

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DEL
HUMEDAL EL JUNCAL Y SU RECONOCIMIENTO COMO ECOSISTEMA
ESTRATÉGICO DENTRO DE LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA**

María Eliana Espejo Cruz

**Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales
Maestría en Ciencias Ambientales
Bogotá, D.C., 2017**

**Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Humedal el Juncal y
su reconocimiento como ecosistema estratégico dentro de la educación
básica primaria**

María Eliana Espejo Cruz

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ciencias Ambientales

Director

José Efraín Ruiz Sepúlveda

M.Sc. en Biología Universidad de Los Andes

**Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales
Maestría en Ciencias Ambientales
Bogotá, D.C., 2017**

Nota de Aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dedicatoria

A Dios

Por acompañar cada uno de mis pasos, por su fidelidad y su infinita bondad, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por mi familia, por cada bendición.

A mi madre Meñita.

Por ser esa luz de cada día, quien me ha apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Lo que soy es por ti mamita.

A mi padre Julio.

Por los ejemplos de perseverancia, constancia y honestidad que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. Por creer en mi papito.

A mis hermanos Julio y Carlos

Por ser esas personas incondicionales, por ser lo mejor de la vida, mis mejores amigos, los amo.

A Juan Andrés

Por ser ese regalo de Dios, por llegar a mi vida, por enseñarme que el amor es la fuerza que mueve el mundo, que lo puede todo. Es un honor ser tu mamá. Por ti vale la pena todo.

A Andrés

Por qué el amor nunca deja de ser. Por el mejor amor del mundo.

A mi abuelita Leo

Tenerte en mi vida es un privilegio.

A Junior y Sandu

Los ángeles si existen y están en la tierra. Los llevo en mi corazón.

Agradecimientos

A la Gobernación de Cundinamarca por la oportunidad y apoyo como becaria, por confiar en mis capacidades.

A la Universidad Jorge Tadeo Lozano por brindarme el espacio e invaluable talento humano para lograr este sueño.

A mi director de tesis Efraín Ruiz, por sus enseñanzas, consejos, apoyo y colaboración permanente. Por creer en mí.

Al Doctor Edilberto León por su apoyo, enseñanzas, cariño y amistad.

A las personas que desde el comienzo estuvieron apoyando y brindándome sus conocimientos y consejos, quienes me enseñaron a creer en mí.

Contenido

Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
1 Justificación	16
2 Marco teórico	17
2.1 Definición de humedal	17
2.1.1 Humedal urbano	17
2.1.2 Importancia y función de los humedales	17
2.1.3 Servicios de abastecimiento	19
2.1.4 Servicios de regulación	20
2.1.5 Servicios culturales	20
2.2 Afectación de los humedales en Colombia	21
2.3 Calidad del agua	23
2.3.1 Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua	23
2.3.2 Turbiedad (expresada en NTU)	23
2.3.3 Conductividad eléctrica (expresada $\mu\text{S}/\text{cm}$)	23
2.3.4 pH (expresado en unidades de pH)	24
2.3.5 Sólidos (Expresado mg/L)	24
2.3.6 Alcalinidad (expresada mg/L CaCO_3/L)	24
2.3.7 Compuestos del Azufre	25
2.3.8 Compuestos del nitrógeno	25
2.3.9 Compuestos del fósforo	26
2.3.10 Demanda química de oxígeno (DQO)	27
2.3.11 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	27
2.3.12 Aceites y grasas	28
2.3.13 Cloruros	28
2.3.14 Dureza	28
2.3.15 Carbono Orgánico Total (COT) – (Expresado en mg CaCO_3/L)	29
2.4 Marco legal	29
3 Estado del arte	311
4 Objetivos	37
4.1 Objetivo general	37
4.2 Objetivos específicos	37
5 Metodología	38
5.1 Área de estudio	38

5.1.1 Aspectos físicos	39
5.2 Fase de campo	40
5.3 Fase de gabinete	42
6 Resultados y discusión	47
6.1 Características fisicoquímicas del Humedal El Juncal	47
6.1.1 Aceites y grasas	47
6.1.2 pH, alcalinidad y acidez total	48
6.1.3 DBO5 y DQO	51
6.1.4 Carbono orgánico total (COT)	53
6.1.5 Cloruros	54
6.1.6 Conductividad	55
6.1.7 Dureza total	57
6.1.8 Turbiedad, sólidos suspendidos (SST) y sólidos totales (ST)	58
6.1.9 Fósforo total	61
6.1.10 Nitrógeno (nitratos – nitritos)	63
6.2 Resultados índices de contaminación (Ramírez y Viña 1998)	69
7 Componente pedagógico	74
8 Conclusiones	75
9 Recomendaciones	77
Referencias	78
Anexos	84

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación del agua según dureza total	28
Tabla 2. Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas geográficas	39
Tabla 3. Listado de parámetros analizados por el laboratorio con su técnica analítica acreditada	41
Tabla 4. Calificación de los ICO`s	45
Tabla 5. Calificación ICOTRO	46
Tabla 6. Calificación de sistemas a partir de concentración de fósforo	46
Tabla 7. Comparativo entre los humedales El Juncal, La Conejera y Santa María del Lago	66
Tabla 8. Resultados fisicoquímicos, monitoreo de calidad de aguas del humedal El Juncal, en cinco puntos de muestreo, Municipio de Bojacá – Cund.	67
Tabla 9. Resultados Fisicoquímicos con sus respectivos valores promedio (X) y desviación estándar (DS), monitoreo de la calidad de aguas del humedal El Juncal en cinco puntos de muestreo. Municipio de Bojacá-Cundinamarca.	68
Tabla 10. Resultados de los índices de contaminación de Ramírez y Viña (1998).	69

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación Humedal El Juncal	38
Figura 2. Comportamiento del parámetro Aceites y Grasas en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017)	48
Figura 3. Comportamiento del carbono orgánico total (COT) en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	50
Figura 4. Comportamiento de los cloruros (Cl-) en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	52
Figura 5. Comportamiento de la conductividad en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	53
Figura 6. Comportamiento de la dureza total en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	55
Figura 7. Comportamiento de la turbiedad y sólidos suspendidos totales en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	56
Figura 8. Comportamiento de sólidos totales (ST) en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	58
Figura 9. Comportamiento del fósforo total en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	59
Figura 10. Comportamiento del nitrato y el nitrito en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017)	64
Figura 11. Comportamiento del índice de contaminación por mineralización -ICOMI en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).	62
Figura 12. Comportamiento del índice de contaminación por sólidos suspendidos totales -ICOSUS en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017)	64

Figura 13. Comportamiento del índice de contaminación por fósforo total -ICOTRO
en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas
(Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017) **70**

Lista de anexos

Anexo A. Estadísticos	85
Anexo B. Propuesta pedagógica	97

Resumen

En la vereda El Cortés localizada en el municipio de Bojacá – departamento de Cundinamarca se encuentra ubicado el humedal El Juncal, declarado reserva hídrica mediante el Acuerdo N° 47 del 20 de noviembre de 2006 por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), razón por la cual se debe velar por su recuperación, rehabilitación y/o restauración. Sin embargo, pese a dicho reconocimiento éste presenta signos de contaminación que hacen pensar que su deterioro más que por factores naturales obedece a presiones antrópicas. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar el cuerpo de agua a través del uso de parámetros fisicoquímicos en cinco puntos distintos, efectuándose para ello cuatro muestreos, tres de ellos durante los meses de febrero, marzo y mayo de 2016 y uno en febrero de 2017, abarcando el período de transición de aguas bajas a altas (IDEAM 2012). Se analizaron veinte variables de importancia de acuerdo con las actividades de pastoreo, agricultura y vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio, presentes en la zona y se calcularon los índices de contaminación (ICOMI, ICOSUS e ICOTRO), observándose que el humedal presentó una condición crítica relacionada con alta carga de materia orgánica de acuerdo con los valores obtenidos para la DBO5, DQO y COT, concluyéndose que la actividad de mayor impacto correspondió a las aguas residuales domésticas municipales provenientes de Bojacá y Cartagenita (Facatativá), y cuyo afluente se localizó en el punto P2 e incumpliendo con la normatividad nacional (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) al hallarse valores por encima de los límites máximos permisibles para varios de sus parámetros. A nivel pedagógico se implementará una estrategia que permita ampliar la información acerca del humedal y multiplicarla a toda la comunidad educativa de la IED Nuestra Señora de la Gracia, (cd interactivo, volumen N° 2 Cartilla “Amigos del Humedal el Juncal”, talleres), en pro de su recuperación.

Palabras claves: humedal, lentico, ecosistema, rehabilitación, estrategia pedagógica, Ramsar.

Abstract

In the footpath Cortes which is located in the Municipality of Bojacá – Department of Cundinamarca, It is the Wetland el Juncal, which was declared as a water reserve by agreement N 47 of November 20, 2006 for the Autonomous Regional Corporation of Cundinamarca (CAR), reason for which it is necessary to look over its recovery, rehabilitation and/or restoration. Nevertheless, despite the above-mentioned recognition, this one presents signs of contamination that makes think that its deterioration more that for natural factors, it obeys to anthropogenic pressures.

For the previous thing, the present work had as objective to characterize the water in the physical and chemical way, in five different points, four samplings being carried out for it, three of them during February, March and may, 2016 and one in February, 2017, covering the period of transition from low to high waters (IDEAM 2012). Twenty variables of importance, were analyzed in accordance with the present activities in the zone, and there were calculated the indexes of contamination (ICOMI, ICOSUS and ICOTRO), observing that the wetland presented critical condition associated with load in accordance with the values obtained for the DBO5, DQO and COT, it was concluded, that the activity of major impact corresponded to the municipal domestic water from Bojacá and Cartagenita (Facatativá), and whose affluent was located at point P2 and not complying with national regulations (Decree 1594 of 1984 of the Ministry of Health, Resolution 631 of 2015 of the Ministry of Environment and Sustainable Development) being found values above the maximum limits Allowable for several of its parameters. At the pedagogical level, the proposal will be presented, which will implement the strategies to enrich the existing information about the wetland, expand it and multiply it to the entire educational community of the Our Lady of Grace (Interactive CD, volume N ° 2 "Friends of the Wetland" The Juncal ", workshops).

Key words: wetland, lentic, ecosystem, rehabilitation, pedagogical strategy, RAMSAR

Introducción

Los humedales son ecosistemas de transición que comprenden, frecuentemente áreas inundadas, saturadas de aguas superficiales o subterráneas (Ariza Ramírez, Moncaleano Niño, & Córdoba, 2006). Estos ecosistemas han recibido una gran atención ya que se han constituido en amortiguador hidrológico, químico además de construir hábitats con flora y fauna endémica (Gopal, Turner, Wetzel, & Whigham, 1982), son típicamente complejos y envuelven muchos fenómenos físicos, químicos y biológicos en una intrincada dinámica espacial y temporal (Allan, 1995) donde las diferentes comunidades hidrobiológicas juegan un papel crucial en el metabolismo de estos cuerpos de agua y entre los cuales hay un evidente flujo de materia y energía (Diehl (1992) & Zimmer, Hanson, & Butler (2000)), sin embargo, la creciente expansión demográfica ha generado una considerable degradación de la tierra y presión sobre los recursos naturales tanto a nivel internacional, como nacional y regional.

Dentro del recurso hídrico los humedales en Colombia y en especial en la región del departamento de Cundinamarca no están exentos de esta problemática, ya que muchos han desaparecido o reducido su perímetro como consecuencia de los procesos de urbanización, actividades de desarrollo subrural y rural, afectando estos importantes ecosistemas, generando cambios y/o destrucción de diversos hábitats de especies de animales y vegetales que dependen de estas áreas para desempeñar todas las funciones vitales (Hernández, 2010).

En el Humedal El Juncal localizado en el municipio de Bojacá, que no ha estado ajeno a este tipo de conflictos, se han venido identificando tensionantes ambientales generados por la expansión demográfica, sufriendo alteraciones en su funcionalidad ocasionado por diversos factores, principalmente invasión de rondas, captación indebida, contaminación por residuos sólidos y líquidos, y por ende la consecuente pérdida de biodiversidad y de muchos de sus servicios ecosistémicos, lo cual es aún más preocupante toda vez que fue declarado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR,) como Reserva Hídrica bajo el Acuerdo 47 (2006), buscando así su recuperación, rehabilitación y/o restauración y por el contrario, lo que se evidencia es un progresivo deterioro y con ello una prematura desaparición.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo de investigación pretendió con base en la caracterización fisicoquímica establecer la calidad del agua del humedal y demostrar que en la actualidad éste se encuentra en proceso de extinción por presión antrópica y no a una evolución natural, comparando con la

normatividad colombiana vigente (Resolución 631 (Colombia. Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), extensión del Decreto 3930 de 2010 & Decreto 1594 (Colombia. Presidencia de la República, 1984)), ciertos parámetros de interés sanitario. Dicha caracterización se llevó a cabo durante cuatro muestreos, siendo los tres primeros efectuados en los meses de febrero, marzo y mayo de 2016, y un cuarto durante el mes de febrero de 2017, abarcando un período de transición de aguas bajas a altas, febrero 35 mm y mayo 86 mm (Climate - Data, 2016).

Con dichos resultados, se pretende continuar con una intervención pedagógica y crear estrategias que impulsen en la comunidad el reconocimiento del entorno, su presente y su historia y de esta manera generar un alto grado de responsabilidad hacia el mismo por parte de las generaciones actuales y futuras.

Es el momento de realizar un análisis de la condición actual del humedal desde un punto de vista socio ambiental que permita integrar variables de afectación al mismo y se establezca bajo un eje articulador el concepto de sostenibilidad, así se enriquecerá la percepción de una cultura de respeto hacia el ambiente y se propiciarán espacios de reflexión para una educación contextualizada en los conflictos locales que generen cambios en los comportamientos de la comunidad, en aras de recuperar una imagen histórica perdida donde se ha identificado que muchos de los habitantes de la región desconocen pero cantan en su himno de manera inconsciente.

1 Justificación

Dada la importancia que encierran los cuerpos de agua lenticos como lagunas, ciénagas, embalses, humedales, entre otros, como prestadores de servicios ecosistémicos reconocidos por la Convención RAMSAR, el ser humano no parece estar en consonancia con ello, toda vez, que sigue ejerciendo fuertes presiones sobre los recursos naturales con especial énfasis en el hídrico, situación que se ha visto reflejada no sólo en el contexto internacional sino nacional y local como se ha mencionado anteriormente.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca en aras de recuperar estos ecosistemas estratégicos ha venido identificando estos cuerpos de agua en su jurisdicción, como producto de ello declaró como reserva hídrica al “Humedal El Juncal” localizado en el municipio de Bojacá mediante el Acuerdo 47 del 20 de noviembre de 2006, condición que en su momento se destacó no sólo por la importancia que reviste desde el punto de vista ecológico si no histórico (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2006). No obstante, no se ve en la actualidad ningún tipo de gestión ni ejecución del Plan de Manejo Ambiental del cual hace referencia el Artículo 5 del mencionado acuerdo, y por el contrario, el humedal está llegando a su “muerte” de manera prematura; si bien se conoce, que la evolución de los cuerpos de agua lenticos naturales y/o artificiales es “morir” por colmatación de su cubeta debido a los aportes alóctonos de materiales orgánicos e inorgánicos (sólidos) que recibe como producto de una de sus funciones ecológicas (regulador hídrico), la mayoría de éstos ecosistemas tanto a nivel internacional, nacional como regional se les está acelerando dicho proceso , tanto por los efectos del cambio climático como por las diversas actividades antrópicas que van desde la ampliación de la frontera agrícola hasta la desecación de estos sistemas para construcción de obras civiles y urbanas. Aunado a lo anterior, se percibe en el ambiente un desconocimiento total de la importancia del Humedal El Juncal por parte de la comunidad tanto académica como del común, salvo algunas personas de la tercera edad que lo conocieron cuando su belleza paisajística lo caracterizaba, razón por la cual se pretende ilustrar a la comunidad de la Institución Educativa Departamental Nuestra Señora de La Gracia de las afectaciones del cual está siendo objeto este importante ecosistema, patrimonio del municipio y del departamento, creando para ello estrategias pedagógicas que impulsen a la comunidad en el reconocimiento de su entorno, de su historia y de su responsabilidad con las futuras generaciones, enriqueciendo la percepción de una cultura de respeto hacia el ambiente y propiciar espacios de reflexión frente a los conflictos locales.

