBO, Coliformes Totales, Zinc, Plomo, Cadmio, Níquel y Cobre (Cano & Rugeles, 2015).

En la tabla 4 se pueden ver los resultados obtenidos de esta investigación en los 9 puntos monitoreados de la ciénaga San Silvestre.

Tabla 4

Parámetros Físicoquímicos monitoreados en 9 puntos aleatorios de la Ciénaga San Silvestre

PARAMETROS	PROMEDIOS								
	B2	B3	B4	A2	A3	A4	C2	C3	C4
pH	4,35	4,3	4,6	4,45	4,85	4,65	4,7	4,7	4,2
Temperatura(°C)	30,61	31,26	31,16	31,6	32,795	32,895	34,595	34,61	34,25
OD (mg/L)	5,655	6,395	6,46	6,41	6,54	6,4	6,28	6,635	6,345
CE(μs/cm)	69	53	41	51,5	40,5	44	46,5	43	41
Alcalinidad(mgCaCO3/L)	25	13	16,5	24,5	10,5	13,5	16,5	11	11,5
Dureza(mg CaCo3/L)	51,5	25,5	30,5	45	24,5	25,5	25,5	19	17
DBO ₅ (mg O2/L)	25	28,5	41	28,5	28	21	18,5	9,5	27,5
SST (mg/L)	53,5	32	39,5	58,5	30,5	40,5	36,5	19	52
Col. Tot. (NMP/100ml)	894	758	730	978	1677	850	894	862	1124
Zn (mg/L)	0,077	0,166	0,071	0,366	0,029	0,094	0,086	0,263	0,036
Pb (mg/L)	0,007	0,002	0,009	0,009	0,000	0,012	0,005	0,009	0,009
Ni (mg/L)	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000
Cd (mg/L)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Cr (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu (mg/L)	0,009	0,010	0,010	0,008	0,007	0,006	0,007	0,007	0,010

Nota. Resultados de calidad de agua de la Ciénaga San Silvestre donde se monitorearon pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Dureza, Alcalinidad, Solidos Suspendidos Totales, DBO, Coliformes Totales, Zinc, Plomo, Cadmio, Níquel y Cobre. Tomado de Evaluación de la contaminación por vertimientos puntuales de aguas residuales sobre la ciénaga san silvestre, en el municipio de Barrancabermeja, Santander. (p.104). por Cano, J; Rugeles, B. Colombia. 2015

De la tabla 4, se evidencia que los niveles de pH están bajos y eso se da por que la ciénaga es un sistema lentic y sus aguas no tienen un porcentaje de recirculación alto. Sin embargo, la investigación arrojó que las concentraciones encontradas en general de los parámetros analizados son bajas y no representan un nivel de riesgo para las aguas de la Ciénaga. Además, se concluye que la concentración de plomo para consumo humano es alta por lo que es necesario que aguas de Barrancabermeja aplique los correctivos necesarios para minimizar un problema de salud a la

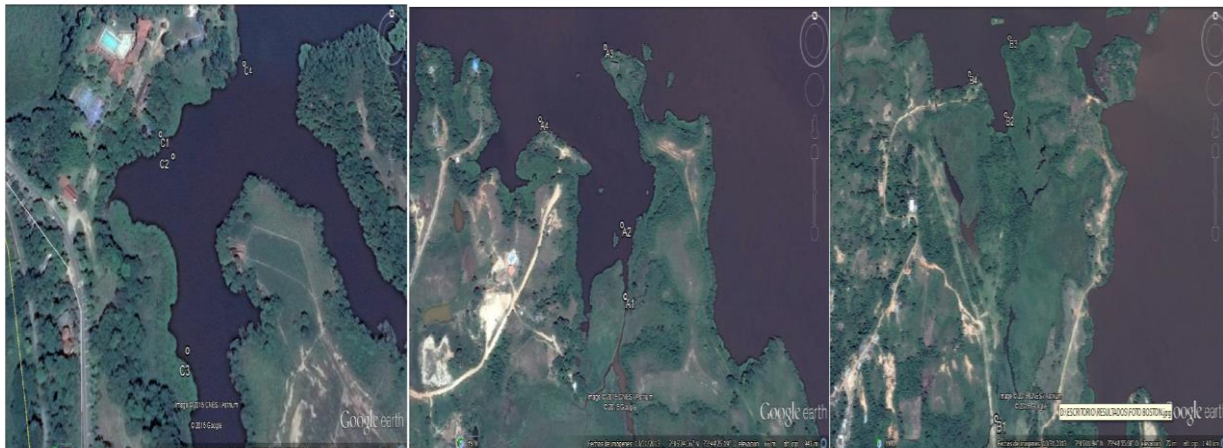
población del municipio de Barrancabermeja causada por este metal pesado (Cano & Rugeles, 2015).

Así mismo para establecer en qué parte de la ciénaga se hicieron los diferentes monitoreos, según esta investigación, se estableció por sitios de interés muy cerca a los vertimientos analizados que pudieran afectar las condiciones ambientales y ecosistémicas del humedal, teniendo en cuenta que el uso del agua de este sistema léntico, es vital para la población del municipio y de la región, además de albergar una biodiversidad importante.

A continuación, en la figura 3 se puede evidenciar la ubicación de los puntos de muestreo de esta investigación.

Figura 3

Ubicación de puntos de monitoreo en la ciénaga San Silvestre



Nota. Ubicación de los puntos monitoreados de calidad de agua de la Ciénaga San Silvestre donde se monitorearon pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Dureza, Alcalinidad, Solidos Suspendidos Totales, DBO, Coliformes Totales, Zinc, Plomo, Cadmio, Níquel y Cobre. Tomado de Evaluación de la contaminación por vertimientos puntuales de aguas residuales sobre

la ciénaga San Silvestre, en el municipio de Barrancabermeja, Santander. (p.59-61). por Cano,J; Rugeles, B. Colombia. 2015

Otra investigación realizada en el 2014 pudo constatar la calidad de agua de la ciénaga San Silvestre donde se realizó una caracterización fisicoquímica en 20 puntos diferentes aledaños al cuerpo de agua, escogiendo 10 en sus alrededores y 10 en los tributarios del humedal. Con la información recolectada lo que se quiso implantar fue una red de monitoreo continuo y que fuese aplicado para proteger el ecosistema natural del humedal (Ardila & Simanca, 2014).

Con esta investigación se pudo determinar una red de monitoreo que contó con 25 estaciones en total de las cuales el 32% fueron exclusivas para el monitoreo del sistema hídrico y para identificar la línea base ambiental de la ciénaga, 20% para indagar el cumplimiento legal y el 48% restante para estimar la carga contaminante transportada por el cuerpo de agua lo cual fue importante para predecir variaciones en la calidad del agua y servir de apoyo en el establecimiento de un programa de control de la contaminación (Ardila & Simanca, 2014).