2 Marco teórico

2.1 Definición de humedal

El término de humedales se definió por primera vez en el mundo en el año 1971, durante la Convención Ramsar en Irán, según la cual:

“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”.

La Convención de Ramsar (2010), es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos; negociado durante la década de los años 60 por los países y organizaciones no gubernamentales, que se preocupaban por la creciente pérdida y degradación de los hábitats de humedales empleados por las aves acuáticas migratorias (principalmente), el tratado se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971 y entró en vigor en 1975. Es el único tratado global relativo al medio ambiente que se ocupa de un tipo de ecosistema en particular, y los países miembros de la Convención abarcan todas las regiones geográficas del planeta.

En Colombia la Convención Ramsar fue ratificada e integrada a la normatividad Nacional por medio de la Ley 357 del 21 de enero de 1997, produciéndose la adhesión protocolaria el 18 de junio de 1998 durante la reunión Panamericana de la Convención celebrada en Costa Rica y entrando en vigencia para el país a partir del 18 de octubre de 1998 (Abella, 2005).

2.1.1 Humedal urbano

Teniendo en cuenta el desarrollo normal de las ciudades y la fuerte presión sobre las zonas de reserva, Abella (2005) plantea el siguiente concepto de humedal Urbano: *“Ecosistema natural fuertemente transformado, rodeado por una matriz urbana en desarrollo y una problemática compleja de saneamiento ambiental y asentamientos urbanos, que han invadido sus rondas, deteriorando su funcionamiento y procesos ecológicos”*.

2.1.2 Importancia y función de los humedales

Los humedales representados en lagos, lagunas, embalses, ciénagas y pantanos, entre otros, tienen importancia ecológica en la medida que son zonas amortiguadoras de niveles de aguas altas y lugares de refugio ecológico transitorio de especies migratorias y de alta productividad biológica (Convención de Ramsar,

2010). De igual forma se le han reconocido otros aspectos de relevancia como proveer una serie de servicios ecosistémicos, dos de los más importantes están relacionados con el bienestar humano como la disponibilidad de agua y el recurso hidrobiológico (pesquero). Las pesquerías de la parte continental son de particular importancia en los países en desarrollo, y son, en muchos casos, la fuente primaria de proteína animal a la que tienen acceso las comunidades rurales.

Otros servicios derivados de los humedales corresponden a la purificación de agua y detoxificación de desechos, regulación climática y mitigación del cambio climático (Convención de Ramsar, 2010) y albergar una gran diversidad de especies, representadas en una flora y fauna relativamente restringida y especializada a estos espacios ecosistémicos. Dentro de la fauna se destaca como lugares de paso de la avifauna migratoria. Adicionalmente, se destacan por la unicidad de algunos sistemas de humedales, debida al marcado endemismo de algunos elementos de la biota, que los convierte en escenarios irremplazables en términos de sus atributos biológicos (Naranjo, Andrade, & Ponce de León, 1999).

En 2005, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) planteó un avance conceptual importante al identificar la relación de las dimensiones del bienestar humano y los ecosistemas del entorno. Su enfoque considera el término "bienestar humano" como una aproximación más cercana al arte de vivir bien e involucra componentes, tanto materiales como inmateriales, agrupados en cinco dimensiones principales: seguridad y estabilidad de vida, salud, necesidades materiales básicas, buenas relaciones sociales, y libertad de acción y elección.

Funciones de los humedales

Los humedales pueden servir como estructuras de protección natural (barreras) frente a fenómenos climáticos (inundaciones, tormentas), preservando, así, la integridad de las comunidades relacionadas con ellos. En cuanto a la salud, los humedales en buen estado disminuyen la contaminación ambiental y pueden prevenir enfermedades; adicionalmente, los humedales garantizan la principal fuente de proteína de las personas a través de la pesca. Este importante rol en la nutrición contribuye a su buen estado de salud. En lo referente a las necesidades materiales básicas, las comunidades obtienen materiales fundamentales de los humedales y sobre ellos basan su forma de vida. Algunos de los beneficios son el agua para consumo, fibras vegetales y madera. En cuanto a las buenas relaciones sociales; los humedales agrupan a la gente mediante actividades como los paseos de olla o el turismo ecológico. De esta manera, se fortalecen los lazos entre quienes las practican y contribuyen a su bienestar mental y emocional. En lo referente a la libertad de elección y acción. El carácter de bienes comunes les ha permitido a las comunidades desarrollar mecanismos de gestión comunitaria para el uso y el control de sus recursos, facilitando, así, la gobernanza y los mecanismos de participación (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016).

Al hablar de bienestar humano, pocas veces se ha señalado la relación que existe entre la salud de un ecosistema y la de las comunidades humanas. Los humedales, en especial, se caracterizan por favorecer esta dimensión del bienestar al disminuir el riesgo de múltiples enfermedades transmitidas por insectos (como el chikunguña o el zika), tratar aguas contaminadas por la industria y estabilizar el clima. Asimismo, actividades fomentadas alrededor de estos ecosistemas, como el turismo o la recreación, tienen un peso importante en el bienestar psicológico de las personas. Las complejas relaciones que se dan entre los ecosistemas y la sociedad constituyen los llamados sistemas socio ecológicos. En ellos, el medio natural puede proveer energía, materia e información que aprovecha la sociedad para su bienestar. Las capacidades del ecosistema para beneficiar a una población se denominan funciones ecosistémicas (FE) y son inherentes, es decir, no dependen del reconocimiento o del aprovechamiento de otros. Existen cuatro tipos de funciones: de regulación, de hábitat, de producción y de información.

Servicios de los humedales

En el marco de esta retroalimentación socio ecológica, las funciones dan lugar a varios servicios ecosistémicos (SE) potenciales, que se hacen reales tan pronto un usuario hace uso de ellos, ya sea de forma directa o indirecta. En todo servicio se pueden identificar dos partes: un sistema generador, que en este caso sería el humedal y los beneficiarios. Estos beneficios que se derivan de la biodiversidad son indispensables para garantizar el bienestar de las poblaciones humanas.

Se han determinado tres tipos de servicios: de abastecimiento (se generan cuando el humedal provee recursos para la subsistencia); de regulación (se expresan en el control que ejerce el humedal sobre variables ambientales); y culturales (están relacionados principalmente con la dinámica social de una población con respecto al humedal). Asimismo, actividades fomentadas alrededor de estos ecosistemas, como el turismo o la recreación, tienen un peso importante en el bienestar psicológico de las personas, a partir del cual la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) ha destacado la importancia de integrar el valor de los servicios de los ecosistemas en la toma de decisiones.

2.1.3 Servicios de abastecimiento

Agua dulce: Almacenamiento y abastecimiento de agua para consumo doméstico. Materias primas de origen biológico. Aprovechamiento de troncos, fibras entre otros.

Acervo genético. Mantenimiento de la diversidad genética de especies, razas y variedades de vegetación y animales.

Medicinas naturales. Extracción de esencias naturales para la industria farmacéutica

2.1.4 Servicios de regulación

Regulación climática. Influye y regula la temperatura, precipitación y otros procesos climáticos.

Purificación del aire. Retención de gases o de partículas contaminantes del aire.

Regulación hídrica y depuración del agua. Recarga y descarga de aguas subterráneas y superficiales.

Control de la erosión. Almacenaje, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes.

Fertilidad del suelo. Mantenimiento de la humedad y de los nutrientes en el suelo.

Control biológico. Regulación de plagas y de vectores patógenos de humanos, cosechas y ganado.

Polinización. Transferencia de polen por parte de insectos, aves u otros organismos.

Mantenimiento de hábitat para especies singulares. Conservación del espacio físico para que las especies desarrollen su ciclo de vida.

2.1.5 Servicios culturales

Educación ambiental. Formación sobre los ecosistemas como proveedores de servicios.

Conocimiento científico. Los ecosistemas permiten la experimentación y el desarrollo del conocimiento.

Conocimiento ecológico local. Prácticas, costumbres y valores ecológicos que se transmiten generacionalmente.

Identidad cultural y sentido de pertenencia. Apropiación de un lugar determinado por parte de poblaciones humanas.

Disfrute espiritual y estético. Fuente de inspiración y valores espirituales, religiosos, relacionados con aspectos de los ecosistemas de los humedales.

Actividades recreativas y turismo de naturaleza. Actividades lúdicas en la naturaleza que proporcionan bienestar (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016).

2.2 Afectación de los humedales en Colombia

Las transformaciones sobre los ecosistemas de humedal han generado cambios en las dinámicas del ciclo hidrológico, que influyen a su vez en las relaciones sociales, institucionales, culturales y simbólicas entre los usuarios del agua. Las alteraciones localizadas sobre el humedal pueden afectar la calidad del agua, su estructura física y la de las comunidades bióticas que lo habitan. Estas transformaciones varían según el tipo de humedal y la frecuencia e intensidad de la presión. Los daños puntuales que se dan en diferentes lugares de la cuenca tienen efectos específicos que se acumulan a lo largo de ella y magnifican sus consecuencias. La suma de estas modificaciones altera los procesos ecosistémicos a diferentes escalas y la conectividad de la cuenca.

Los humedales de la Sabana de Bogotá, son considerados como ecosistemas estratégicos, que prestan bienes y servicios ambientales, tales como: la regulación climática, la depuración hídrica, control de erosión; además, prestan servicios culturales considerados beneficios intangibles de los ecosistemas, como el turismo, la recreación y el disfrute espiritual; y, servicios de soporte y hábitat o funciones ecológicas que subyacen a la generación de todos los demás servicios (Gómez Baggethun, 2013).

El estudio de calidad del agua de un humedal está en sincronía con las propuestas de acción, que se plasmaron como resultado de la Conferencia Río +20, El Futuro Que Queremos, donde se reconoce la necesidad de incorporar a los estudios ecológicos las miradas del desarrollo sostenible, integrando sus aspectos económicos, sociales y ambientales.

Dentro de los Factores naturales de afectación se encuentran:

- Sedimentación y desecación por avalanchas, deslizamiento de tierras, las tormentas y vendavales.
- Actividad volcánica.
- Inundaciones tanto estacionales como ocasionales.
- Procesos de eutrofización y acidificación.
- Invasión de especies que atraviesan barreras biogeografías.

Factores antrópicos

Las transformaciones sobre los ecosistemas de humedal han generado cambios en las dinámicas del ciclo hidrológico, que influyen a su vez en las relaciones sociales, institucionales, culturales y simbólicas entre los usuarios del

agua. Las alteraciones localizadas sobre el humedal pueden afectar la calidad del agua, su estructura física y la de las comunidades bióticas que lo habitan. Estas transformaciones varían según el tipo de humedal y la frecuencia e intensidad de la presión. Los daños puntuales que se dan en diferentes lugares de la cuenca tienen efectos específicos que se acumulan a lo largo de ella y magnifican sus consecuencias. La suma de estas modificaciones altera los procesos ecosistémicos a diferentes escalas y la conectividad de la cuenca. La mitigación de impactos sobre el ciclo hidrosocial debe abordarse desde una perspectiva integral de paisaje, entendiéndolos de manera puntual, pero considerando también su efecto acumulado en la cuenca. La caracterización de los mismos debe basarse en un enfoque socio ecológico, que permita entender sus causas, efectos y relación, los factores que los afectan estos son:

- Reclamación de tierras con fines agrícolas o ganaderos. Implica la apropiación de espacios públicos y la expedición de títulos de propiedad, previa alteración de los niveles de agua o desplazamiento de los límites.
- Modificación completa de regímenes hidráulicos y Reclamación del espacio físico del humedal.
- Introducción o trasplante de especies invasoras: cambia la estructura de las comunidades biológicas, lo cual puede conllevar eventualmente a cambios en las funciones ecológicas y los valores de los humedales.
- Control de inundaciones: cambian los ciclos hidrológicos en el humedal (caudal, pulso, ritmo y frecuencia) produciendo alteraciones en los ciclos biogeoquímicos y biológicos.
- Contaminación: cambios en la calidad de las aguas (química o por cargas de sólidos), lo cual desencadena cambios biológicos.
- Canalizaciones: alteraciones de los flujos superficiales de agua en los humedales, y su conducción a los cauces principales o secundarios, alterando la topografía y el régimen hídrico del humedal.
- Urbanización. En una alteración severa de humedales por el desarrollo urbano, industrial y de infraestructura de recreación. En muchas ocasiones se presenta sin la afectación total del espacio físico del humedal.
- Remoción de sedimentos o vegetación. Puede ocasionar cambios severos en el funcionamiento hidrológico y biológico de los humedales.
- Sobreexplotación de recursos biológicos. Se produce por el exceso de uso de especies de fauna mediante la caza o la pesca, la recolección de nidos, la extracción de materiales para usos domésticos, industrial, locales (artesanías) o para el autoconsumo (leña o materiales de construcción).

Represamiento o inundación permanente: cambia la estructura y funcionamiento del humedal, produciéndose nuevos procesos ecológicos (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016).

2.3 Calidad del agua

La calidad del agua de un sistema hídrico ya sea lotico y/o lentico depende de las características geomorfológicas, geológicas y litológicas de la región, lo cual condiciona las propiedades fisicoquímicas y el uso que se pueda dar al recurso (Sierra Ramírez, 2011).

2.3.1 Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua

Los parámetros fisicoquímicos de un cuerpo de agua se pueden encontrar en constante y permanente cambio en el tiempo y en espacio dependiendo de las condiciones de la cuenca y geomorfología de la región; estos cambios pueden ser de dos tipos ya sea antrópico y/o natural. Aunado a lo anterior, cabe resaltar que estas variaciones pueden ser mayores acorde con los períodos pluviométricos propios de la región.

En ese orden de ideas, los parámetros fisicoquímicos de mayor importancia en la determinación de la calidad de los cuerpos de agua y considerados en el presente estudio son:

2.3.2 Turbiedad (expresada en NTU)

Se relaciona con la dificultad del agua para transmitir la luz debido a la presencia de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos e incluso microorganismos, que se presentan principalmente en aguas superficiales (Romero (2012) & Sierra Ramírez (2011)). El aporte a un cuerpo de agua de vertimientos con altas concentraciones de sólidos en suspensión, coloidales o finos, aumenta la turbiedad, ocasionando la disminución de la transparencia, lo que impide penetración de la luz, disminuyendo la productividad del sistema y como consecuencia de ello, los niveles de oxígeno producto de la fotosíntesis (Roldán & Ramírez, 2008).

2.3.3 Conductividad eléctrica (expresada $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad y es un indicador de la presencia de iones disueltos, que pueden ser cationes como sodio, potasio, calcio, magnesio, o bien aniones como carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros principalmente (Romero (2012) & Sierra Ramírez (2011)). Se debe a la presencia de una base, un ácido o una sal, dissociada en iones. La conductividad y la dureza son parámetros cuyos valores están relacionados y reflejan el grado de mineralización de las aguas y su productividad potencial. Un aumento en la conductividad de las aguas naturales afecta la productividad de los ecosistemas y la distribución de los organismos, puesto que ellos deben osmoregular en los medios con altos niveles de conductividad y/o salinidad (Wetzel (1981) & Roldán & Ramírez (2008)).

2.3.4 pH (expresado en unidades de pH)

El pH expresa la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución. El pH de un agua natural depende de la concentración de CO_2 , y de las características de los suelos que atraviesa, por lo que el pH alcalino indica que los suelos son calizos y el pH ácido que son silíceos. En condiciones naturales, los valores de pH entre 5 y 9 permiten condiciones de tolerancia para el sostenimiento de las especies acuáticas. Por efecto de vertimientos ácidos, con $\text{pH} < 6$, se ocasiona la disolución de los metales pesados presentes en el agua y con pH alcalino, $\text{pH} > 9$, se precipitan (Sierra (2011) & Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009)).

2.3.5 Sólidos (Expresado mg/L)

Los sólidos presentes en aguas en los cuerpos de agua en general corresponden a los contenidos de Sólidos Totales (ST), Sólidos Disueltos (SD) y Sólidos Suspendidos (SS). Se refieren al material remanente luego de la evaporación y secado a 105°C . Cuando se tienen altas concentraciones de sólidos en la columna de agua se presentan efectos como interferencia con la penetración de la luz, disminución del oxígeno disuelto y alteración del desarrollo de la vida acuática (Sierra (2011) & Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009)).

Los *sólidos disueltos* corresponden a los iones solubles en el agua incluyendo cloruros, magnesio, calcio, potasio, sulfatos, sodio, entre otros. Los valores elevados se relacionan con alta concentración de sales minerales en la columna de agua, que afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano, ya que pueden ocasionar reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores. Los *sólidos suspendidos* corresponden a arcillas, limos y materia orgánica finamente dividida, que se relacionan directamente con la turbiedad del agua (Sierra (2011) & Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009)).

2.3.6 Alcalinidad (expresada mg/L CaCO_3 /L)

Se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, y está muy relacionada con el pH. De igual forma, la alcalinidad es una medida de la cantidad de iones bicarbonato y carbonato presentes en el agua, y, por lo tanto, una manera de conocer el funcionamiento y metabolismo de un ecosistema acuático. La alcalinidad mide indirectamente los cationes que están químicamente unidos a los carbonatos y demás aniones que tiene que ver con la acción buffer en el agua. Su importancia ecológica radica en que sistemas con valores $< 75 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ son pocos productivos y con baja capacidad amortiguadora, y con valores $> 150 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ son altamente productivos y capaces de soportar descargas por su comportamiento buffer (Cole (1988); Roldán & Ramírez (2008)).

2.3.7 Compuestos del Azufre

El azufre se presenta en los ecosistemas acuáticos en los estadios correspondientes al ciclo biogeoquímico. Los productos de desecho y muerte de los seres vivos son degradados, produciéndose hidrógeno sulfurado y azufre, a partir de los cuales se vuelve a formar sulfato, iniciándose otra vez el ciclo. **Sulfuros** (S^{2-}), pueden estar presentes en aguas superficiales que reciben vertimientos con altos contenidos de materia orgánica. El H_2S , es un gas muy insoluble en el agua, produce olor a huevos podridos y las aguas que contengan este contaminante son tóxicas a pH ácido, incluso para las bacterias. **Sulfatos**: El

ión SO_4^{2-} contribuye a la salinidad de las aguas, se encuentra en la mayoría de las aguas naturales, en concentraciones de 2 a 150 ppm. Las concentraciones de sulfatos mayores a 200 ppm limitan el uso para consumo humano, ya que ocasionan molestias en la salud. Los vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas ocasionan el incremento de la concentración de sulfatos en las aguas naturales (Cole (1988)).

2.3.8 Compuestos del nitrógeno

El nitrógeno inorgánico no gaseoso se halla en forma de nitratos, nitritos y amonio.

Nitrógeno amoniacal (NH_3): no debe estar presente en aguas superficiales bien aireadas y la presencia de amoníaco libre o ion amonio (NH_4^+) se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Según Sierra (2011), la descarga de este parámetro en agua puede reducir los niveles de oxígeno disuelto en especial cuando sus tiempos de residencia son altos.

Nitritos (NO_2): aparecen en el agua tanto por la oxidación del amoníaco, como por la reducción de los nitratos. Su presencia se debe a contaminación reciente. Su presencia limita el uso del agua para consumo humano, indica polución, con la consecuente aparición de organismos patógenos (Sierra Ramírez, 2011).

Nitratos (NO_3): pueden provenir de las rocas que los contengan o bien por oxidación bacteriana de la materia orgánica, principalmente de las eliminadas por los animales. La concentración aumenta en las aguas superficiales por el uso de fertilizantes y vertimientos de aguas residuales domésticas. El aumento en la concentración de nitratos en los cuerpos de agua naturales puede causar metahemoglobina (Color azul de la piel) en los niños alimentados con leche preparada por la reducción de los nitratos a nitritos (Sierra Ramírez, 2011).

2.3.9 Compuestos del fósforo

El fósforo disuelto en el agua puede proceder de la disolución de rocas fosfatadas, por la mineralización de la materia orgánica, que retorna al medio el fósforo inorgánico a través de los procesos de descomposición microbiana, del lavado en los suelos, escorrentía agrícola y ganadera y vertimientos de aguas residuales domésticas. El fósforo se encuentra en el agua como fósforo orgánico o inorgánico, disuelto o en suspensión. Los fosfatos favorecen la eutrofización, lo cual trae como consecuencia el aumento en el medio de materias orgánicas, bacterias heterótrofas, que modifican el carácter fisicoquímico del agua, y disminuyen el oxígeno disuelto presente en el agua (Roldán & Ramírez, 2008).

Eutroficación: Se define como el enriquecimiento del medio acuático con nutrientes, ocasionando el crecimiento excesivo de macrófitas acuáticas y/o fitoplancton. Aunque existen discrepancias en la literatura acerca de los valores de fósforo (P) que indican eutrofización, en términos generales se acepta que concentraciones superiores a 0.02 mg/L de fósforo indican condiciones de eutrofia.

El curso natural de los cauces de agua, especialmente aquellos que son más o menos cerrados como lagos, embalses, estuarios, sistemas costeros, experimentan una serie de ciclos en su estado trófico que corresponden a lo siguiente:

Oligotrófico: baja concentración de nutrientes limitantes nitrógeno y fósforo (N/P), asociado con baja producción de algas (Sierra Ramírez, 2011).

Mesotrófico: los seres vivos presentes en el agua y sus alrededores, al morir, aportan el N y P de sus organismos, y permiten así el crecimiento moderado de algas. Este crecimiento provoca un mayor desarrollo en general de los seres vivos en el medio. De esta forma el aporte por la desaparición de seres vivos de C, N y P va siendo cada vez más importante. Se genera en el fondo de los cauces una capa de sedimentos orgánicos procedente de la muerte de los seres vivos (Roldán & Ramírez, 2008).

Eutrófico: los niveles de nutrientes son elevados de modo que hay un crecimiento notable de algas y una mayor capa de sedimentos. La evolución de un sistema eutrófico es hacia la formación de zonas húmedas, y desaparición de los cauces o embalses de agua. El grado de eutrofización de un sistema se puede conocer a través de la medición del N y P en el agua o a través del contenido en clorofila de la misma (Roldán & Ramírez, 2008).

Esta evolución ocurre de modo natural durante periodos de cientos o miles de años. Sin embargo, puede verse acelerada por el continuo aporte de nutrientes (principalmente de N y P) por parte del hombre y sus actividades. La dinámica del fósforo depende del ciclo interno desde los sedimentos, pero principalmente por el

aumento del aporte de compuestos fosforados determinados por las características geológicas de la cuenca, contenidos de minerales y nutrientes, procesos erosivos, tipo de vegetación existente, descargas de aguas residuales domésticas e industriales, escorrentía agrícola y ganadera. Por su parte, el contenido de nitrógeno depende básicamente de procesos endógenos ligados a la actividad bacteriana, la descomposición de la materia orgánica y los procedentes del sedimento (Donato, González, & Rodríguez, 1996).

2.3.10 Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO es la cantidad de oxígeno consumida por las materias existentes en el agua, oxidables en unas condiciones determinadas. Es la medida del material oxidable, cualquiera sea su origen, biodegradable y no biodegradable. El vertimiento de aguas residuales domésticas o industriales incrementa el contenido de materia orgánica en el agua, con el consecuente aumento de la DQO y la disminución del oxígeno disuelto. Las aguas residuales domésticas normalmente contienen entre 250 y 600 ppm de DQO (Sierra Ramírez, 2011).

2.3.11 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La DBO es un bioensayo que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios. El aumento de la DBO, al igual que la DQO ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. En aguas naturales los valores de DBO mayores de 6 ppm indican contaminación (Ramírez y Viña 1998). En concentraciones elevada de materia orgánica los niveles de oxígeno tienden a la disminución llegando a condiciones anóxicas limitando la vida acuática además de la disponibilidad del recurso para sus distintos usos (Sierra Ramírez, 2011).

Relación DBO₅ y DQO

La relación entre la DBO₅ y la DQO da una idea de la naturaleza de los contaminantes orgánicos existentes en el agua, de acuerdo con los siguientes valores (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayete, 2005):

DBO₅/DQO < 0,2 indica la presencia predominante de contaminantes de naturaleza orgánica no biodegradable.

DBO₅/DQO > 0,6 señala indica la presencia predominante de contaminantes de naturaleza orgánica biodegradable.

La DQO de las aguas superficiales destinadas a abastecimientos debe ser menor a 30 mgO₂ /L (Romero J. A., 2005). En las aguas potables, el límite tolerable de DQO es 5 ppm de O₂. (Ardila, 2010).

2.3.12 Aceites y grasas

Son compuestos inmiscibles con el agua, que a temperatura ambiente son generalmente líquidos (aceites) aunque a bajas temperaturas se pueden solidificar (grasas). Tienen una menor densidad que el agua por lo que flotan sobre ella produciendo películas que dificultan la difusión del oxígeno desde la atmósfera, dificultando el desarrollo de la vida en el agua (Romero J. A., 2005).

2.3.13 Cloruros

Es una de las especies de cloro de importancia en aguas y aparecen en todas las aguas naturales a diferentes concentraciones, y es menor generalmente que los iones bicarbonatos y sulfatos. Gracias al poder disolvente del agua los cloruros pueden incorporarse a la columna de agua proveniente de la capa vegetal y de las formaciones más profundas. La presencia de altas concentraciones de cloruros en las aguas superficiales puede deberse a descargas de aguas residuales domésticas (Romero J. A., 2005).

2.3.14 Dureza

Es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor. Además, le da un sabor indeseable al agua potable. Grandes cantidades de dureza son indeseables por razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso apropiado para las industrias de bebidas, lavanderías, acabados metálicos, teñido y textiles (Romero J. , 1999).

Tabla 1. Clasificación del agua según dureza total

Dureza (CaCO₃) mg/L	Definición
0 – 75	Agua Suave
75 – 150	Agua poco dura
150 – 300	Agua Dura
> 300	Agua muy dura

Fuente: Roldán & Ramírez (2008).

La mayoría de los suministros de agua tienen un promedio de 250 mg/L de dureza. Niveles superiores a 500 mg/L son indeseables para uso doméstico. La dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente (Roldán & Ramírez, 2008).

2.3.15 Carbono Orgánico Total (COT) – (Expresado en mgCaCO₃/L)

Este parámetro es el más conveniente y directo para determinar la cantidad total de materia orgánica presente en el agua. Con sus resultados se pueden establecer relaciones con la DBO, DQO y por tanto obtener conclusiones sobre su consistencia o no (Sierra Ramírez, 2011).

2.4 Marco legal

La Convención Ramsar es el instrumento más idóneo para la conservación y protección nacional e internacional de los humedales, contando actualmente con 160 Partes Contratantes o Estados miembros, con 1970 sitios designados y con una superficie total de 190.737.829 hectáreas.

En el marco de las competencias del Ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT) hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en el año 2001 se formuló la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia, esta política propone metas orientadas al ordenamiento ambiental territorial para los humedales interiores y la inclusión de criterios ambientales en todos los procesos de planificación de la tierra y uso de los recursos naturales que afecten la integridad ecológica de estos ecosistemas.

Se presenta un resumen de la normatividad ambiental en Colombia, referente a los humedales.

- Convención RAMSAR, 1971 Comunidad Internacional: Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.
- Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título 1 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 físicos-químicos son: Preservación de Flora y Fauna, agrícola, pecuario y recreativo. El recurso de agua comprende las superficies subterráneas, marinas y estuarinas, incluidas las aguas servidas. Se encuentran definidos los usos del agua así: a) Consumo humano y doméstico b) Preservación de flora y fauna c) Agrícola d) Pecuario e) Recreativo f) Industrial g) Transporte.
- Ley 357 de 1997 Congreso de Colombia: 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).
- Resolución N° 157 de 2004 MAVDT: Por la cual se reglamenta el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales, y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la convención RAMSAR.

- Resolución 301 de 2010 Comité Nacional de Humedales – CNH: Por el cual se crea el comité Nacional de Humedales.
- Decreto 3930 de 2010, el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 631 de 2015, en el cual se reglamenta los valores máximos permisibles para el vertimiento de aguas residuales sobre cuerpos de aguas naturales para diferentes actividades productivas del país.

3 Estado del arte

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM o MEA por su sigla en inglés) publicó en el 2005 un informe sobre el estado actual de los humedales a nivel mundial; la problemática de todos ellos lamentablemente es general, siendo en algunos casos más crítica la situación para los ambientes continentales. A continuación, se mencionan algunos de los aspectos de dicho informe: - Degradación y desaparición de los humedales más rápida que la experimentada por otros ecosistemas. - El estado de las especies asociadas directa o indirectamente con ellos presenta un mayor deterioro que el de aquellas presentes en otros ecosistemas. - Los principales generadores de este fenómeno han sido el crecimiento de la población y el creciente desarrollo económico que causan la proliferación de infraestructuras ligadas al desarrollo que interfieren o cambian la dinámica natural del hábitat. - Los cambios en el uso del suelo, ya sea para urbanización, agricultura, extracción de agua que en algunos casos es abusiva y excede las capacidades del humedal. - Eutrofización, contaminación, sobreexplotación de las especies de fauna y la introducción de especies exóticas invasoras, entre otros factores. - Aumento en las concentraciones de nitrógeno, fósforo, azufre y otros contaminantes asociados a los nutrientes, se ha convertido en uno de los principales y más graves generadores de cambio en los humedales. Esto ha provocado eventos como la acidificación de ecosistemas de agua dulce y la proliferación de algas que en algunos casos son tóxicas y han causado intoxicación y muerte de grandes y pequeños animales, así como mortandades de peces debido a hipoxia o anoxia (baja concentración o ausencia de oxígeno disuelto).

Sobre los humedales existen un sinnúmero de publicaciones, que van desde estudios ecológicos hasta aquellos que determinan sus grados de conectividad con otros sistemas acuáticos, sin embargo, aquí se condensan algunos estudios concernientes a la temática del trabajo. A nivel mundial están relacionados con el estudio de contaminación de humedales urbanos, rurales y semi urbanos, por efectos antrópicos como los vertimientos, actividades agrícolas o pecuarias realizadas por intervención del hombre, implicando una afectación en el estado natural de estos cuerpos de agua. Se encuentran centrados principalmente en Europa, Sur América y México, investigaciones como (Romero Aravena & Smith Guerra, 2009) sobre los efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales. Mediante análisis y procesamiento digital de imágenes de satélite se evaluaron algunas características ambientales seleccionadas de los humedales, observando que la urbanización generó una reducción del 40% de la superficie que se poseía en el año 1975, coberturas vegetales reemplazadas por suelo urbano. Se encontró un importante estudio de (Guido Zarate & Durán Bazúa (2008)) remoción de contaminantes en

un sistema modelo de humedales artificiales a escala de laboratorio. Los humedales contruidos (HC) o humedales artificiales (HA) representan una opción alternativa para los problemas que encaran los países con economías emergentes como México, desde el punto de vista económico y tecnológico, pues son sistemas de tratamiento en los que, a través de procesos físicos, químicos y biológicos se logra la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales, para luego ser tratadas para uso agrícola o industrial.

Estudios en Sur América sobre los efectos de la agriculturización del Humedal Pampeano y la eutrofización de sus lagunas (Quirós, y otros, 2006). Las actividades agropecuarias han sido y son el principal factor modificador del pastizal y humedal de las Pampas, han sufrido importantes cambios a través de la erosión de suelos y sedimentación en el humedal, regulación de arroyos, canalizaciones y desecamiento de tierras anegadizas, urbanización, y culminando con la eutrofización de las aguas de superficie. En Sur América se encontró la relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile (Villagrán Mella, Aguayo, Parra, & González, 2006).

No obstante, la importancia de los humedales a nivel mundial, casi la mitad de ellos ha desaparecido en el último siglo debido al proceso de desarrollo urbano. En Chile, la diversidad bioclimática genera una gran variedad de ambientes acuáticos. Estos ecosistemas también han sido expuestos a fuertes presiones antrópicas, debido al proceso de urbanización. En algunos estudios de impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales realizados en España cuyo país posee la mayor diversidad de sistemas acuáticos continentales de Europa; con 49 humedales incluidos en la lista del Convenio Ramsar; donde se estima que el cambio climático hará que parte de los EACE pasen de ser permanentes a estacionales; algunos desaparecerán (Álvarez Cobelas, Catalán, & García, 2005). La biodiversidad de muchos de ellos se reducirá y sus ciclos biogeoquímicos se verán alterados. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica (Romero Aguilar, Colín Cruz, Sánchez Salinas, & Ortiz Hernández, 2009), se realizó el tratamiento de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es importante disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente, lo que permitirá una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida. Los humedales artificiales son una alternativa de tratamiento debido a su alta eficiencia de remoción de contaminantes y a su bajo costo de instalación y mantenimiento.