En la Tabla 5 se puede ver los resultados de la red de monitoreo de esta investigación para parámetros como dureza, conductividad eléctrica, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO, SST, Fosforo, entre otros.

Tabla 5

Resultados de calidad de agua en 20 puntos de monitoreo soportados en la investigación consultada

Nº	Estación	CE µS/cm	Dureza mg/l	Alcalinidad mg/l	DBO ₅ mg/l	Coliformes Totales NMP/100 ml	O ₂ mg/l	Temperatura °C	O ₂ sat* mg/l	O ₂ %	SST mg/l	P mg/l
1	Presa	31,3	11,52	22	3	5000	3,3	30,5	7,57	43,6	27	ND
2	Bocatoma	31,5	15,36	22	5	5000	3,7	30	7,57	48,9	75	ND
3	Ciénaga Brava	38,9	15,36	15,4	15	3000	0,6	29,8	7,57	7,9	294	ND
4	Rincón Sábalos	22,8	23,04	22	3	2600	0,4	31,6	7,54	5,3	25	ND
5	Rincón de brujas	30,1	7,68	15,4	7	5000	2,5	29,4	7,69	32,5	91	ND
6	La Chava	31,5	15,36	17,6	2	2400	2	30,3	7,57	26,4	23	0,25
7	Ferticol	33,7	26,88	19,8	9	800	2,6	31,3	7,44	34,9	33	0,11
8	Ciénaga El Tigre	31,4	15,36	19,8	2	<2	3,7	30,9	7,44	49,7	43	ND
9	Castalia	30,8	15,36	17,6	2	<2	2,9	29,7	7,44	39,0	34	ND
10	Zapaterito	23,8	15,36	22	6	800	1	29,9	7,44	13,4	291	ND
11	Caño San Silvestre	28,7	15,36	22	2	500	4	29,8	7,44	53,8	15	ND
12	Zarzal por B/manga	33,3	11,52	26,4	5	<2	4,5	28,8	7,69	58,5	43	ND
13	Zarzal panamericana	19,7	15,36	24,2	5	1300	5,7	27,8	7,83	72,8	33	ND
14	Las Margaritas	9,7	15,36	17,6	6	16000	5,7	27,9	7,83	72,8	35	ND
15	La Vizcaina	36,3	23,04	35,2	9	9	6,6	29,4	7,69	85,8	46	ND
16	Aguas Antonio Nariño	112,3	30,72	39,6	17	90	2,1	28,1	7,83	26,8	9	ND
17	Caño La María	60,3	30,72	39,6	3	2400	5	28,6	7,69	65,0	31	ND
18	Caño El Cuarenta	57	19,2	24,2	10	8000	2,6	28,9	7,69	33,8	33	ND
19	Caño relleno sanitario	146,7	38,4	68,2	14	2400	1,6	29,7	7,57	21,1	22	ND
20	Quebrada Las Lajas	15,7	23,04	22	2	1300	4,7	28,1	7,83	60,0	26	ND

Nota. Resultados de los monitoreos de calidad de agua de 20 sitios de la Ciénaga San Silvestre.

Adaptado de Ardila, J; Simanca, Y. Diseño de una red de monitoreo de la calidad del agua de la ciénaga san silvestre del municipio de Barrancabermeja. Colombia. 2014. (p. 84).

Según la Tabla 5, se observa que el agua de la ciénaga San Silvestre cuenta con buena saturación de oxígeno, la DBO es baja, pero si hay presencia de Coliformes, lo que implica que haya presencia de materia orgánica y sin un previo tratamiento, y es usada para consumo humano, esta puede afectar la salud del consumidor.

5.3. Analizar el comportamiento de la calidad de agua en los diferentes estudios de caracterización fisicoquímica y los usos del agua de la ciénaga San Silvestre a partir de los datos encontrados.

De acuerdo con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1984), y de acuerdo con el uso del agua, existe una caracterización que es necesario verificar y establecer de acuerdo con los documentos consultados y que se pudieron revisar que hablaron al menos del tema de interés de esta investigación.

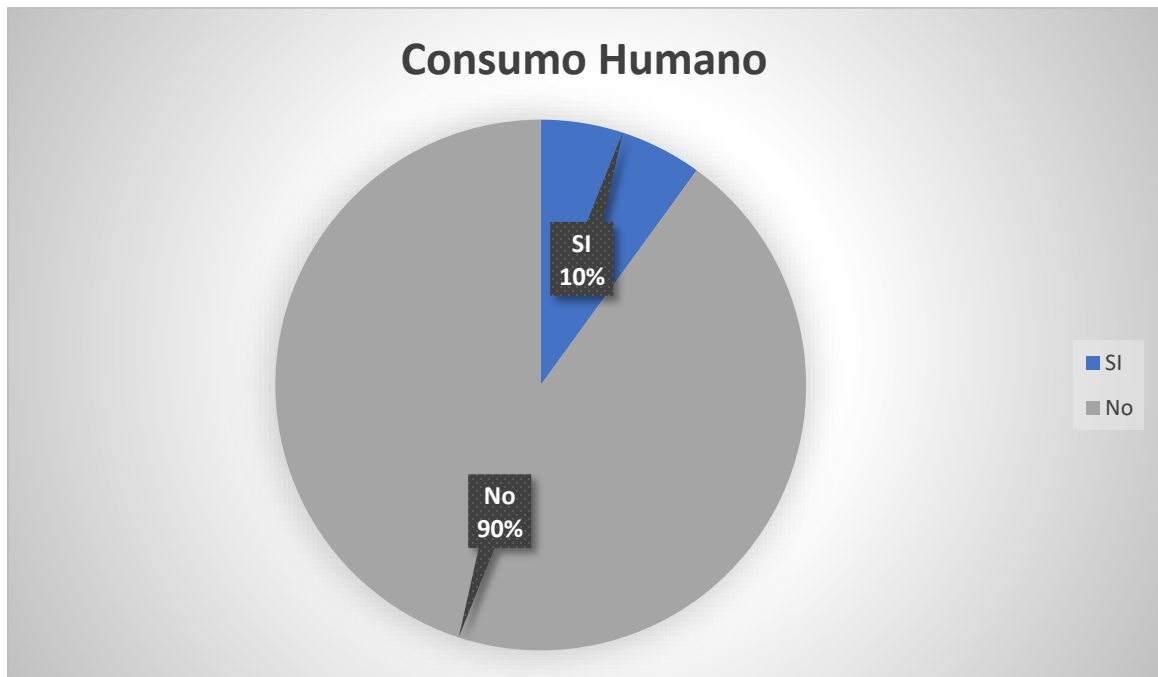
Inicialmente se encontraron los siguientes usos de agua para La Ciénaga San Silvestre:

- Consumo humano y doméstico,
- Preservación de flora y fauna
- Agrícola
- Pecuario
- Recreativo y deportivo
- Industrial.