A nivel nacional, específicamente en Bogotá, se encontraron estudios como la evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá (Pulido López & Pinilla Agudelo, 2017), el Distrito Capital de Bogotá cuenta con 15 humedales reconocidos como parte del sistema de áreas protegidas de la ciudad, la mayoría de los cuales se encuentran seriamente afectados debido a la presión ejercida por el acelerado crecimiento urbano. A

diferencia de los otros sistemas del mismo tipo, el humedal El Salitre, recientemente declarado como Parque Ecológico Distrital de Humedal, no se ha visto afectado por vertimientos de aguas residuales. Se determinó el estado trófico de dicho humedal a partir de la concentración de nutrientes y clorofila fitoplanctónica, el cálculo de los índices del estado trófico y la composición taxonómica del fitoplancton. El nutriente limitante fue el nitrógeno. El humedal El Salitre presentó condiciones de oligotrofia a mesotrofia en los dos periodos climáticos durante los cuales se estudió. Los resultados sugieren que este humedal podría servir como sistema de referencia para los demás humedales de Bogotá.

Por otra parte, apropiación y sensibilización ambiental con la comunidad aledaña al humedal la conejera, a partir del reconocimiento de los organismos que conforman el fitoplancton y zooplancton (Acosta Parra & Chivatá Bedoya, 2016). Los humedales de Bogotá D.C. han sido fuertemente transformados por actividades antrópicas, asociadas al crecimiento demográfico y a la expansión urbana, generando consigo impactos ambientales negativos asociados principalmente a la transformación de los suelos, desecación de los cuerpos de agua, generación de residuos sólidos y vertimientos de origen doméstico e industrial. Con el fin de comprender las características, procesos naturales, aspectos e impactos ambientales y la importancia de involucrar a la comunidad en procesos de investigación que permitan tomar acciones orientadas a recuperar, proteger y dar manejo a estos ecosistemas, se seleccionó como herramienta de apropiación y sensibilización ambiental, el reconocimiento de los organismos que conforman el fitoplancton y zooplancton del Humedal La Conejera abordada desde la Investigación Acción IA. Se observó un estado de eutrofización o alta polución orgánica para el tercio alto del humedal, y estado oligotrófico o de baja polución orgánica para el tercio medio y bajo del mismo. La construcción de este tipo de conocimiento con la comunidad, permite transformar su visión y prácticas frente a la conservación de los humedales, así como a organizarse y movilizarse en torno a la defensa del territorio, siendo protagonista la relación armónica que se establece con el ambiente.

De la misma forma Prototipo de medición de parámetros fisicoquímicos para determinar la relación entre indicadores biológicos y calidad del agua en el humedal Santa María del Lago (Rodríguez Casas & Pérez Rueda, 2016), se desarrolló un prototipo de medición de parámetros fisicoquímicos alimentado con energía solar para determinar correlación estadística de Sperman entre algunos indicadores biológicos y de calidad del agua en el humedal Santa María del Lago en Bogotá. Estas variables son determinadas por sensores análogos y digitales e interpretados a través de la plataforma de hardware libre arduino, para posteriormente ser procesadas y almacenadas en una memoria SD para que puedan ser consultadas por quien lo requiera. Nuevamente en el humedal la conejera otra clase de estudio como; la Determinación de la condición ambiental del humedal la conejera a partir del estudio de la materia orgánica (Madrid Soto &

Daza Ardila, 2015). Los humedales andinos son sistemas de alta complejidad ecológica funcional y estructural, caracterizados como áreas de inundación, donde la capa freática aflora en la superficie o en suelos de baja permeabilidad cubiertos por agua poco profunda. Ofrecen diversos tipos de bienes y servicios ecosistémicos y en el caso específico del Humedal La Conejera está íntimamente relacionados con las poblaciones humanas que se asientan en su ronda; como resultado de esta relación se ha visto afectado hasta casi perder todas sus funciones ecológicas; así pues, se pretende a través del estudio de los parámetros fisicoquímicos, en especial el análisis de la materia orgánica, evaluar la condición ambiental del mismo.

En el agua superficial se evaluaron las variables: profundidad, temperatura, transparencia, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza total, porcentaje de saturación de oxígeno y DQO; en sedimentos porcentaje de carbono orgánico, porcentaje de materia orgánica. Se encontró una heterogeneidad espacial en el humedal como repuesta a los procesos de recuperación ambiental, no obstante, el mismo se encuentra en un proceso de franco deterioro comprobado en los estados eutróficos y anóxicos de cuatro estaciones y apenas un leve incremento de OD, zona fótica y ampliación del espejo de agua en una pequeña área delimitada y sin acceso a visitantes.

Por otra parte, Evaluación de la calidad del agua del humedal de Santa María del Lago mediante el uso de índices biológicos y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales (Fierro Ortiz & Caballero Rodríguez, 2015). Este estudio planteó como objetivo evaluar la calidad del agua del humedal de Santa María del Lago mediante el uso de índices biológicos y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales, la metodología contempló tres muestreos (10, 17 y 24 de junio de 2014) hidrobiológicos y fisicoquímicos en cuatro puntos seleccionados, los cuales fueron: Entrada Humedal (EH), Salida Humedal (SH), Frente Administración (FA) e Intermedio Entrada-Salida (IES). Los resultados evidenciaron diferencias en composición y abundancia entre las comunidades hidrobiológicas y los atributos del hábitat representados en las variables fisicoquímicas (T°, pH, DBO, turbiedad entre otros) e hidrobiológicas (índices de Riqueza, Abundancia, Uniformidad, Diversidad, Predominio, Serie números de Hill, BMWP/Col.) consideradas. Con respecto a la caracterización fisicoquímica se encontró que los parámetros de Oxígeno disuelto, Coliformes Totales, Temperatura, y DBO5 se hallan en límites de calidad mala a muy mala, con valores promedio 4,6 mg/L O₂ para oxígeno disuelto, 35691,7 NMP/100ml para coliformes totales, 18,6 °C para temperatura y 11,3 mg/L O₂ para DBO5 siendo estos los parámetros responsables de que el índice de calidad de agua no alcance valores de excelente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que el Humedal Santa María del Lago se encuentra en un estado de mesotrofia a eutrofia, así mismo se concluye que la calidad del agua es mala en relación a lo obtenido en los ICA,

todo lo anterior mediante el análisis de bioindicación de cada una de las comunidades hidrobiológicas y los respectivos taxa más abundantes para cada caso.

Se han realizado investigaciones de la incidencia de la Educación Ambiental en la configuración de agentes políticos a partir de procesos de recuperación del humedal La Conejera, Localidad Suba, Bogotá D.C., (Pita Corredor, Niño Rocha, & Quiroz Manrique, 2015). Se inició desde 1993 un proceso de educación y participación comunitaria en contexto para la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales de este ecosistema. Algunos de los participantes en esos procesos, se han posicionado en diferentes escenarios de incidencia política en el Distrito Capital y otros continúan abanderando proyectos comunitarios a través de procesos de educación ambiental que posibilitaron el reconocimiento, apropiación e incidencia en la transformación de este territorio. Los participantes, realizaron acciones colectivas, independiente del formalismo cotidiano y otras circunstancias personales o públicas, con propuestas incidentes en la construcción y participación en agendas públicas y programas de gobierno, construyendo nuevos aprendizajes y conocimientos.

También se han realizado planes de recuperación de los humedales de Bogotá Caso Humedal Juan Amarillo (Bejarano Reyes, 2014), se basa en la creación de diferentes capas que corresponden a las necesidades de la ciudad y de la comunidad, creando diferentes espacios para la recuperación ambiental y la apropiación de las personas, generando conexiones peatonales, zonificaciones de recreación pasiva, recorridos ecológicos, aprendizaje, investigación, recuperación de Flora y Fauna del Humedal y la Estación de Investigación. La generación de espacios verdes circundantes al humedal, está caracterizado por vegetación nativa de los humedales Bogotanos, respetando la ronda hidráulica de 30m, ayudando a generar un pulmón verde para la ciudad.

Modelación del estado trófico del humedal de Jaboque (Beltrán Vargas & Rangel Churio, 2013), se construyó un modelo de simulación dinámica con la intención de explicar el comportamiento del fósforo total en el agua y su relación con el estado trófico del humedal de Jaboque. En los meses con mayores caudales (época de lluvias), la carga de fósforo disminuye en las tres secciones del humedal, mientras que en los meses con menores caudales (época de sequía), la misma se incrementa. En la sección uno (tercio alto) el valor del índice de estado trófico fue de 45,09 mg/m³ y el tiempo de retención hidráulica de 14 días/año. En la segunda sección (tercio medio) el valor del mencionado índice fue de 35,89 mg/m³ y el THR fue de 34 días/año. Finalmente, en la tercera sección (tercio bajo) los valores fueron 19,5 mg/m³ y 40 días/año respectivamente. Estos valores indican que la primera y segunda sección se encuentran en condiciones de eutrofia y la tercera de mesotrofia. El análisis de sensibilidad permitió estimar que con una carga de 0,62 mg/m³ de fósforo total se podrían mantener las condiciones de mesotrofia en la tercera sección y que para las dos primeras

secciones se debería reducir la carga hasta 0,2 mg/m³, para alcanzar un estado de mesotrofia. Valoración cualitativa del humedal de Torca por contaminación ambiental de residuos sólidos (Chaparro Rodríguez, 2007).

Los humedales de la Sabana de Bogotá han venido siendo afectados por comportamientos de origen antrópico tales como; descarga de contaminantes industriales a las fuentes hídricas que alimentan los humedales, la disposición de residuos y escombros en estas áreas con el fin de realizar proyectos de vivienda y de infraestructura, el desarrollo de actividades de agricultura y pastoreo generando depredación de la flora y fauna. Estas actividades son los principales factores de destrucción de los humedales de Bogotá incluidos Torca y Guaymaral los cuales han disminuido sus funciones de control de inundaciones, recarga de acuíferos, depuración de aguas, conservación y soporte de biodiversidad, educación y recreación, aumentando la retención de sedimentos y nutrientes los cuales son un factor para la eutrofización y posterior terrificación.

El proyecto de valoración del humedal de Torca se realiza bajo los lineamientos de la Política de Humedales y el Plan de Ordenamiento Territorial aplicando dos metodologías, una para la gestión socioambiental la cual se denomina Investigación Acción Participativa, la segunda metodología que se aplicó en el desarrollo del proyecto se nombra Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental de Fernandez Vitoria (1997), se recopiló información sobre la composición fitoplanctónica y las características físicas y químicas de 10 humedales del altiplano cundiboyacense a fin de determinar el estado ecológico en que se encuentran. En cada humedal se tomaron muestras de fitoplancton mediante muestreo directo a 50 cm de profundidad y se midieron variables físicas y químicas. Posteriormente en laboratorio, se realizó la identificación y cuantificación de las algas con el método del microscopio invertido y el uso de claves taxonómicas. Estos resultados biológicos y químicos indican una clara tendencia a la eutrofia y alta materia orgánica en estos cuerpos de agua.

4 Objetivos

Objetivo general

Determinar la calidad fisicoquímica del agua del Humedal El Juncal localizado en el municipio de Bojacá – Departamento de Cundinamarca.

Objetivos específicos

- Determinar las variables fisicoquímicas de mayor relevancia limnológica en el área de interés de acuerdo a las actividades desarrolladas en torno al humedal El Juncal.
- Comparar los resultados obtenidos de algunos de sus parámetros con la normatividad colombiana vigente (Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Salud y Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).
- Caracterizar la calidad del agua del Humedal el juncal utilizando los Índices de Contaminación ICOMI, ICOSUS e ICOTRO de Ramírez y Viña.
- Enriquecer la propuesta pedagógica Amigos del Humedal el Juncal, con el estudio de calidad del agua, proponiendo estrategias pedagógicas para estimular el empoderamiento y el sentido del respeto por el medio ambiente y su reconocimiento como ecosistema estratégico dentro de la básica primaria.

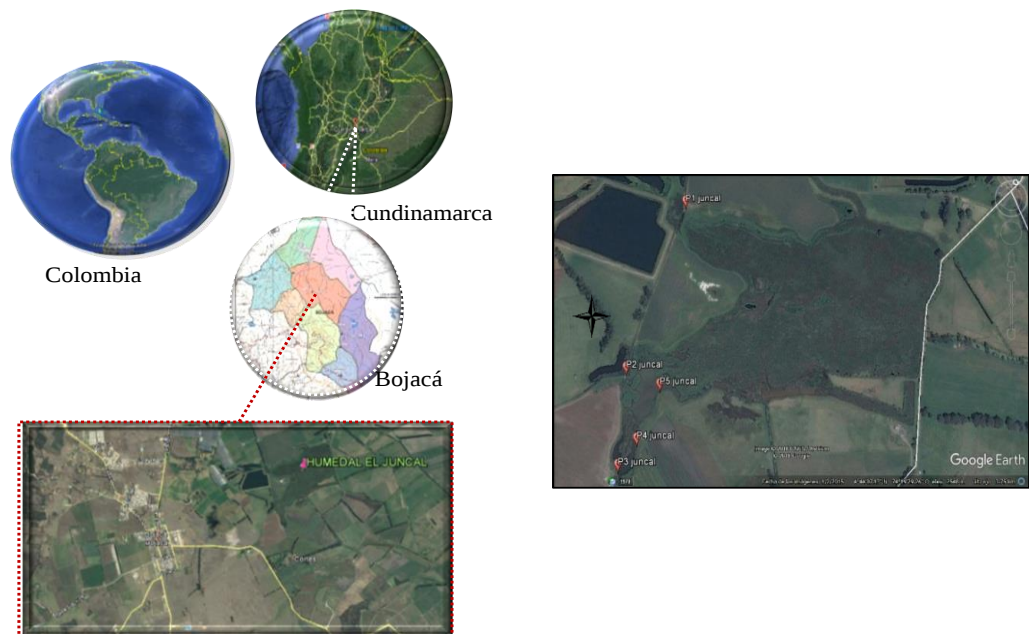
Metodología

5.1 Área de estudio

Este trabajo fue realizado en el Humedal El Juncal, el cual se encuentra ubicado en la vereda el Cortés, en el municipio de Bojacá, departamento de Cundinamarca - Colombia a 2598 m.s.n.m. (Figura 1) en predios privados, pertenecientes a la Familia Soto del Corral.

La humedad relativa presente es del 75% y precipitación media aproximada es de 94,5 mm/año y una máxima de 223 mm promedio, con una temperatura media de 13,4°C y régimen de precipitaciones con distribución bimodal, siendo los meses enero, febrero y julio los más secos (21, 55 y 56 mm, respectivamente), y los meses de abril, mayo, octubre y noviembre los de mayor precipitación (156, 145, 169 y 130 mm, respectivamente) - (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2016). El humedal cuenta con un área total de 500 hectáreas ((Alcaldía Municipal de Bojacá, 2005) & (Climate - Data, 2016)), alrededor de las cuales se identificó diversas actividades antrópicas como agricultura, floricultura, captación de aguas para riegos y vertimientos de aguas residuales domésticas.

Figura 1. Mapa de ubicación Humedal El Juncal



Fuente: elaboración propia.

Los puntos de muestreo se establecieron teniendo en cuenta la accesibilidad, características diferenciales con base en las actividades que se desarrollan alrededor del cuerpo de agua y otros que estuvieran un poco alejados de dichas intervenciones, con base en ello, se establecieron cinco puntos de muestreo, a los cuales se les asignó un código y un nombre (ver Tabla 2). Cabe destacar que no fue posible acceder al total del perímetro del humedal toda vez que se encuentra en predios privados y cuyos administradores no permitieron el acceso.

Tabla 2. Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas geográficas

Puntos de Muestreo	Nombre de los puntos de muestreo	Coordenadas Geográficas – Magna Sirgas Origen Bogotá	
		Latitud	Longitud
P1	Aguas de influencia Cultivo de Flores	4°44'14.5" N	74°19'42.6" O
P2	Descarga de agua residual acueducto municipal. PTAR	4°43'58.9" N	74°19'43.1" O
P3	Captación de Agua	4°43'51.24" N	74°19'41.00" O
P4	Caseta	4°43'53.7" N	74°19'40.1" O
P5	Punto macrofitas	4°43'58.5" N	74°19'39.6" O

Fuente: elaboración propia.

5.1.1 Aspectos físicos

Desde el punto de vista físico, el municipio de Bojacá se encuentra ubicado sobre depósitos Cuaternarios que incluyen Depósitos aluviales y la formación Sabana (Díaz Sánchez, 2008). Las formaciones geológicas que se hallan en y cerca del área de interés las constituyen:

- **Formación Guadalupe (kg):** esta cubre un área de 7217,9 Ha y se localiza en algunos sectores de todas las veredas del municipio salvo la vereda el Cortés donde se ubica el Humedal El Juncal.
- **Formación Tilatá (kg):** confirmada por una secuencia de arcillas, abigarradas (mixturas de colores distribuidos azarosamente), arenas y gravas y grises amarillentas. Se halla en parte de las veredas Cortés, Bobacé, Cubia, Barroblanco, Fute y San Antonio. Esta cubre un área de 2036 Ha.
- **Formación Sabana (Qs):** esta formación corresponde a depósitos lacustres paludables y marginales distribuidos en la planicie de Bogotá. En el interior de la Sabana la componen arcillas plásticas grises, arcillas turbosas, restos de maderas, rocas sedimentarias silíceas formada esencialmente por diatomeas (diatomitas) y arenas finas. Esta formación se halla en algunos sectores de las veredas Cortés y Barroblanco con un área de 939.9 Ha.

- **Depósitos Aluviales (Qa):** compuesto de arenas finas y sedimentos arcillosos. Se halla en la Vereda Chilcal con un área de 85 Ha.

Pisos térmicos

En cuanto a la ubicación del municipio de Bojacá con respecto a los pisos térmicos se puede decir que de acuerdo con la clasificación de Caldas Lang, este se localiza en el piso Frío seco y/o Frío Húmedo que ocurre a los 2000 y 3000 m.s.n.m, con zonas de precipitación media anual de 500 a 1000 mm., abarcando las veredas de Cortés, Barroblanco, gran parte de la vereda Bobacé, al sector oriental de Cubia y algunas de San Antonio y Fute, correspondiente al bosque seco Montano Bajo (bs-MB) – (Holdridge) (IDEAM, 2010).

Relieve

El relieve del municipio de Bojacá se caracteriza por presentar paisajes que corresponden a planicies de inundación, planicies fluviolacustre, laderas con influencia coluvial, laderas de dormas de montaña (Cerros de Arrayán, Balconcitos, Barroblanco, Laguna Blanca, Las Delicias y Santa Bárbara) con pendientes que oscilan entre 3 a 75% las cuales se expresan en hectáreas de la siguiente manera (Alcaldía Municipal de Bojacá, 2015).

- Plano o casi plano: 1746,8 Ha
- Ligeramente inclinado: 1428,6 Ha
- Moderadamente inclinado: 1429,4 Ha
- Fuertemente inclinado: 456,4 Ha
- Ligeramente escarpado: 404,2 Ha
- Escarpado: 4741,6 Ha
- Zona urbana: 71,75 Ha
- Cuerpos de agua: 55,3 Ha

5.2 Fase de campo

Para la toma de muestras en campo se siguieron los lineamientos y técnicas recomendadas en la guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – (IDEAM, 2010). La metodología de recolección de las muestras, registros de campo, cadenas de custodia, análisis “*In-situ*” y “*Ex situ*” preservación, almacenamiento, envío de las mismas y demás procedimientos de garantía y control de calidad en el trabajo de campo, se realizó de acuerdo con la planeación del muestreo y los protocolos aportados por el Laboratorio CIAN Ltda., acreditado por el IDEAM bajo las Resoluciones 2023 del 11 de Agosto de 2014 y 2428 del 9 de Octubre de 2013 (Anexo A). La toma de muestras, en todos los casos, se efectuó en forma manual y puntual, utilizando recipientes plásticos y de vidrio de

acuerdo al parámetro. Una vez tomadas las muestras de agua, se preservaron con los debidos reactivos que recomendó el laboratorio y cuyas instrucciones fueron consignadas en el plan de muestreo. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en neveras de plástico e iniciada la cadena de refrigeración, esto con el fin de evitar que sucedieran procesos metabólicos que alteraran los resultados de calidad de agua. Seguidamente se diligenció las cadenas de custodia (requisito indispensable para el ingreso de las muestras al laboratorio).

Para los análisis *Ex situ* los parámetros siguieron las técnicas de laboratorio acreditadas. Aceites y grasas por el método S.M. 5520 B Partición/Infrarrojo, Acidez por el método S.M. 2310B Titulométrico, Alcalinidad por el método S.M. 2320B Titulométrico, Carbono orgánico total por el método EPA Method 415.1 Combustión, Cloruros por el método S.M. 4500 CL-B Titulométrico, Conductividad por el método S.M. 2510 B Conductimétrico, DBO₅ por el método S.M. 5120 B-4500 OG Incubación 5 días, DQO por el método S.M. 5220C Reflujo cerrado/volumétrico, Dureza Cálctica por el método S.M. 3500 CaB, Dureza Total por el método S.M. 2340 C, Fosforo total por el método S.M. 4500 P B E Colorimétrico, Nitratos por el método S.M. 4500 NO₃ B Colorimétrico, Nitritos por el método S.M. 4500 NO₂ B Colorimétrico, pH por el método S.M. 4500 H⁺ B Electrométrico, Solidos suspendidos totales por el método S.M. 2540 D Filtración secado 105 °C, Solidos totales por el método S.M. 2540 B Gravimétrico, Sulfatos por el método S.M. 4500 SOS - E Turbidimetría, Turbiedad por el método S.M. 2130B Nefelómetro, Calcio por el método S.M. 3500 Ca Espectrometría A.A., y Magnesio por el método S.M. 3500 mg Espectrometría A.A.

Tabla 3. Listado de parámetros analizados por el laboratorio con su técnica analítica acreditada

Parámetro	Técnica Analítica	Unidad
Aceites y grasas	S.M. 5520 B Partición/Infrarrojo	mg/L
Acidez	S.M. 2310B Titulométrico	mg/L
Alcalinidad	S.M. 2320B Titulométrico	mg/L
Carbono orgánico total (TOC)	EPA Method 415.1 Combustión	mg/L
Cloruros	S.M. 4500 CL-B Titulométrico	mg/L
Conductividad	S.M. 2510 B Conductimétrico	μS/cm
DBO ₅	S.M. 5120 B - 4500OG Incubación 5 días	mg/L
DQO	S.M. 5220C Reflujo cerrado / volumétrico	mg/L
Dureza cálcica	S.M. 3500Ca B	mg/L
Dureza total	S.M. 2340 C	mg/L
Fósforo total	S.M. 4500 P B E Colorimétrico	mg/L

Parámetro	Técnica Analítica	Unidad
Nitratos	S.M. 4500 NO ₃ B Colorimétrico	mg/L
Nitritos	S.M. 4500NO ₂ B Colorimétrico	mg/L
pH	S.M. 4500 H + B Electrométrico	Unidades
Sólidos suspendidos totales	S.M. 2540 D Filtración secado 105°C	mg/L
Sólidos totales	S.M. 2540 B Gravimétrico	mg/L
Sulfatos	S.M. 4500 SO ₄ – E Turbidimetría	mg/L
Turbiedad	S.M. 2130B Nefelómetro	NTU
Calcio	S.M. 3500 Ca Espectrometría A.A.	mg/L
Magnesio	S.M. 3500 mg Espectrometría A.A.	mg/L

Fuente: Consultoría y Servicios Ambientales CIAN Ltda. (2016).

De igual forma se procedió a realizar una caracterización física de cada una de las estaciones, con el fin de tener una fotografía del momento, insumo con el cual poder discutir los posibles resultados fisicoquímicos tanto *In situ* como *Ex situ*.

5.3 Fase de gabinete

Con los resultados fisicoquímicos entregados por el laboratorio se procedió a construir gráficas relacionando variables fisicoquímicas de relevancia. Tanto las variables medidas *in situ* como *ex situ* en el Humedal El Juncal se compararon con los valores máximos permisibles por la normatividad colombiana vigente (Resolución 631 de 2015 y Decreto 1594 de 1984). Posteriormente, se procedió a llevar a cabo una exploración de los datos para establecer si existían diferencias significativas dentro y entre los grupos conformados (estaciones) a través de un análisis de ANOVA de una vía previa comprobación de los supuestos de Normalidad, homogeneidad de varianzas, equivalencia de grupos e independencia de las observaciones, usando para ello el programa PAST 13,1.

Se tomó la determinación de utilizar ANOVA de un factor (también llamada ANOVA unifactorial o one-way ANOVA en inglés) ya que la anova es una prueba paramétrica, que nos permite comparar varianzas dentro de los grupos y entre los grupos. Si analizamos las pruebas T en estas se contrastan dos grupos definidos ya sea por dos momentos con muestras relacionadas o dos poblaciones que son las muestras independientes, lo que se hace es contrastar esos dos grupos de acuerdo a la puntuación que se haya obtenido en su media. En este caso al tener varias medias para comparar no se podrían seguir los pasos de la prueba de hipótesis porque ya no tendríamos dos distribuciones por comparar sino varias distribuciones por comparar (Barón López & Téllez Montiel, 2004).

En el caso del análisis de varianza se tiene una condición diferencial y es que en el ANOVA ya no se van a contrastar dos grupos sino más de dos grupos,

en vez de encontrar un grupo experimental y un grupo control, se tienen más de dos grupos para contrastar por eso no se realiza la prueba T. En este caso se contrastaron cinco grupos, es por ello que se requiere un análisis que de forma conjunta permita observar si hay diferencias o no.

Una vez contrastada la varianza entre los grupos con la varianza dentro de los grupos se considerara como la evidencia que las diferencias que se han identificado en los grupos son diferentes de las variaciones que normalmente tendría esa variable en términos generales y son producto de todas las variaciones que podrían estar interviniendo en la misma.

La distribución F es la que se tuvo en cuenta para realizar el análisis, se debe tener en cuenta también que la ANOVA es una prueba ómnibus ya que se pueden identificar claramente diferencias entre los grupos, pero como no se puede establecer entre que grupos se dieron se hacen las pruebas post hoc.

Se estableció también la utilización de la ANOVA a una vía, por las variables; la variable dependiente va a ser una variable cuantitativa sobre las que se van a hacer las comparaciones

La segunda condición es sobre la variable independiente cualitativa de muestras independientes. Donde se van a contrastar más de dos grupos. Se van a contrastar las varianzas dentro de los grupos con relación a la varianza entre los grupos

La tercera condición dado que es una prueba paramétrica es necesario que se cumplan los supuestos:

1. Supuesto de normalidad se debe garantizar la normalidad de las distribuciones con las que se está trabajando, como se está trabajando con cinco grupos se debe buscar que todos los grupos se distribuyan normalmente
2. Homogeneidad de varianzas dado que estamos comparando varios grupos de muestras independientes ese debe garantizar que haya homogeneidad entre sus varianzas.
3. Equivalencia de grupos se prueba que las poblaciones que estamos comparando tienen tamaños similares o iguales.
4. Independencia de observaciones, es el supuesto más importante de todos es necesario que se cumpla o los resultados van a ser inválidos.

La ANOVA es una prueba robusta es decir se puede aceptar que se incumplan algunos de los supuestos y aun así garantizar que los resultados son válidos (Ruíz Castro, 2014).

Por último, se calcularon los índices de contaminación orgánica (ICOMI, ICOSUS e ICOTRO) para establecer las posibles causales de alteración de la

calidad del agua del sistema. Índices de contaminación orgánica – ICO's (Ramírez González & Viña Vizcaíno, 1998).

Los índices de contaminación buscan determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua, de acuerdo a diferentes parámetros físicos. Están diseñados para valorar problemas ambientales diferentes y no se encuentran correlacionados los unos con los otros y permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos (Jiménez & Vélez, 2006).

Cada índice considera distintos tipos de contaminación, como son descargue de sedimento, utilización de fertilizantes en cultivos, nutrientes etc. Estos índices son comúnmente utilizados dada la objetividad y consistencia en sus resultados comparativamente con otros índices extranjeros (Fernández *et al.*, 2009). Sumado a eso, son complementarios a índices bióticos aplicados a los ensambles hidrobiológicos (Ramírez González & Viña Vizcaíno, 1998).

A continuación, se presentan los índices estimados para los sistemas acuáticos en estudio:

- Índice de contaminación por Mineralización (ICOMI)

El Índice de Contaminación por Mineralización pretende definir si existe alguna contaminación por aumento de iones en el sistema, dado por contaminaciones de tipo industrial o por factores naturales como lluvias, o configuración del suelo. El cálculo se da por la siguiente fórmula:

$$ICOMI = \frac{(I. Conductividad + I. Dureza + I. Alcalinidad)}{3}$$

- Conductividades mayores a 270 $\mu\text{Sm/cm}$, tienen un I. Conductividad de 1.
- Durezas mayores a 110 mg/L, tienen I. Dureza de 1
- Durezas menores a 30 mg/L, tienen I. Dureza de 0
- Alcalinidades mayores a 250 mg/L, tienen I. Alcalinidad de 1
- Alcalinidades menores a 50 mg/L, tienen I. Alcalinidad de 0

- Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

Referente a los sólidos suspendidos totales. Estos sólidos pueden hacer referencia sólo compuestos inorgánicos. Generalmente en muestras de campo los sólidos están dados por partículas de minerales provenientes de las rocas o sustratos por donde cursan los cuerpos de agua.

Es común ver que el comportamiento de dichos sólidos está directamente relacionada con la presencia de lluvias, siendo que en periodos de alta pluviosidad aumentan los valores y en periodos de bajas lluvias disminuyen los valores de sólidos suspendidos. Esta situación no es una norma ni es permanente en todos los casos, sin embargo, se presenta con frecuencia esta situación en estudios de aguas.

Este índice, como lo indica su nombre, sólo considera un parámetro: Sólidos Suspendidos Totales. Se calcula de la siguiente manera:

$$ICOSUS = - 0.02 + 0.003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/L)}$$

- Para este índice sólidos suspendidos con valores mayores a 340 mg/L tienen un valor de uno (ICOSUS = 1).

- Sólidos suspendidos menores a 10 mg/L tienen un valor de cero (ICOSUS = 0).

Para los dos primeros índices de contaminación ICOMI e ICOSUS, los rangos de calificaciones se basan en una escala numérica e identificada con colores (ver Tabla 4)

Tabla 4. Calificación de los ICO's

0 - 0,2	MUY BAJA
> 0,2 - 0,4	BAJA
>0,4 - 0,6	MEDIA
>0,6 - 0,8	ALTA
> 0,8 – 1	MUY ALTA

Fuente: Ramírez González & Viña Vizcaíno (1998).

- Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO)

Este índice tiene por objeto la concentración del nutriente limitante en las relaciones de fósforo y Nitrógeno (P/N), importante para la asimilación por parte de los organismos acuáticos e inicio del ciclaje de energía en los ecosistemas acuáticos, el Fósforo es considerado el nutriente limitante en el trópico (Esteves, 1998). A continuación, se presentan las calificaciones de los sistemas a partir de las concentraciones de Fósforo total.

Tabla 5. Calificación ICOTRO

Estado	Concentración de fósforo total (mg/L)
Oligotrofia	<0,01
Mesotrofia	0,01 – 0,02
Eutrofia	0,02 – 1,00
Hipereutrofia	>1,00

Fuente: Esteves (1998).

Cabe considerar que los autores declaran que los rangos concebidos en este índice corresponden a concentraciones de sistemas acuáticos temperados. En el mismo documento presentan un rango para sistemas tropicales (Ramírez , Restrepo 1997) :

Tabla 6. Calificación de sistemas a partir de concentración de fósforo

Estado	Concentración de fósforo total (mg/L)
Oligotrofia	<0,027
Mesotrofia	0,028 – 0,051
Eutrofia	> 0,052

Fuente: Toledo et al (1980)

6 Resultados y discusión

6.1 Características fisicoquímicas del Humedal El Juncal

De los veinte parámetros analizados, sólo uno de ellos estuvo por debajo de los valores límites de detección del método analítico empleado por el laboratorio para los cinco puntos de muestreo siendo este los nitritos (NO_2). Con base en lo anterior, vale la pena resaltar, que en la parte gráfica, esta y algunas variables que se encontraron por debajo del límite (para algunas estaciones) se graficaron con el valor medio (Zar, 1999), dado la importancia que revisten desde el punto de vista limnológico y que permiten su comparación.