Para uso de consumo humano, se puede deducir de las investigaciones que es necesario tratar el agua para poder abastecer a la población de Barrancabermeja, como se muestra la figura 4.

Figura 4

Artículos que referencian el uso del agua de la ciénaga como consumo humano



Nota. Numero de artículos que manifiestan que el agua de la ciénaga necesita ser tratada rigurosamente para abastecer la población y esta pueda consumirse.

Para ello, se comparó con los valores de la normatividad referente Decreto 1594 de 1984 para este uso y los resultados se muestran en la tabla 6, teniendo en cuenta los 4 artículos que mostraron resultados de caracterización fisicoquímica de calidad de agua de la ciénaga.

Para efectos de análisis e interpretación se toma la concentración o valores más altos referenciados en las diferentes investigaciones que se analizaron en este documento

Tabla 6

Valores comparados con la norma para el uso consumo humano articulo 39

PARÁMETRO	DECRETO 1594 DE 1984	ARTICULO 1	ARTICULO 2	ARTICULO 3	ARTICULO 4
-----------	----------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

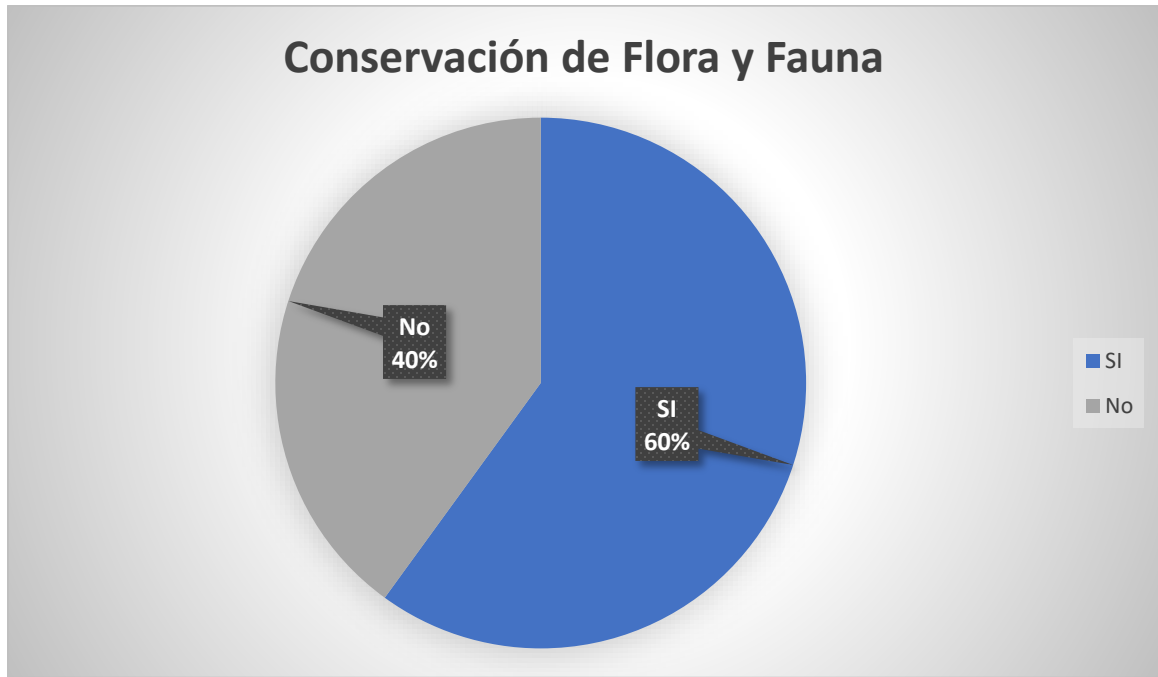
Coliformes totales (NMP)	20000	0	NR	1124	16000
pH (Unidades)	5 - 9	7,02	6,8	4,85	NR
Conductividad	NR	NR	125	69	146,7
Dureza	NR	39	20	51,5	38,4
Alcalinidad	NR	NR	72	16,5	68,2
DBO	0	NR	NR	28,5	14
Oxígeno saturado	NR	NR	NR	6,46	7,83
SST	0	NR	63	58,5	291

Nota. Valores referenciados en los artículos y estudios de investigación de la revisión bibliográfica y comparados con la normatividad relacionada para cada uno de los usos. Artículo 1: (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016); Artículo 2: (Olaya & Quesada, 2017); Artículo 3: (Cano & Rugeles, 2015); Artículo 4: (Ardila & Simanca, 2014).

Para el uso preservación de fauna y flora, los diferentes artículos mostraron que es posible realizarlo, pero debe haber permanente mantenimiento de los tributarios a la ciénaga, removiendo material vegetal que tapone el cauce y así evitar la acumulación de malos olores por el fenómeno de eutrofización de sus aguas. En la figura 5 se puede ver que, de los 10 artículos referenciados, el 60% habla que es posible dar uso a las aguas de la ciénaga como conservación de fauna y flora y el restante correspondiente al 40% manifiesta que hay presencia de metales pesados, olor sabor, capa y sólidos grandes que afectan la fauna y flora de la región y del humedal

Figura 5

Artículos que referencian el uso del agua de la ciénaga para conservación de flora y fauna



Nota. Numero de artículos que manifiestan que el agua de la ciénaga puede ser usada o no para conservación de fauna y flora

Para ello, se comparó con los valores de la normatividad referente, Decreto 1594 de 1984 para este uso y los resultados se muestran en la tabla 7, teniendo en cuenta los 4 artículos que mostraron resultados de caracterización fisicoquímica de calidad de agua de la ciénaga.

Para efectos de análisis e interpretación se toma la concentración o valores más altos referenciados en las diferentes investigaciones que se analizaron en este documento.

Tabla 7

Valores comparados con la norma para el uso Conservación de Fauna y Flora articulo 45

PARÁMETRO	DECRETO 1594 DE 1984	ARTICULO 1	ARTICULO 2	ARTICULO 3	ARTICULO 4
-----------	----------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

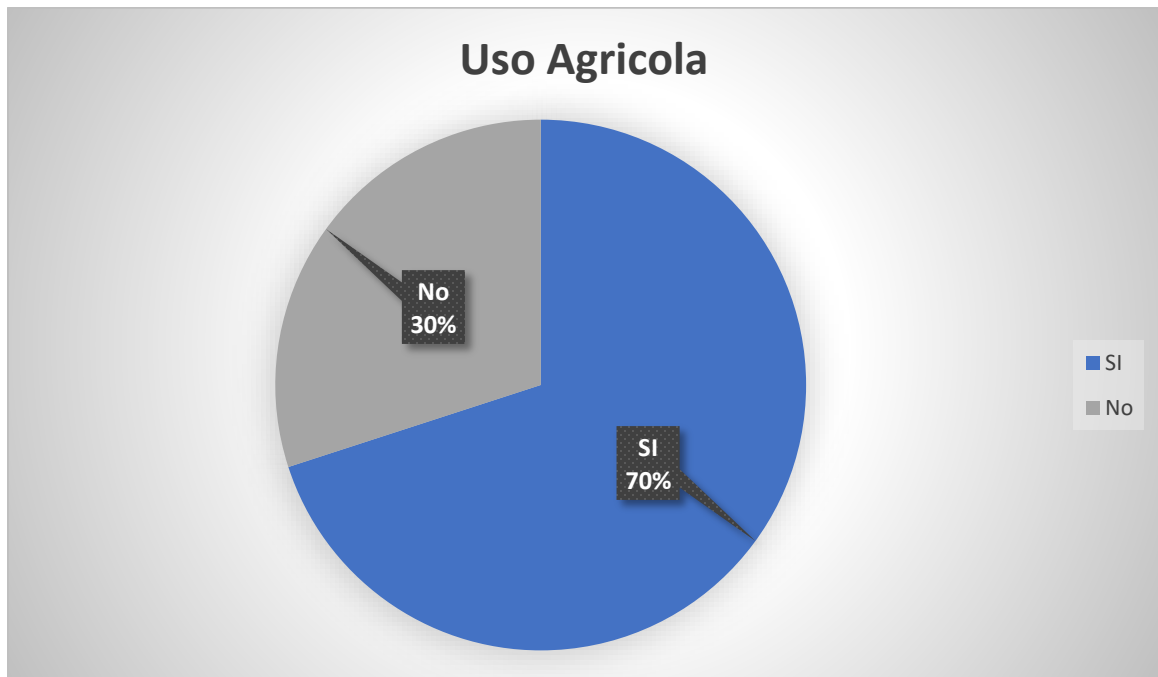
Coliformes totales (NMP)	NR	0	NR	1124	16000
pH (Unidades)	4,5 - 9	7,02	6,8	4,85	NR
Conductividad	NR	NR	125	69	146,7
Dureza	NR	39	20	51,5	38,4
Alcalinidad	NR	NR	72	16,5	68,2
DBO	0	NR	NR	28,5	14
Oxígeno saturado	4	NR	NR	6,46	7,83
SST	0	NR	63	58,5	291

Nota. Valores referenciados en los artículos y estudios de investigación de la revisión bibliográfica y comparados con la normatividad relacionada para cada uno de los usos. Artículo 1: (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016); Artículo 2: (Olaya & Quesada, 2017); Artículo 3: (Cano & Rugeles, 2015); Artículo 4: (Ardila & Simanca, 2014).

Para el uso preservación agrícola, los diferentes artículos mostraron que es posible realizarlo, pero debe tenerse en cuenta la alcalinidad del agua y la conductividad de la misma, puesto que esto puede afectar los cultivos. Además, se debe tener especial cuidado en el pH del agua y las concentraciones de DBO y oxígeno disuelto. En la figura 6 se puede ver que, de los 10 artículos referenciados, el 70% habla que es posible dar uso a las aguas en la parte agrícola y el restante correspondiente al 30% manifiesta que hay presencia de metales pesados, olor sabor, capa y solidos grandes que afectan los cultivos de la región.

Figura 6

Artículos que referencian el uso del agua de la ciénaga San Silvestre para uso agrícola



Nota. Numero de artículos que manifiestan que el agua de la ciénaga puede tener uso Agrícola

Para ello, se comparó con los valores de la normatividad referente Decreto 1594 de 1984 para este uso y los resultados se muestran en la tabla 8, teniendo en cuenta los 4 artículos que mostraron resultados de caracterización fisicoquímica de calidad de agua de la Ciénaga.

Para efectos de análisis e interpretación se toma la concentración o valores más altos referenciados en las diferentes investigaciones que se analizaron en este documento.

Tabla 8

Valores comparados con la norma para el uso Agrícola artículo 40

PARÁMETRO	DECRETO 1594 DE 1984	ARTICULO 1	ARTICULO 2	ARTICULO 3	ARTICULO 4
Coliformes totales (NMP)	5000	0	NR	1124	16000
pH (Unidades)	4,5 - 9	7,02	6,8	4,85	NR

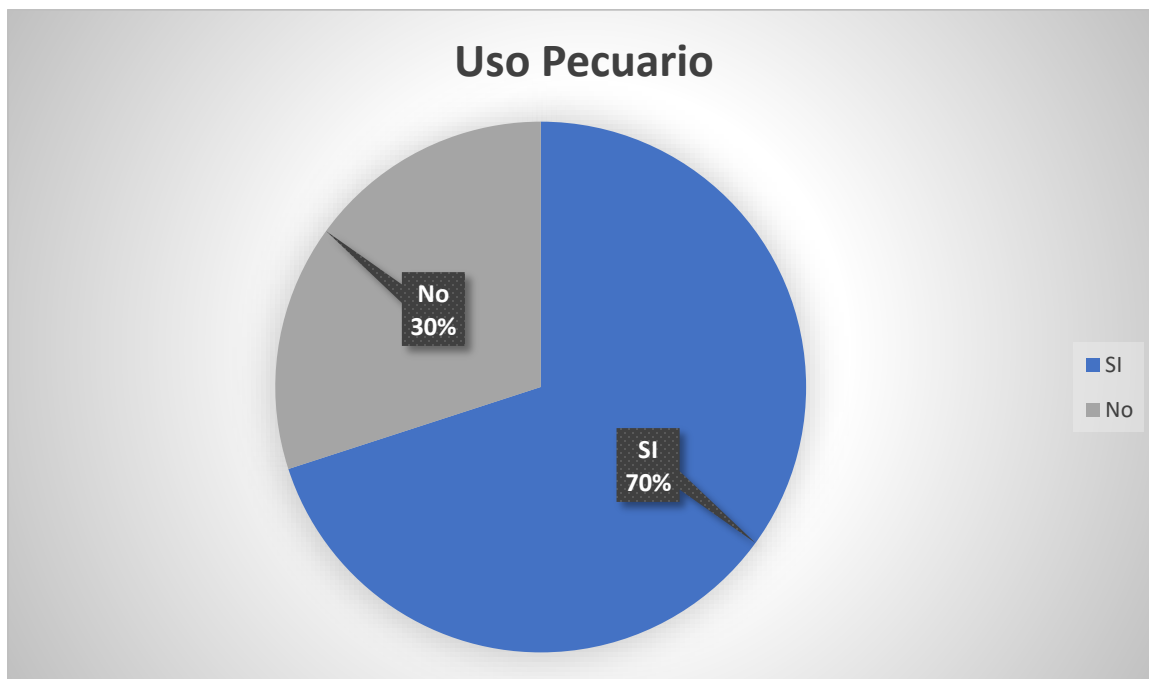
Conductividad	Registrar	NR	125	69	146,7
Dureza	NR	39	20	51,5	38,4
Alcalinidad	Registrar	NR	72	16,5	68,2
DBO	0	NR	NR	28,5	14
Oxígeno saturado	4	NR	NR	6,46	7,83
SST	0	NR	63	58,5	291