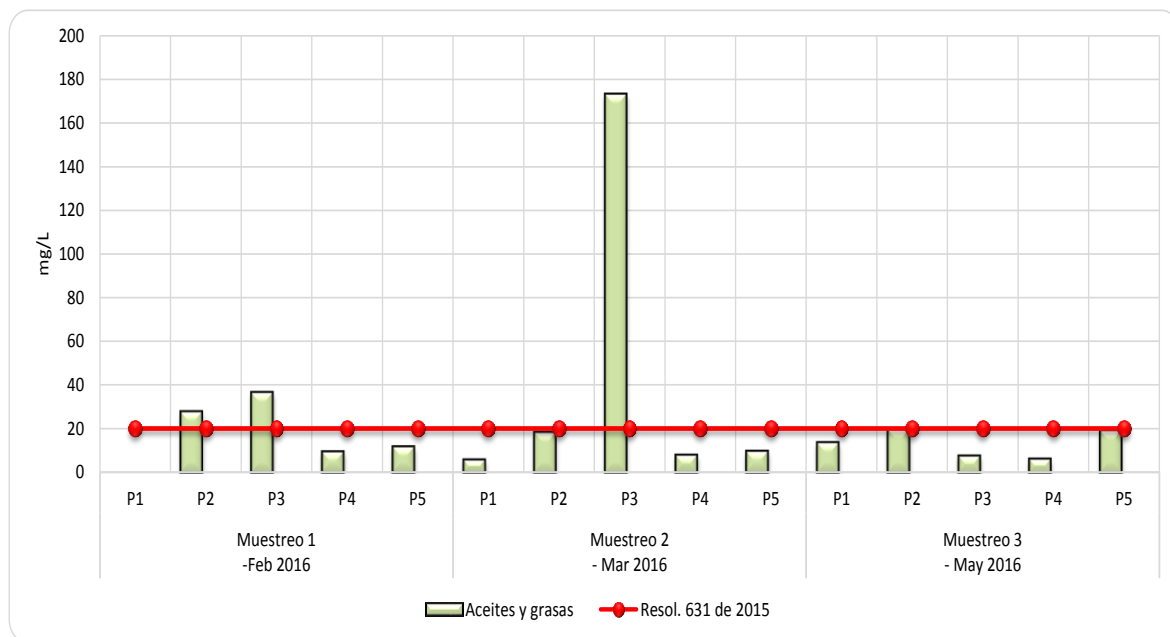
En Tabla 7.0, se encuentra los valores obtenidos para cada una de las variables fisicoquímicas por punto y mes de muestreo, y la comparación con los límites máximos y mínimos permisibles para algunos parámetros considerados con respecto al Decreto 1594 (Colombia. Presidencia de la República, 1984), en sus Artículos 38, 39, 40, 41, 42 y 45, los cuales establecen los criterios de calidad admisibles para el uso del recurso hídrico en diferentes actividades, que van desde el uso agrícola, doméstico, recreativo hasta la preservación de fauna y flora, y con los establecidos en la Resolución 631 (Colombia. Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), en su Capítulo V - Art. 8, que hace referencia a los parámetros fisicoquímicos y sus valores máximos límites permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas y de las actividades industriales, comerciales o de servicios de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales, aguas residuales domesticas (ARD) y aguas residuales no domesticas (ARnD).

6.1.1 Aceites y grasas

Esta variable dentro de humedal El Juncal fue detectada en todos los puntos durante los cuatro muestreos efectuados, salvo en febrero de 2016 para P1 (Agua de influencia de cultivos de flores) con valores por debajo del límite de detección del método analítico empleado ($< 4,0 \text{ mg/L}$), sin embargo, fue en P2 (Desc. Agua residual) y P3 (Captación de agua) donde se éstos sobrepasaron los máximos permisibles por la Resolución 631 de 2015 ($20,0 \text{ mg/L}$), con valores promedio de $22,13 \pm 5,13$ y $72,48 \pm 88,25 \text{ mg/L}$, respectivamente (Tabla 3.0 y 4.0), es en éste último, donde se lleva a cabo captación de agua del humedal para riego de cultivos de hortalizas y floricultura (Anexo A) con la ayuda de una motobomba instalada aproximadamente cinco metros de la orilla, lo cual puede estar generando dicha contaminación. En el P2 se registró 28 mg/L para Feb-2016 y en P3 para mar-2016 presentó 173 mg/L (Tabla 3.0), hacía los puntos P4 (Caseta) y P5 (punto límite) dicha concentración disminuye ($8,06 \pm 1,64$ y $13,77 \pm 4,99 \text{ mg/L}$, respectivamente)- (Tabla 8.0). Al llevar a cabo la comparación entre las estaciones

de muestreo se pudo evidenciar que es la estación P3 la que registró mayores ingresos de aceites y grasas (ver Figura 2).

Figura 2. Comportamiento del parámetro Aceites y Grasas en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017)



Fuente: elaboración propia.

6.1.2 pH, alcalinidad y acidez total

Los valores de pH en promedio estuvieron dentro de los valores máximos permisibles por la normatividad en todos los puntos muestreados (Tabla 8.0), sin embargo, al analizar el comportamiento de éste dentro de cada una de los puntos caracterizados se encontró que durante el mes de feb- 2016, todos registraron valores por debajo de 5,0 unidades de pH (Tabla 7.0-0), lo cual pudo estar asociado al período de bajas precipitaciones, y a la concentración de materia orgánica (MO) dentro del humedal, toda vez que la cobertura por macrófitas acuáticas es extensa, predominando especies de vegetación de ribera como: Juncos (*Juncus – Schoenoplectus californicus*), Enea (*Typha latifolia*), pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Lengua de vaca (*Rumex conglomeratus*), algunas representantes de vegetación flotante: Lenteja de agua (*Lemna minor*, *L. gibba*), Buchón pequeño (*Limnobium laevigatum*) y Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), y Sombrillita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*) y Botoncillo (*Bidens lavis*) correspondiente a vegetación emergente (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011).

Toda esta MO que al cumplir con su ciclo de vida se deposita en la cubeta, es susceptible de descomposición, liberando al medio CO_2 y posterior formación de ácido carbónico por ende disminuye los niveles de pH (Cole (1988) & Esteves (1998)), lo anterior aunado a los aportes de MO provenientes de la descarga de aguas residuales domésticas (P2) y la respiración por parte de organismos heterotróficos (Allan & Castillo, 2007).

En cuanto a la acidez, esta osciló entre $19,74 \pm 8,42 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ (P4) y $43,33 \pm 27,02 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ (P3)- Tabla 8.0, de acuerdo con Sierra (2011), la acidez es de tipo mineral cuando los valores de $\text{pH} < 4,5$ unidades y se relaciona con desechos industriales o con aguas que nacen o pasan por zonas mineras (presencia de hierro, cobre, aluminio y azufre), lo cual podría estar llegando al sistema por medio del río Bojacá del cual ya se tienen algunas quejas por contaminación de esta actividad (sin publicar).

Vale la pena decir que, cuando el $\text{pH} < 5,0$ unidades, la alcalinidad tiende a cero y es sustituida por la acidez debido al ácido libre, situación que se evidenció durante el mes de feb- 2016 en el punto P1 (alcalinidad $< 4,0 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$) corroborando un potencial ingreso de aguas con residuos industriales (Sierra Ramírez, 2011). Durante los siguientes muestreos el pH registró valores por encima de 6,5 unidades, donde la acidez registrada pudo ser causada por el CO_2 (Sierra Ramírez, 2011), el cual como se mencionó anteriormente puede estar asociado con el incremento de MO relacionada con las precipitaciones durante los meses de marzo y mayo.

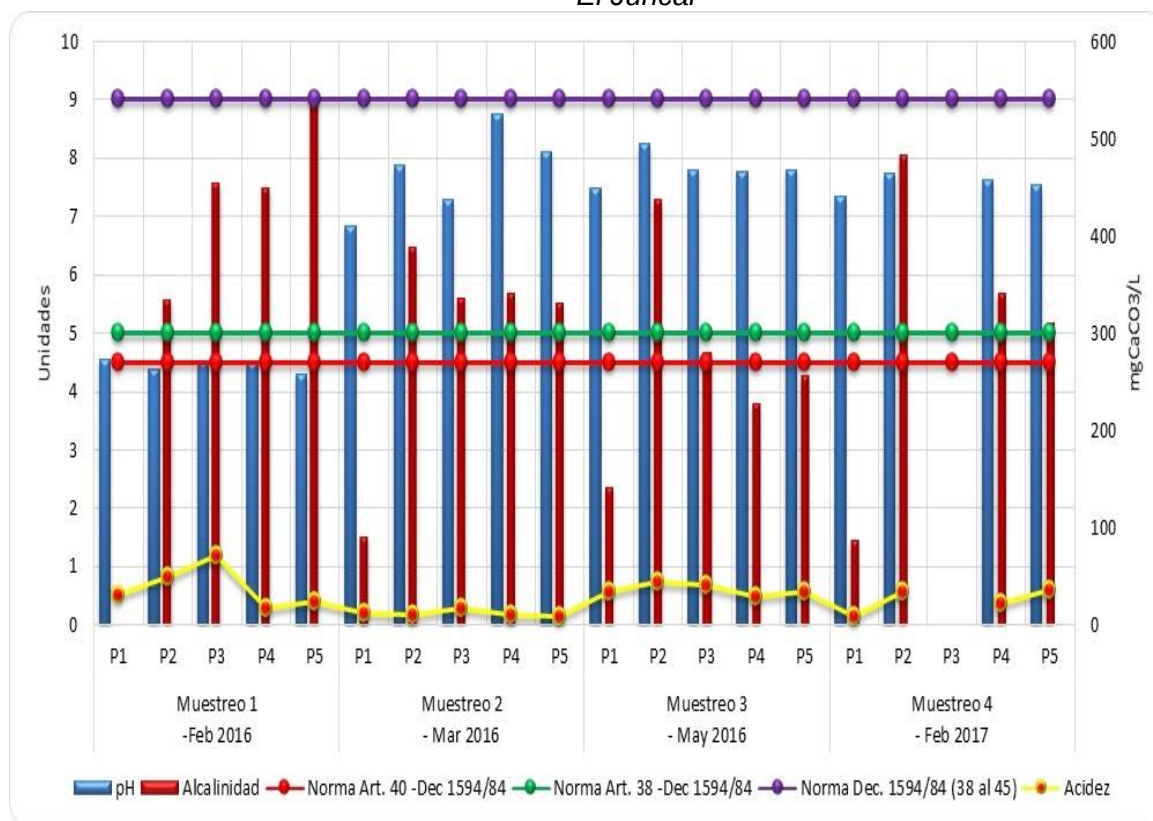
Teniendo en cuenta que en la región se presenta un régimen de precipitaciones de comportamiento Bimodal con precipitaciones altas en los meses de marzo y mayo (Promedio histórico de 45 años 89 mm y 145 mm respectivamente), se deduce que por escorrentía hay más aportes de MO.

Comportamiento de los parámetros pH, alcalinidad y acidez en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).

En cuanto a la alcalinidad, esta osciló entre $80,75 \pm 58,05$ y $411,75 \pm 64,22 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ (ver Tabla 8 - 0), la cual está asociada con las formas en las cuales el gas carbónico puede encontrarse en cuerpos de aguas naturales, es decir, la presencia de iones bicarbonato o carbonato (Sierra Ramírez, 2011). Para sistemas acuáticos tropicales los valores de alcalinidad son relativamente bajos ($70 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$), en sistemas lenticos esta puede ser mayor por los aportes y acumulación de elementos alóctonos y nutrientes, razón por la cual es consistente encontrar dentro del Humedal El Juncal los valores anteriormente mencionados, más aún cuando se tienen aportes de un afluente proveniente de una PTAR (P2) con un máximo de $484 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ para el mes de feb- 2017 (ver Tabla 7 - 0) siendo el más alto de los cinco puntos caracterizados junto con P3 y P5 ($357,33$

$\pm 89,25$ y $360 \pm 124,09$ mgCaCO₃/L), lo cual puede estar relacionado con el movimiento de la masa de agua proveniente de P2, corroborado por las bajas concentraciones registradas en P1 con respecto a las demás y la cual mostró diferencias significativas (ANOVA de una vía, $p < 0,05$) con los demás puntos de muestreo (Anexo A).

Figura 3. Comportamiento de los parámetros pH, alcalinidad y acidez en el Humedal El Juncal



Fuente: elaboración propia.

Los valores de pH en el humedal el juncal fluctuaron entre (6,56-7,06 unidades) valores relativamente similares a los del humedal Santa María del lago los cuales fluctuaron entre (6,41-7,48 unidades), manteniéndose más o menos constante alrededor de las 7 unidades de pH, indicando aguas con una tendencia ácida neutra (Fierro Ortiz & Caballero Rodríguez, 2015). Y en el humedal la conejera dado que según estudio la presión antrópica del humedal ha sido sistemática y se ha facilitado gracias al imaginario común entre la población, que asume estos humedales como charcales que impide el desarrollo humano; resultado de esta apreciación, se ha permitido, históricamente, el vertido de aguas negras, disposición de residuos sólidos urbanos y su relleno, hasta casi su desaparición (Madrid Soto & Daza Ardila, 2015), (6,4-7 unidades) unidades de pH. Los tres humedales presentan características acidas en los puntos, esto se debe probablemente a la presencia de dióxido de carbono (CO₂) libre; que al

reaccionar con el agua produce ácido carbónico o también puede relacionarse con ácidos húmicos y fulvicos (A.J. Mota 2011) que se producen por descomposición de la materia orgánica disuelta en el agua.

Al comparar los valores de alcalinidad del humedal el juncal con la conejera, esta se encuentra fluctuando entre (173,4 mg/L de CaCO_3 - 20,16 mg/L Ca CO_3), las diferencias están enmarcadas dentro de los límites apropiados para la conservación de la vida acuática, mientras que para el humedal el juncal los valores de alcalinidad fluctuaron entre (411,75mg7L CaCO_3 -80,75 mg/L caCO_3), por lo cual se infiere mayor presencia de elementos alóctonos y nutrientes en el juncal por los vertimientos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

6.1.3 DBO_5 y DQO

En cuanto a la cantidad de materia orgánica se refiere, se pudo evidenciar que el humedal El Juncal presenta altos grados de contaminación por materia orgánica, registrando valores por encima de los 90 mg/L establecidos en la normatividad colombiana vigente (Colombia. Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), Artículo 8 - capítulo V) con valores promedio que oscilaron entre $99 \pm 100,53$ mg/L para el punto P1 y $407,25 \pm 171,18$ mg/L para el P2 (Tabla 8- 0), siendo este último y P3 (375 ± 182 mg/L) los de mayores valores a lo largo del estudio, coincidiendo con la descarga de aguas residuales provenientes de la PTAR y la dirección del flujo, si bien existen zonas en las cuales la acumulación de materia orgánica se puede dar es evidente el aporte alóctono.

Asimismo, fue el comportamiento de la DQO, la cual registró valores por encima del máximo permisible (180 mg/L Art. 8 – Resolución 631), con valores promedio de $631,50 \pm 256,73$ mg/L para el punto P2 y 593 ± 280 mg/L para el punto P3 (Captación de agua), superando ostensiblemente el valor de referencia. Es de destacar que el Punto P1 registró bajas concentraciones en comparación con los demás puntos de muestreo con valores de 61 y < 30 mg/L para los meses de febrero y marzo de 2016, respectivamente (Tabla 7- 0) donde las precipitaciones tendían a incrementarse, en contraste, con lo registrado en los puntos P2 (503 y 641 mg/L) y P3 (590 y 889 mg/L) para el mismo período (Tabla 7- 0).