Nota. Valores referenciados en los artículos y estudios de investigación de la revisión bibliográfica y comparados con la normatividad relacionada para cada uno de los usos. Artículo 1: (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016); Artículo 2: (Olaya & Quesada, 2017); Artículo 3: (Cano & Rugeles, 2015); Artículo 4: (Ardila & Simanca, 2014).

Para el uso Pecuario, los diferentes artículos mostraron que es posible realizarlo, pero debe tenerse en cuenta que la concentración de metales pesados no afecte la salud de los animales que se quieran criar, dado que, el consumidor final podría ser el hombre y por ende podría verse afectada la salud del consumidor. En la figura 7 se puede ver que, de los 10 artículos referenciados, el 70% habla que es posible dar uso a las Aguas a la parte pecuaria y el restante correspondiente al 30% manifiesta que hay presencia de metales pesados, olor sabor, capa y solidos grandes que afectan los criaderos de animales de la región.

Figura 7

Artículos que referencian el uso del agua de la ciénaga San Silvestre para uso Pecuario



Nota. Numero de artículos que manifiestan que el agua de la ciénaga puede tener uso Pecuario.

Para ello, se comparó con los valores de la normatividad referente Decreto 1594 de 1984 para este uso y los resultados se muestran en la tabla 9, teniendo en cuenta los 4 artículos que mostraron resultados de caracterización fisicoquímica de calidad de agua de la Ciénaga.

Para efectos de análisis e interpretación se toma la concentración o valores más altos referenciados en las diferentes investigaciones que se analizaron en este documento.

Tabla 9

Valores comparados con la norma para el uso Pecuario articulo 41

PARÁMETRO	DECRETO 1594 DE 1984	ARTICULO 1	ARTICULO 2	ARTICULO 3	ARTICULO 4
Coliformes totales (NMP)	NR	0	NR	1124	16000
pH (Unidades)	NR	7,02	6,8	4,85	NR

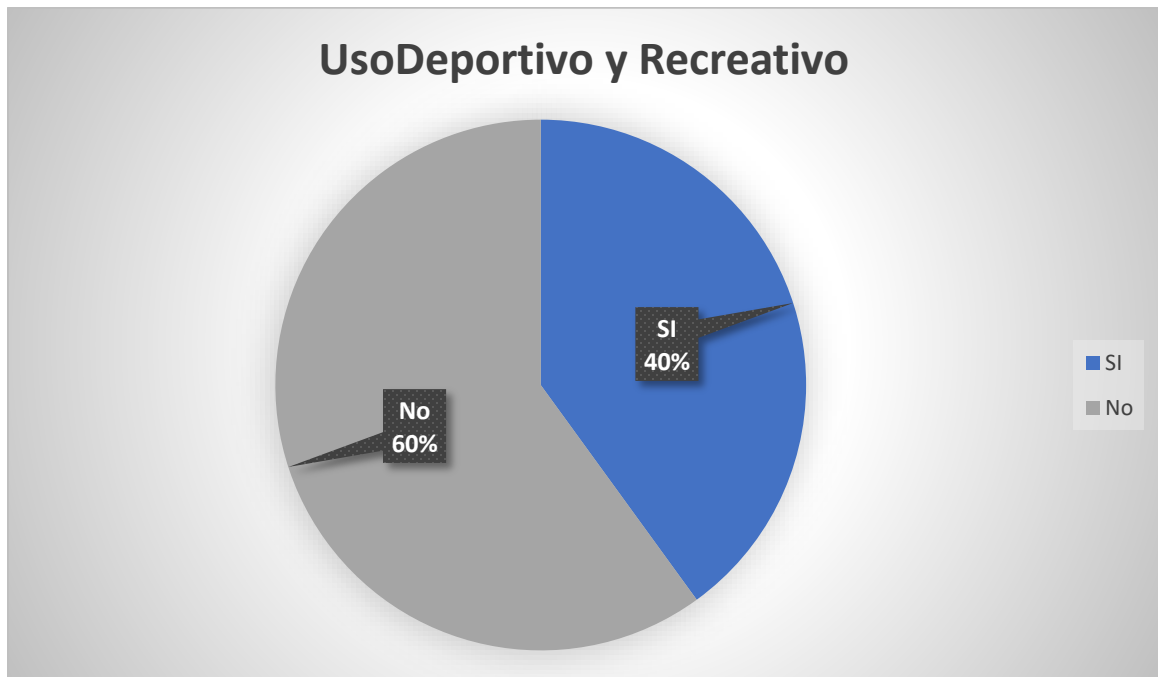
Conductividad	NR	NR	125	69	146,7
Dureza	NR	39	20	51,5	38,4
Alcalinidad	NR	NR	72	16,5	68,2
DBO	NR	NR	NR	28,5	14
Oxígeno saturado	NR	NR	NR	6,46	7,83
SST	NR	NR	63	58,5	291

Nota. Valores referenciados en los artículos y estudios de investigación de la revisión bibliográfica y comparados con la normatividad relacionada para cada uno de los usos. Artículo 1: (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016); Artículo 2: (Olaya & Quesada, 2017); Artículo 3: (Cano & Rugeles, 2015); Artículo 4: (Ardila & Simanca, 2014).

Para el uso deportivo y recreativo, los diferentes artículos mostraron que es posible realizarlo, pero debe tenerse en cuenta que la concentración de metales pesados no afecte la salud de las personas o de los actores, en el sentido que no se genere eutrofización de sus aguas, un pH acorde y por ende malos olores que puede desencadenar afectación en la salud de las personas. En la figura 8 se puede ver que, de los 10 artículos referenciados, el 40% habla que es posible dar uso a las aguas a la parte recreativa y deportiva y el restante correspondiente al 60% manifiesta que hay presencia de metales pesados, olor, sabor, capa vegetal y sólidos grandes que afectan la sana recreación y deportiva del humedal.

Figura 8

Artículos que referencian el uso del agua de la ciénaga San Silvestre para recreación y deporte



Nota. Numero de artículos que manifiestan que el agua de la ciénaga puede tener uso Deportivo y recreativo.