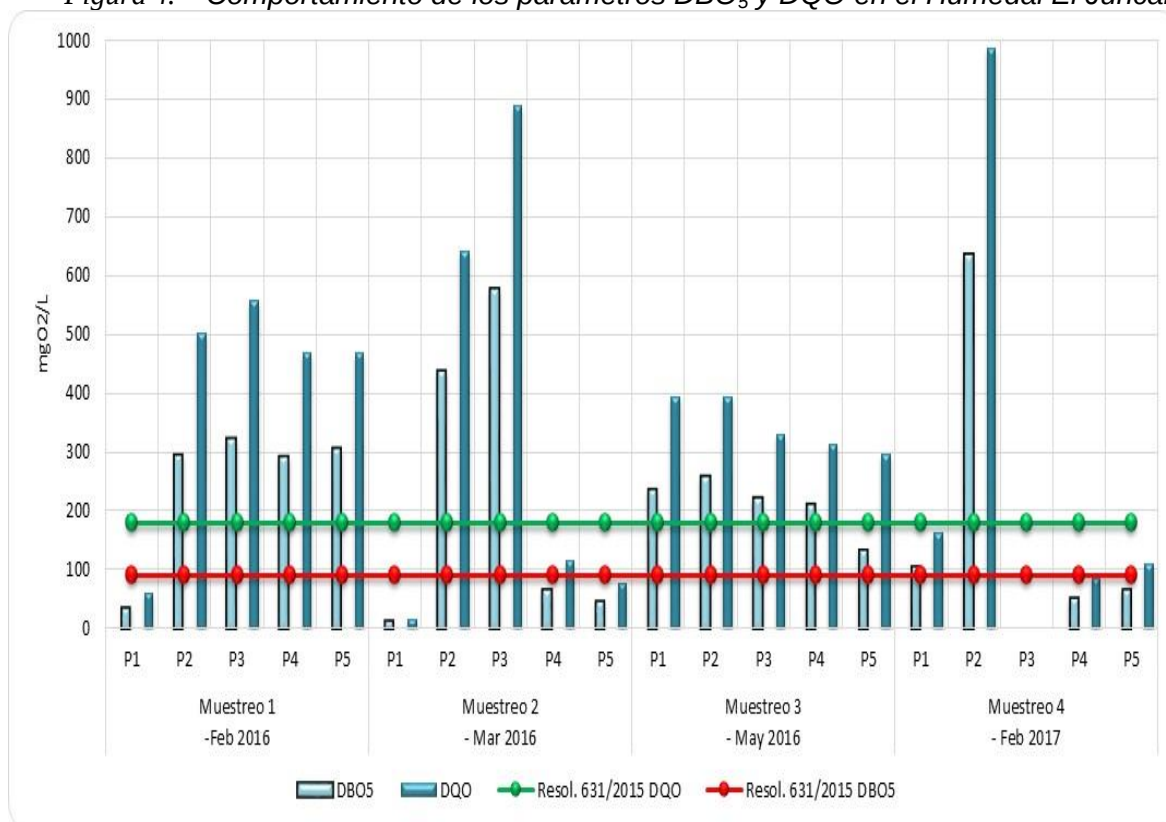
Por otra parte al comparar estos resultados con humedales de Bogotá, en similares condiciones al humedal el juncal por efectos antrópicos (vertimientos), en este caso Santa María del Lago de acuerdo a estudio realizado por (Fierro, caballero 2015), se obtuvieron valores para DBO_5 que fluctúan entre (24- <5 mg/L) caracterizando al humedal Santa María del Lago en calidad mala a muy mala y en estado de mesotrofia a eutrofia teniendo en cuenta que este ecosistema ha sido afectado por las construcciones y edificaciones en su terreno y la contaminación debido a fuentes cruzadas del sistema de alcantarillado que vierten sus aguas en

diferentes puntos del cuerpo de agua del mismo, por su parte el humedal el juncal presento valores entre (407,25-99 mg/L), lo que nos permite identificar los valores tan altos de contaminación que presenta el juncal respecto a otros humedales.

En lo referente a la DQO, en el Humedal La Conejera, la DQO fluctuó entre (1113,33 mg/L -353.33 mg/L). Mientras que para el humedal el juncal los valores fluctuaron entre (631,50 mg/L-206,67 mg/L). En la determinación de la demanda química de oxígeno se puede medir el contenido de materia orgánica presente en el agua, mediante la oxidación química. La DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la materia orgánica existente en una muestra de agua y oxidable mediante la reacción con un oxidante fuerte. Los compuestos orgánicos pueden ser oxidados a CO₂ y agua (Romero J. A., 2005). Nuevamente se infiere que los altos valores que presenta el juncal respecto a otros cuerpos de agua obedecen a la contaminación presente en el mismo.

Comportamiento de los parámetros DBO₅ y DQO en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).

Figura 4. Comportamiento de los parámetros DBO₅ y DQO en el Humedal El Juncal



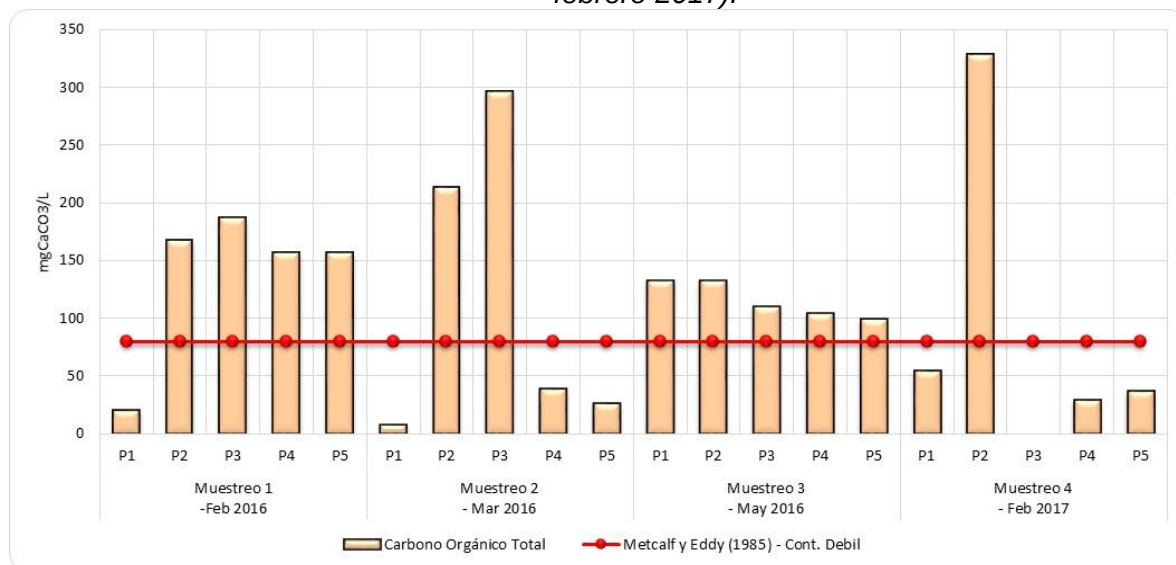
Fuente: elaboración propia.

6.1.4 Carbono orgánico total (COT)

La carga orgánica mencionada anteriormente se pudo corroborar con las concentraciones de carbono orgánico total (COT), el cual osciló entre $53,55 \pm 55,89$ mgCaCO_3/L (punto P1) y $210 \pm 85,27$ mgCaCO_3/L (punto P2) (Tabla 8 - Figura 5), es de recordar que este parámetro es el más conveniente y directo para determinar la cantidad total de MO., presente en el agua, y confirmando que los valores reportados para la DBO₅ y DQO son consistente.

De igual forma, vale la pena anotar que para este parámetro no existe un valor de referencia en la normatividad colombiana, sin embargo, se tomaron valores de referencia de (Metcalf y Eddy (1985)) donde establecen que concentraciones de COT = 80 mgCaCO_3/L indica una contaminación débil, COT = 160 mgCaCO_3/L contaminación media y COT = 290 mgCaCO_3/L contaminación Fuerte; con base en lo anterior, y comparando con los resultados obtenidos para el humedal El Juncal, la estación P2 y P3 se tipificaron como estaciones con nivel de contaminación Media ($210,35 \pm 85,27$ y $197,5 \pm 93,37$ mgCaCO_3/L , respectivamente), el punto P4 y P5 en el límite de contaminación débil y P1 con valores aceptables al estar por debajo del límite inferior de referencia (Tabla 8), lo cual fue consistente con los resultados encontrados mediante la ANOVA a una vía donde mostró que existen diferencias significativas entre el punto P1 y el punto P2 (ANOVA DE UNA VÍA, $P < 0,05$) - (Anexo A) para los parámetros recientemente discutidos, lo cual podría estar relacionado con la dirección del flujo que ingresa proveniente de la PTAR.

Figura 5. Comportamiento del carbono orgánico total (COT) en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).



Fuente: elaboración propia.

6.1.5 Cloruros

La presencia de cloruros en los cuerpos de agua es una medida indirecta de contaminación humana, de igual forma, son considerados como indicadores químicos de procesos de degradación de MO., pero debido a residuos del metabolismo animal vía excreción (Cantera Kintz, Carvajal Escobar, & Castro, 2009). Dentro del Decreto 1594 de 1984 el valor máximo permisible es de 250 mg/L para el uso del recurso con fines de consumo humano y doméstico indicando que para su potabilización sólo se requiere tratamiento y/o de desinfección, específicamente para los artículos 38 y 39 (Tabla 7- Gráfico 6).

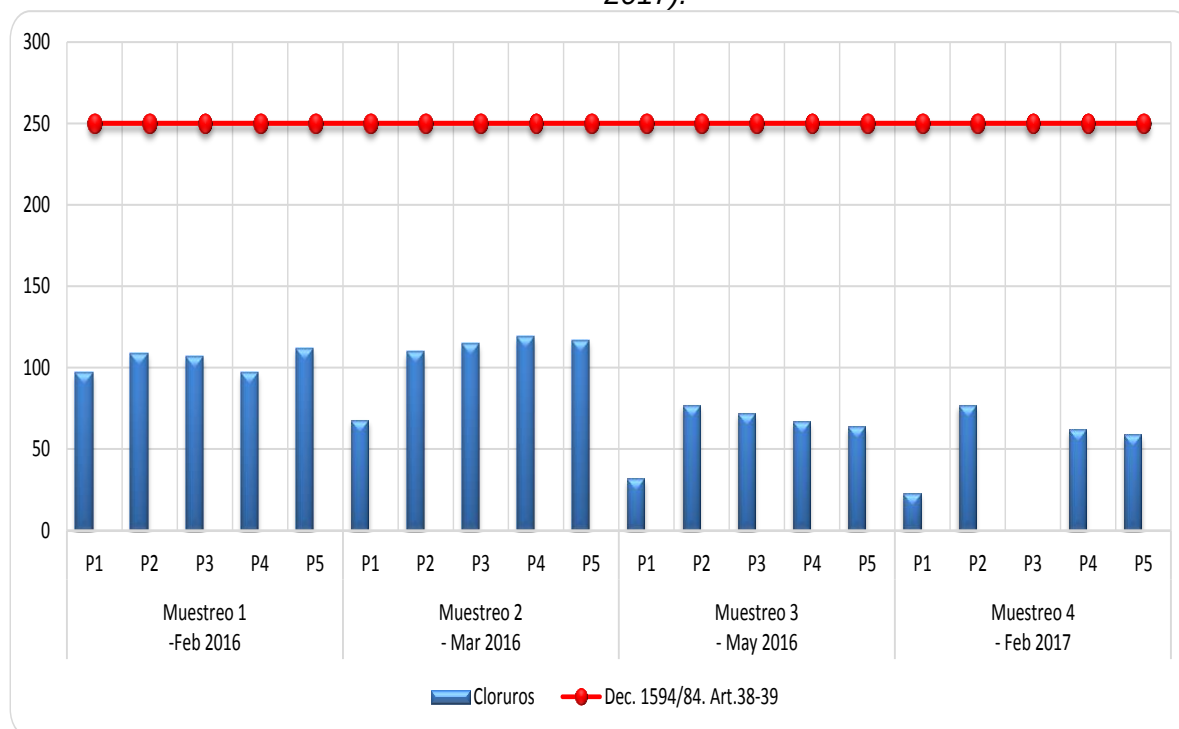
Las concentraciones halladas para este parámetro oscilaron entre $55 \pm 34,09$ mg/L (P1) y $98 \pm 22,87$ mg/L (P3)- Tabla 8, siendo durante los meses de febrero y marzo de 2016 los valores más altos en los cinco puntos de monitoreo (Tabla 7- Figura 6), donde existen bajas precipitaciones (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2016).

En todos los casos éstos estuvieron en pleno cumplimiento con la norma anteriormente mencionada. Vale la pena resaltar que los Cloruros en las aguas naturales están representados en las sales de sodio, potasio y calcio, es decir, incide directamente en el grado de salinidad y por ende en la distribución de la hidrobiota (osmorregulación) (Sierra Ramírez, 2011).

De acuerdo con Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009), aguas oligotróficas y de pisos térmicos de alta montaña tienden por lo general a presentar bajas concentraciones (< 10 mg/L), aguas no alteradas registran una concentración no mayor a 10,0 mg/L y tendientes a la eutroficación por encima de este valor.

Con base en lo anterior, se podría decir que los valores reportados dan cuenta de una alteración del cuerpo de agua y de acuerdo con Romero (2009), la presencia de cloruros en el medio acuático es inalterable por procesos biológicos y que incrementan el contenido de sólidos disueltos en el agua y las incrustaciones en las tuberías, es indicador de contaminación por aguas residuales, lo cual es consistente por la presencia de descargas de este tipo de aguas en el Punto de muestreo P2 (Tabla 7 – Tabla 8).

Figura 6. Comportamiento de los cloruros (Cl) en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).

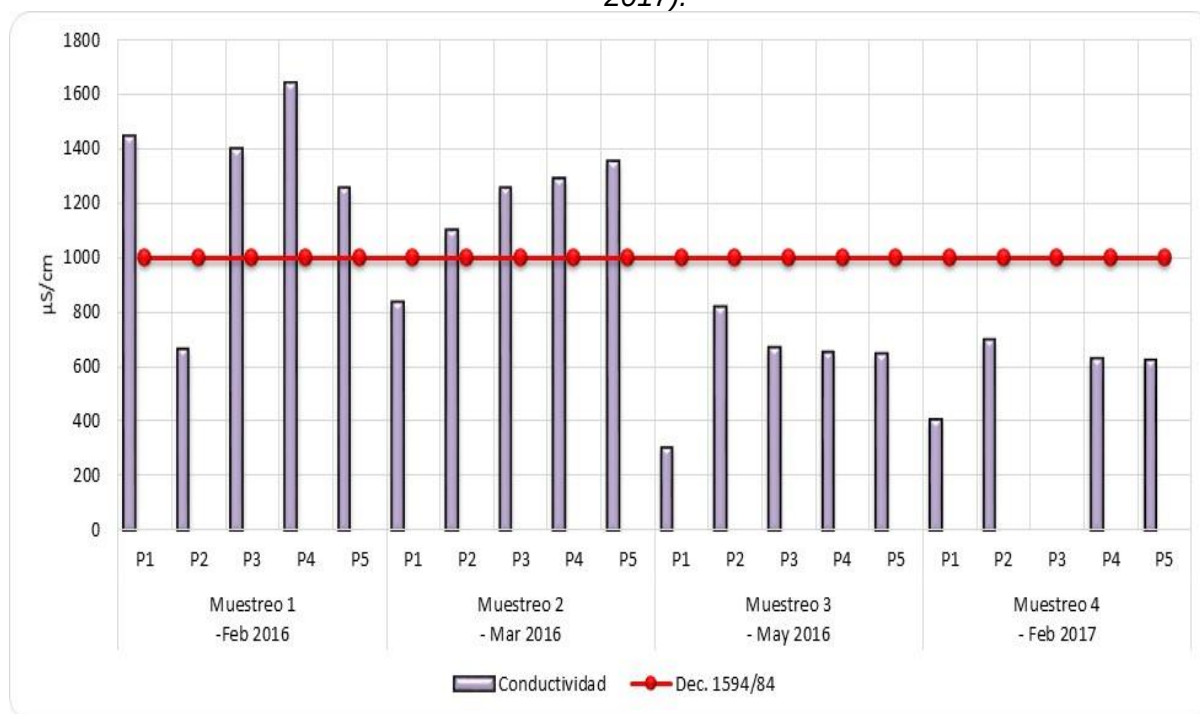


Fuente: elaboración propia.

6.1.6 Conductividad

De acuerdo con Vásquez (2002, citador por Cantera Kintz, Carvajal Escobar, & Castro (2009)), con la conductividad se puede tener una idea del funcionamiento del sistema acuático por: actividad iónica, diversidad biológica (a mayores conductividades baja la diversidad- osmorregulación), productividad primaria, procesos de descomposición de materia orgánica, naturaleza geoquímica del sustrato, origen de un proceso de alteración (contaminación-polución), entre otros. En ese orden de ideas y teniendo en cuenta a Roldán & Ramírez (2008), los cuerpos de aguas naturales tropicales poseen conductividades que oscilan entre 30 y 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para este caso particular, el humedal El Juncal registró valores por encima de lo referenciado por los autores con promedios que oscilaron entre $749,25 \pm 516,59$ y $1108 \pm 385,91$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla 4.0) para los puntos P1 y P3, respectivamente, siendo el mayor valor registrado para ambos casos durante el mes de febrero de 2016 (seca) con 1442 y 1398 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Tabla 7 - Figura 7).