Para ello, se comparó con los valores de la normatividad referente Decreto 1594 de 1984 para este uso y los resultados se muestran en la tabla 10, teniendo en cuenta los 4 artículos que mostraron resultados de caracterización fisicoquímica de calidad de agua de la Ciénaga.

Para efectos de análisis e interpretación se toma la concentración o valores más altos referenciados en las diferentes investigaciones que se analizaron en este documento.

Tabla 10

Valores comparados con la norma para el uso Recreativo y Deportivo articulo 42

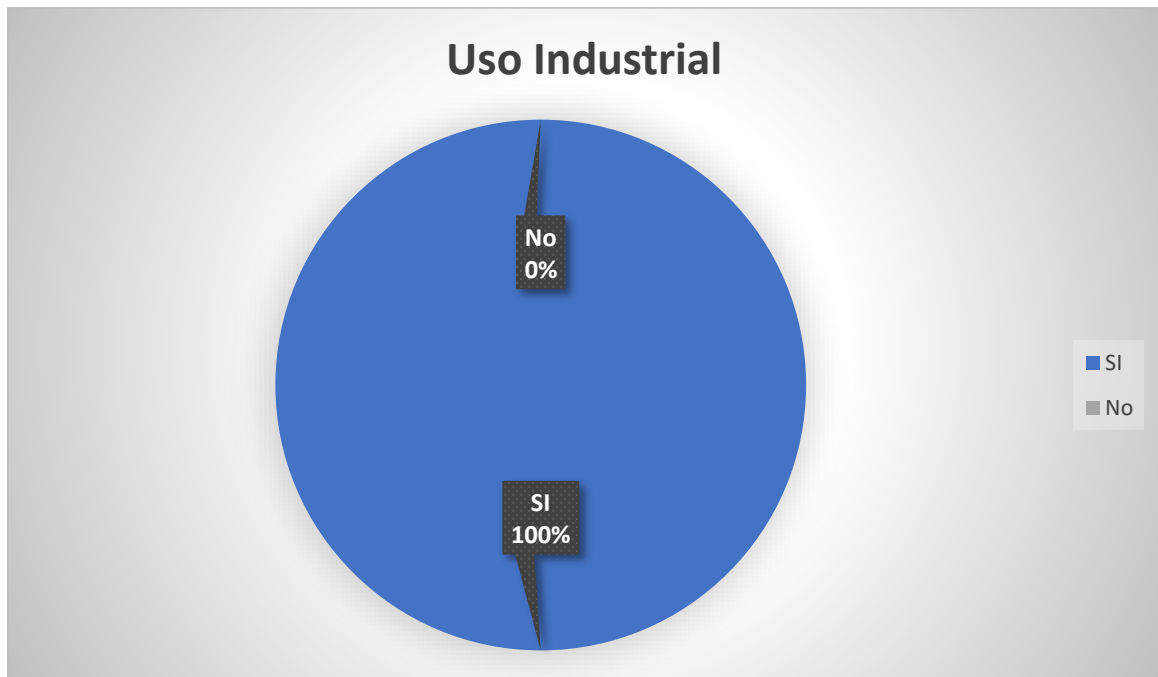
PARÁMETRO	DECRETO 1594 DE 1984	ARTICULO 1	ARTICULO 2	ARTICULO 3	ARTICULO 4
Coliformes totales (NMP)	1000	0	NR	1124	16000
pH (Unidades)	5 - 9	7,02	6,8	4,85	NR
Conductividad	NR	NR	125	69	146,7
Dureza	NR	39	20	51,5	38,4
Alcalinidad	0	NR	72	16,5	68,2
DBO	0	NR	NR	28,5	14
Oxígeno saturado	7	NR	NR	6,46	7,83
SST	0	NR	63	58,5	291

Nota. Valores referenciados en los artículos y estudios de investigación de la revisión bibliográfica y comparados con la normatividad relacionada para cada uno de los usos. Artículo 1: (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016); Artículo 2: (Olaya & Quesada, 2017); Artículo 3: (Cano & Rugeles, 2015); Artículo 4: (Ardila & Simanca, 2014).

Para el uso industrial, los diferentes artículos mostraron que es posible realizarlo, pero debe tenerse en cuenta que la concentración de los criterios de calidad no afecte la salud de las personas o de las máquinas y equipos, en el sentido que no se genere daños a la infraestructura ni a los que tengan contacto directo con estas aguas. En la figura 9 se puede ver que, de los 10 artículos referenciados, el 100% deja ver que es posible dar uso a las aguas en la parte industrial, y que, por ende, aunque si se menciona de metales pesados en concentraciones no permisibles para otros tipos de usos, también podría afectar la oxidación de metales como el hierro y el pH.

Figura 9

Artículos que referencian el uso del agua de la ciénaga San Silvestre para uso industrial



Nota. Numero de artículos que manifiestan que el agua de la ciénaga puede tener uso Industrial.

Para ello, se comparó con los valores de la normatividad referente Decreto 1594 de 1984 para este uso y los resultados se muestran en la tabla 11, teniendo en cuenta los 4 artículos que mostraron resultados de caracterización fisicoquímica de calidad de agua de la ciénaga.

Para efectos de análisis e interpretación se toma la concentración o valores más altos referenciados en las diferentes investigaciones que se analizaron en este documento.

Tabla 11

Valores comparados con la norma para el uso industrial articulo 48

PARÁMETRO	DECRETO 1594 DE 1984	ARTICULO 1	ARTICULO 2	ARTICULO 3	ARTICULO 4
-----------	----------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Coliformes totales (NMP)	NR	0	NR	1124	16000
pH (Unidades)	NR	7,02	6,8	4,85	NR
Conductividad	NR	NR	125	69	146,7
Dureza	NR	39	20	51,5	38,4
Alcalinidad	NR	NR	72	16,5	68,2
DBO	NR	NR	NR	28,5	14
Oxígeno saturado	NR	NR	NR	6,46	7,83
SST	NR	NR	63	58,5	291

Nota. Valores referenciados en los artículos y estudios de investigación de la revisión bibliográfica y comparados con la normatividad relacionada para cada uno de los usos. Artículo 1: (Aguas de Barrancabermeja SA ESP, 2016); Artículo 2: (Olaya & Quesada, 2017); Artículo 3: (Cano & Rugeles, 2015); Artículo 4: (Ardila & Simanca, 2014).

6. Conclusiones

Se relacionaron los diferentes estudios de calidad y uso de agua de la ciénaga San Silvestre mediante una revisión bibliográfica, en donde se pudo detectar en temas generales de la ciénaga San Silvestre más de 120 investigaciones. Sin embargo, y después de haber realizado el tamizaje, se identificaron 28 investigaciones de las cuales 10 hablaron específicamente de calidad de agua, 4 de estas, mostraron resultados o características fisicoquímicas de la Ciénaga San Silvestre, además, las otras 18 investigaciones restantes, mostraron o evidenciaron temas relacionados con el uso del agua de este importante humedal.

Por ejemplo, se pudo identificar uso de agua para consumo humano, agrícola, pecuaria, recreación, deporte e industrial. Un ejemplo de esta menciona, que es posible utilizar el agua para abastecimiento teniendo en cuenta las concentraciones de hierro y bajando estos niveles para no ocasionar problemas a la salud del consumidor (Ahumada Murillo & Arrieta Martínez, 2020).

Otro ejemplo que puede citarse en este tema es el uso pecuario en cultivo de peces en la estación psicóloga San Silvestre por lo que se pudo evidenciar la importancia de esta empresa para los humedales de la región y el aporte sustancia en el repoblamiento de especies que puedan generar un equilibrio ecosistémico de los diferentes humedales (Rueda-Barríos, Bohórquez-Farfán, Reyes-Figueroa, & Gómez-Díaz., Diagnóstico de las unidades productivas en el sector piscícola de Santander (Colombia)., 2019).

Se identificaron los estudios que referencien la caracterización física y química del agua de la ciénaga San Silvestre de acuerdo con la revisión bibliográfica al compararla con la

normatividad ambiental vigente, logrando evidenciar que en la mayoría de los estudios se presentaban valores y concentraciones de parámetros altos, pero que también dependían de las épocas secas y de lluvia en el momento de realizar los monitoreos. Se encontró, por ejemplo, que hubo investigaciones que relacionaron concentraciones altas de Cadmio, Níquel, Hierro, Mercurio, Plomo, entre otras y que para dotar una población debía ser necesario los tratamientos rigurosos de agua para suministro (Forero & Umaña, 2014).

Así mismo, se pudo identificar, que la calidad de agua de la ciénaga San Silvestre permite el crecimiento de la biodiversidad y aparición de flora acuática, por lo que es posible mantener un equilibrio siempre y cuando se mantengan los niveles de contaminación bajo, dejando ver, que es posible cuidar el ecosistema de manera que pueda presentar usos diferidos bajo el equilibrio sostenible ambientalmente hablando en la región (Ruiz-Jiménez, Gutiérrez, & Criales-Hernández, 2020)

Finalmente, se analizó el comportamiento de la calidad de agua en los diferentes estudios de caracterización fisicoquímica y los usos del agua de la ciénaga San Silvestre a partir de los datos encontrados, identificando que es posible realizar diferentes usos de agua, siempre y cuando se cumplan con la calidad de agua requerida. En el análisis se evidenció, que se encontraron investigaciones donde se podían ejecutar estas actividades, ya que la ciénaga tiene la capacidad de recircularse, pero que si está siendo afectada por la contaminación generada por los asentamientos humanos (Carvajal Urrea, Sepúlveda Delgado, & Benítez Pérez, 2021), la presencia de hidrocarburos producto de la actividad petrolera de la región (Alfaro Ramos & Guevara, 2013), las descargas de vertimientos del relleno sanitario del municipio (Corporación San Silvestre GREEN, 2015), entre otros.

Así mismo, Siendo un cuerpo de agua de 70.000 hectáreas aproximadas, y el potencial que tiene como zona turística, ecológica y de biodiversidad (Pava, Carrasquilla, & López-Forment, 2016), este se puede ofrecer una alternativa sostenible para los habitantes de la región, y de turismo internacional, siempre y cuando, se conserve su ronda hídrica, su fauna y flora, y se minimice la contaminación que vive actualmente (García Hoyos & Díaz Herrera, 2020).

7. Recomendaciones

Esta revisión mostró los usos que se puede dar al agua de la ciénaga San Silvestre y la calidad del agua que esta posee en los estudios consultados y por ende al ser temas específicos las referencias de estudios e investigaciones son escasos, por lo que fue necesario ampliar el período de revisión desde el 2005 hasta el 2022.

Es necesario fomentar la investigación en las universidades sobre este importante ecosistema acuático de la región, puesto que las políticas ambientales del municipio pretenden inmiscuir el turismo hacia el avistamiento de flora y fauna, atrayendo turistas que pueden impactar la economía de la región.

Así mismo, se recomienda aplicar métodos de seguimiento a los tributarios de la Ciénaga San Silvestre, ya que son ellos donde se debe implementar estrategias sostenibles que puedan cuidar el ecosistema de su ronda y cauces que los comprenden.

Por otro lado, se recomienda realizar esta revisión bibliográfica sobre el humedal Ciénaga Miramar y Ciénaga Juan esteban de Barrancabermeja. Con ello establecer estrategias de mejoramiento en calidad de agua y que se encuentren descritos en los diferentes estudios e investigaciones de la web en un período de tiempo.

Referencias bibliografía

AGENCIA PARA SUSTANCIAS TOXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (19 de 10 de 2021). *AGENCIA PARA SUSTANCIAS TOXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES*. Obtenido de Resúmenes de Salud Pública - Hidrocarburos totales de petróleo [Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)]. España.2016: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html

Aguas de Barrancabermeja SA ESP. (2016). *Plan de Gestion 2016 - 2025*. Colombia.

Ahumada Murillo, Y., & Arrieta Martínez, A. (2020). *Evaluación de la eficiencia de remoción de Hierro por medio de oxidación con Peróxido de Hidrógeno como pre-tratamiento en la Planta de Potabilización Aguas de Barrancabermeja SA, ESP*. Colombia.

Alfaro Ramos, A., & Guevara, M. (2013). *Relación costo-beneficio de los mecanismos de compensación que entrega Ecopetrol a la comunidad afectada, en relación a los pasivos ambientales propiciados por los derrames de petróleo en Barrancabermeja*. Colombia.

Alonso Rios, J. L., & Sánchez Pulido, P. C. (2017). *Propuesta de mejora para la planta de agua potable de la empresa Fertilizantes Colombianos SA*. Colombia: (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Ardila, G. (2020). Equivocación en Cienga San Silvestre. *Encuentros: Ciudad, medio Ambiente y territorio*, 5-11.

- Ardila, J., & Simanca, Y. (2014). *DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CIÉNAGA SAN SILVESTRE DEL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA*. Colombia.
- CABARCAS MEDINA, M. A. (2020). *PROPUESTA SOBRE EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA EXCELENCIA DEL DEPARTAMENTO DE CRACKING III EN ECOPETROL SA REFINERIA BARRANCABERMEJA-SANTANDER*. Colombia.
- Cano, J., & Rugeles, B. (2015). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES SOBRE LA CIÉNAGA SAN SILVESTRE, EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, SANTANDER*. Colombia.
- Carvajal Urrea, Y., Sepúlveda Delgado, C. A., & Benítez Pérez, M. I. (2021). *Amphibia: estrategias para mejorar la resiliencia socioecológica en el asentamiento Antonio Nariño del borde urbano rural de la Ciénaga San Silvestre, Barrancabermeja (Santander)*. barrancabermeja.
- Carvajal, Y., & Sepúlveda, B. M. (2017). *Estrategias para mejorar la resiliencia socioecológica en el Asentamiento Antonio Nariño del borde urbano rural de la Ciénaga San Silvestre, Barrancabermeja (Santander)*. Colombia: FINDETER. 97p.
- Castelblanco, A. M., Fragua Pedroza, M., & Herrera López, S. D. (2021). *Estudio de factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de riego para un cultivo de limón en la hacienda Magallanes del municipio de Barrancabermeja*. 2021.

Castilla Tang, A. (2018). *Gestión Ambiental de los Residuos sólidos domiciliarios en la unidad residencial Torres de San Francisco en Barrancabermeja*. Colombia.

COLOMBIA INFORMA. (19 de 10 de 2021). *Colombia Informa*. Obtenido de La lucha histórica por el agua de Barrancabermeja.: <http://www.colombiainforma.info/lucha-historica-por-el-agua-en-barrancabermeja/>

Corporación San Silvestre GREEN. (12 de 10 de 2015). *Agua Contaminada Barrancabermeja*. Obtenido de Corporacion San Silvestre GREEN: <https://sansilvestregreen.com/>

El acontecer de mi Barrancabermeja. (03 de 06 de 2019). *El acontecer de mi barrancabermeja*. Obtenido de Salió a flote condición crítica de la ciénaga que alimenta a Barrancabermeja: <https://dajeba.wordpress.com/2019/06/03/nadando-entre-las-heces/>

Forero, D., & Umaña, H. (2014). *Barrancabermeja y el eterno problema del agua: un análisis desde la regulación (Barrancabermeja and the Eternal Water Problem: An Analysis from the Regulation)*. . Available at SSRN 2603270.

García Hoyos, J. D., & Díaz Herrera, D. M. (2020). *Centro recreacional Ciénaga san Silvestre para los habitantes de Barrancabermeja*. Colombia .

GOBIERNO DE MEXICO. . (19 de 10 de 2021). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de Usos consuntivos del agua. Mexico. 2017. P.1.: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap6.html>

Herrera-Cruz, E., Aristizabal-Regino, J., Yepes-Blandón, J., Estrada-Posada, A., Espinosa-Araujo, J., & Atencio-Garcia, V. (2019). *Criopreservación de semen de bagre rayado*

Pseudoplatystoma magdaleniatum con tres diferentes crioprotectores. Colombia: Revista Colombia.

IDEAM. . (2002). *Política Nacional de humedales interiores en Colombia.* Colombia.

LIBRO BLANCO DEL AGUA EN ESPAÑA. (19 de 10 de 2021). *LIBRO BLANCO DEL AGUA EN ESPAÑA.* Obtenido de La calidad de las aguas.: https://www.chj.es/es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (1984). *Decreto Ley 1594 de 1984, por la cual se dictan disposiciones sobre el uso y vertimiento de agua en el territorio nacional.* Colombia.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (19 de 10 de 2021). *MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.* Obtenido de Resolución 2115 de 2007. Características, sistemas de vigilancia para la calidad del agua. Colombia. 2007. 38p.: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

MINISTERIO DE SALUD. (19 de 10 de 2021). *MINISTERIO DE SALUD.* Obtenido de Decreto 475. (10 de marzo de 1998). Obtenido de Normas técnicas de calidad del agua. Colombia. 1995.: http://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%200475%20DE%201998

MINISTERIO DE TRANSPORTE. . (19 de 10 de 2021). *MINISTERIO DE TRANSPORTE*.

Obtenido de Importancia y restauración de humedales. Colombia.2019.:
<https://mintransporte.gov.co/publicaciones/7347/con-el-interes-de-fomentar-importancia-de-cuidado-y-restaura>

Montes-Petro, C., Atencio-García, V., Estrada-Posada, A., & Yepes-Blandón, J. (2019).

Reproducción en cautiverio de vizcaína Curimata mivartii con extracto pituitario de carpa.
. Colombia: Orinoquia, 23(2), 63-70.

Olaya, C., & Quesada, A. (2017). *EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO Y LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CIÉNAGA SAN SILVESTRE MEDIANTE LOS INDICES IET, ICOTRO, ICOMI, ICOPH, ICOSUS Y BMWP/Col EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, SANTANDER*. Colombia.

Pava, E., Carrasquilla, J., & López-Forment, W. (2016). *Caracterización de la comunidad fitoplanctónica de un plano de inundación del río Sogamoso en la cuenca media del río Magdalena (Ciénaga de San Silvestre, Colombia)*. . Colombia: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales, 3(1), 43-57.

Puentes, j. (2020). Ciénaga San Silvestre sujeta de derechos. *ENCUENTROS: CIUDAD, MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO*, 8-10.

REVISTA CATORCE6. (2019). Pescadores culpan a la contaminación de la mortandad de peces en la Ciénaga de San Silvestre. *REVISTA CATORCE6*, 1-2.

- Rocha, E. (2010). *Ingeniería sanitaria y municipal*. México.: Universidad Autónoma de Chihuahua México. p1.
- Rodriguez, L., & Tellez, E. (2012). *ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA VARIACIÓN EN LOS NIVELES DE SEDIMENTACIÓN EN LA CIÉNAGA DE SAN SILVESTRE – BARRANCABERMEJA 1989-2012*. Colombia.
- Rueda Barrios, G. E., Bohórquez Farfán, L., & Reyes Figueroa, J. C. (2021). *Caracterización de la piscicultura en Santander. Estudio aplicado en Bajo Simacota, El Carmen de Chucurí, San Vicente de Chucurí y Barrancabermeja*. Colombia.
- Rueda-Barrios, Bohórquez-Farfán, Reyes-Figueroa, & Gómez-Díaz. (2019). *Diagnóstico de las unidades productivas en el sector piscícola de Santander (Colombia)*. Diagnóstico, 40(28).
- Ruiz-Jiménez, J. A., Gutiérrez, M. B., & Criales-Hernández, M. I. (2020). *First record of Cytheridella ilosvayi Daday, 1905 (Ostracoda: Limnocytheridae) in the Ciénaga San Silvestre, Colombia*. . Colombia: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física.
- Secretaria de Planeación, Alcaldia de Barrancabermeja. (2015). *Barrancabermeja en cifras 2015*. Colombia.