Figura 7. Comportamiento de la conductividad en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).



Fuente: elaboración propia.

Los puntos P4 y P5 registraron las máximas conductividades durante los meses de febrero y marzo de 2016 con valores $> 1200 \mu\text{S/cm}$ (Tabla 7). Los valores de conductividad en el humedal el juncal se contrastaron con los realizados para el humedal la conejera según estudio realizado por (Madrid, Daza 2015) cuyos valores fluctuaron entre $(720-277 \mu\text{S/cm})$, mientras que el humedal el juncal registró valores entre $(1108-749,25 \mu\text{S/cm})$, superando ostensiblemente los valores dados por la conejera.

Teniendo en cuenta la cantidad de cloruros reportados y su capacidad de incrementar los sólidos disueltos, es consistente estas conductividades halladas y dadas las actividades económicas que se llevan en la zona de interés es posible que el sector agrícola, floricultor y vertidos de aguas residuales, aunado a los procesos de descomposición de MO, estén generando estos altos valores. En todos los casos, los puntos de muestreo durante los meses de febrero y marzo de 2016 registraron conductividades mayores a $1000 \mu\text{S/cm}$, asociado al período en transición de aguas bajas a altas e incumpliendo con el límite máximo permisible por el Decreto 1594 de 1984 (Tabla 7- Figura 7).

6.1.7 Dureza total

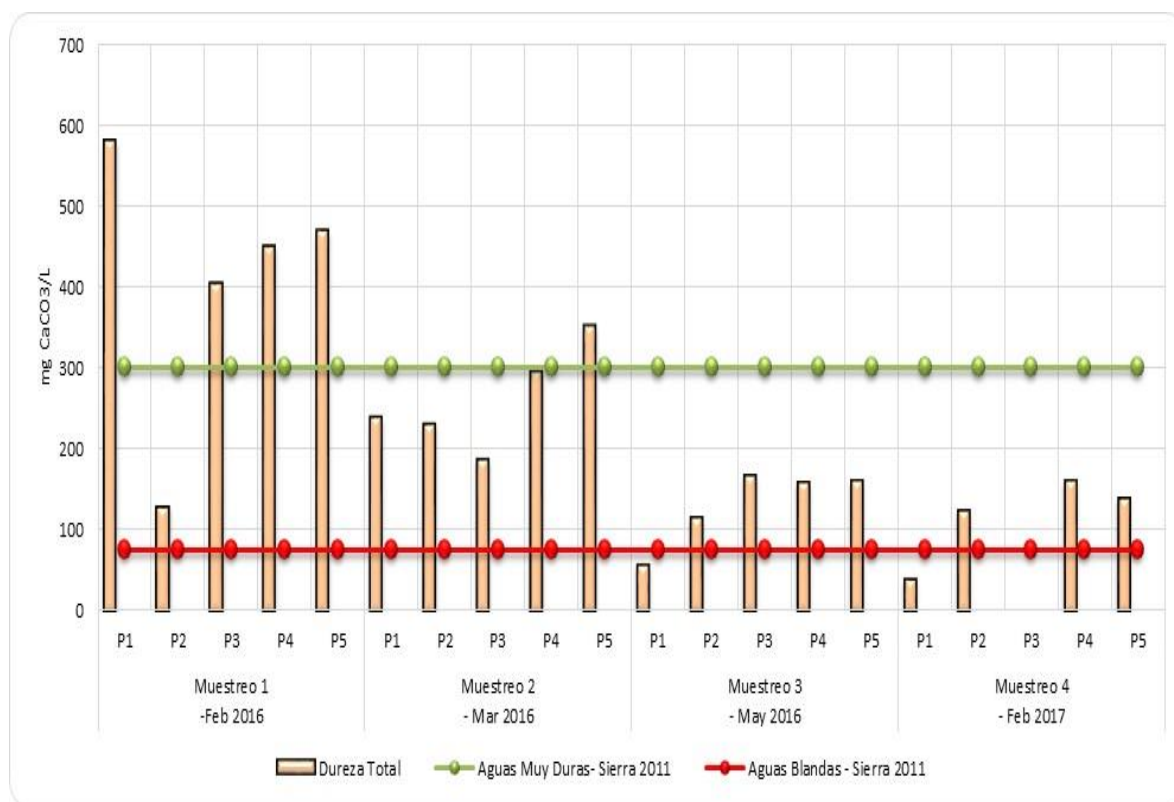
Este parámetro está asociado con la presencia de iones de calcio y magnesio, los cuales abundan en los sistemas acuáticos continentales y pueden combinarse con iones bicarbonato y carbonato determinando la dureza temporal o con sulfato y cloruros (Dureza permanente), que juntas conforman la dureza total (Cantera Kintz, Carvajal Escobar, & Castro, 2009).

Este parámetro no tiene consecuencias en la salud humana, pero si en cuestiones económicas como por ejemplo procesos de ablandamiento y con ello la reducción en el empleo de jabón y los depósitos de precipitados en artefactos de calentamiento de agua (Romero J. A., 2005). Ahora bien, desde el punto de vista biológico aguas con durezas hasta de 150 mg CaCO_3/L para fines sanitarios o hasta 50 mg CaCO_3/L para acuicultura son consideradas aguas productivas y aguas por encima de 300 mg CaCO_3/L (aguas muy duras).

Teniendo en cuenta que los humedales albergan una importante diversidad, se evidenció que el humedal El Juncal registró durezas totales que oscilaron entre 149,50 $\pm$ 53,90 y 280,75 $\pm$ 158,21 mg CaCO_3/L para los puntos P2 y P5, respectivamente (Tabla 8), durante los meses de febrero y marzo de 2016 se presentaron los mayores registros, para P1 en el mes de febrero fue de 580 mg CaCO_3/L coincidiendo con el punto cercano a los cultivos de flores y aportes del río Bojacá (río Subachoque), en P2 la concentración fue de 230 mg CaCO_3/L durante el mes de marzo de 2016, lo cual pudo estar relacionado con las descargas de aguas residuales provenientes de la PTAR del municipio de Bojacá, hacia los puntos P3, P4 y P5 la dureza tendió a aumentar para el mes de febrero 2016 con 405, 450 y 470 mg CaCO_3/L , respectivamente (Tabla 7- Figura 8), lo anterior pudo estar relacionado con los ingresos de aguas residuales provenientes de la PTAR y su pluma de dispersión la cual se mueve desde el punto P2 hacia P5, donde los aportes de iones y las bajas precipitaciones contribuyen a su acumulación.

Al comparar valores de dureza del humedal la conejera con respecto al humedal el juncal para La Conejera, se encuentran valores que fluctúan entre (106.25 mg/L de CaCO_3 y 68.75 mg/L de CaCO_3), mientras que para el humedal el juncal los valores fluctúan entre (280,75 mg/L CaCO_3 -149,50 mg/L CaCO_3)

Figura 8. Comportamiento de la dureza total en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).



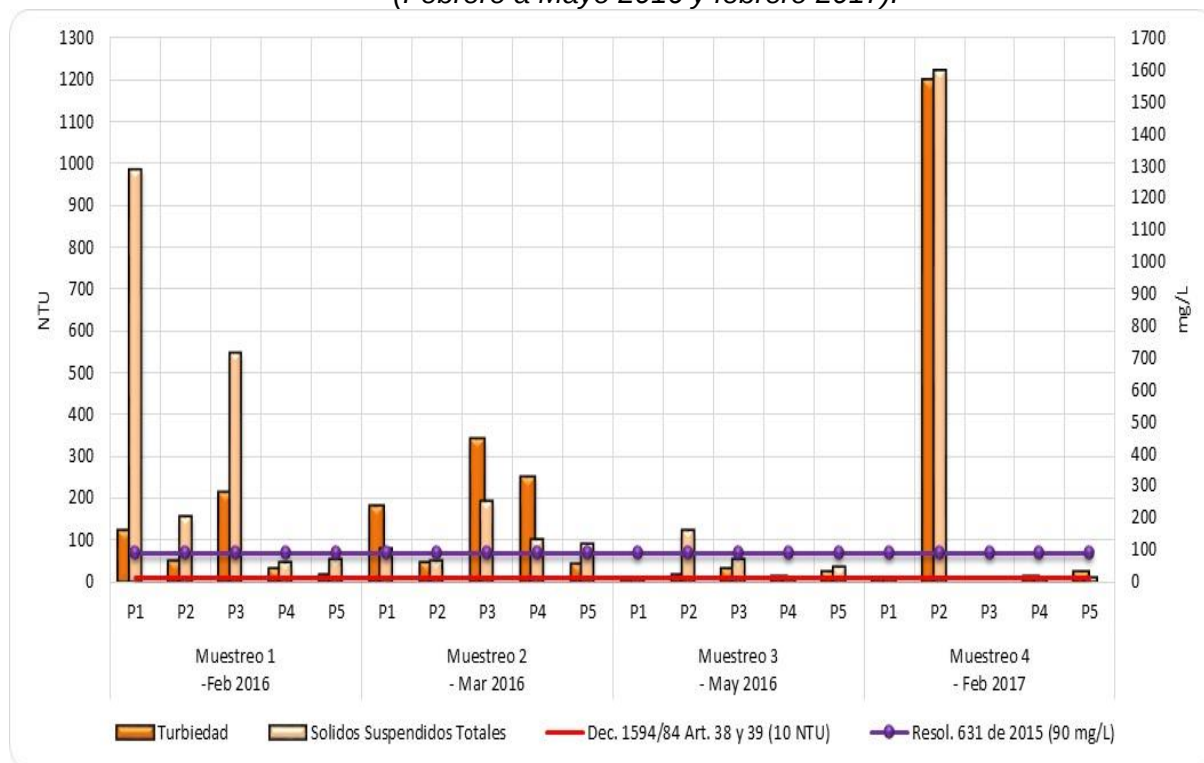
Fuente: elaboración propia.

6.1.8 Turbiedad, sólidos suspendidos (SST) y sólidos totales (ST)

La turbiedad guarda relación con la cantidad de sólidos suspendidos totales, es decir, partículas en suspensión (material particulado, detritus, sedimentos, coloides, entre otros), los cuales se resuspenden por movimientos de la masa de agua o por los aportes alóctonos, incidiendo directamente en la transparencia del agua y limitando la actividad fotosintética de los productores primarios y por ende la producción de oxígeno (Roldán & Ramírez, 2008). De acuerdo con Cantera *et al.*, 2009, valores mayores a 200 NTU puede manifestarse una drástica alteración de los flujos energéticos y niveles tróficos, siendo lo ideal valores cerca de 20 NTU. En el humedal El Juncal los valores de turbiedad en algunos casos excedieron dicho valor de referencia con promedios que oscilaron entre $26 \pm 10,51$ NTU (P5) y $328,95 \pm 581,54$ NTU (P2)- Tabla 8. Los máximos valores fueron reportados para los meses de febrero y marzo de 2016 en todos los puntos, destacándose que durante el mes de febrero de 2017 se registró un valor

de 1201 NTU para P2 consistente con la cantidad de SST (1600 mg/L)- (Tabla 7 - Figura 9).

Figura 9. Comportamiento de la turbiedad y sólidos suspendidos totales en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).



Fuente: elaboración propia.

Lo anterior, guarda relación con el comportamiento de los sólidos suspendidos totales, registrando valores promedio entre $78,33 \pm 48,76$ mg/L (P5) y $695,5 \pm 629,34$ mg/L (P1)- Tabla 8, en la mayoría de los casos dichos valores excedieron en algunas de las estaciones los 90 mg/L establecidos en el Art.8 de la Resolución 631 de 2015 a lo largo de los cuatro muestreos efectuados (Figura 9).

La cantidad de sólidos totales (ST) registrados en el humedal El Juncal fueron mayores durante los dos primeros muestreos (febrero y marzo 2016), siendo el más alto el registrado para el P1 con 2604 mg/L (feb- 2016), 1296 mg/L para P3 durante el mismo mes (Punto de captación)- (Tabla 7-Figura 10). De forma general, los valores promedio para el humedal oscilaron entre $829,5 \pm 309,96$ mg/L (P4) y $1107 \pm 763,36$ mg/L (P2)- Tabla 8. Como se ha mencionado anteriormente, las actividades presentes facilitan tanto los procesos de resuspensión como los aportes alóctonos.

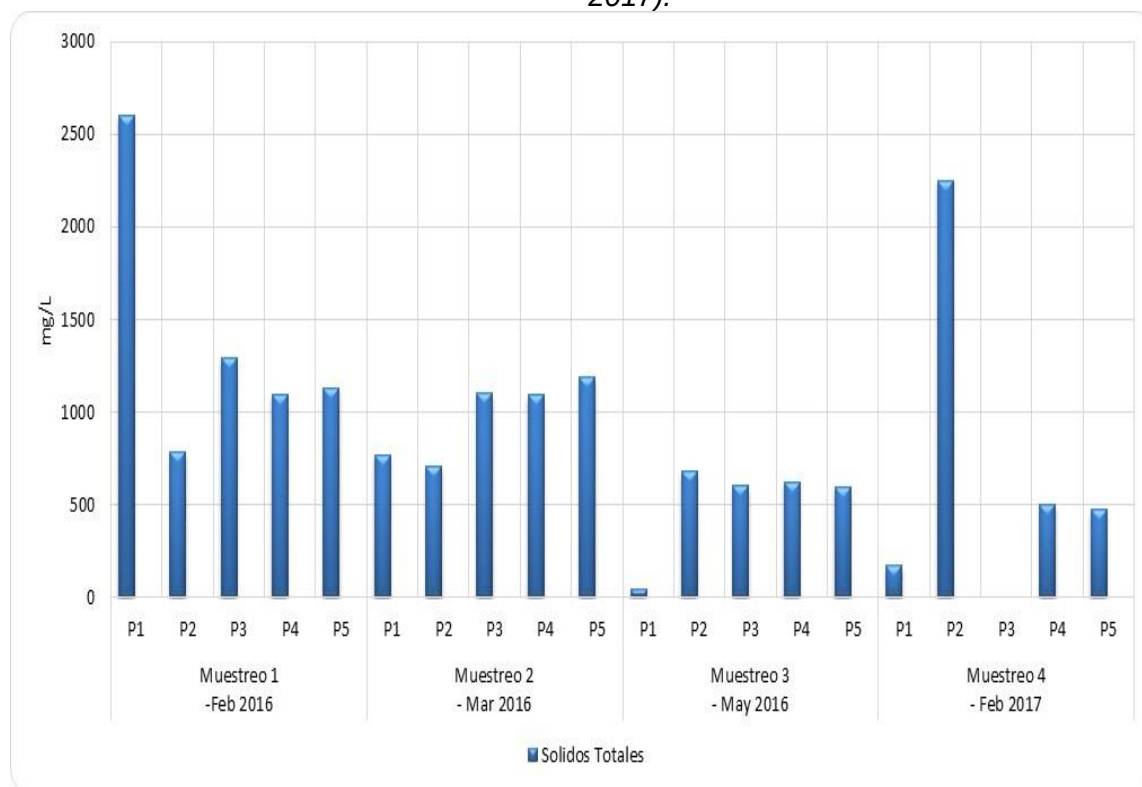
En algunos casos, la agricultura en la zona de interés juega un papel importante en la cantidad de sólidos que pueden ser incorporados al cuerpo de agua, sobre todo cuando se inician los procesos de preparación de suelos y cultivos rotativos con maquinaria pesada dejando las primeras capas de suelo orgánico al descubierto susceptible de arrastre por los procesos de riego y escorrentía producto de lluvias esporádicas y/o cuando hay apertura de la compuerta que regula el caudal del río Bojacá (río Subachoque), como se evidenció en el P1 durante Feb – 2016. En todos los casos, los sólidos como se mencionó anteriormente afectan la producción primaria dentro del sistema (Cole (1988) & Wetzel (1981)).

Los valores de turbiedad en los puntos de monitoreo del humedal Santa María del Lago según estudio (Fierro Ortiz & Caballero Rodríguez, 2015) fluctuaron entre (1,82 – 34,2 NTU). Mientras que en el humedal el juncal los valores estuvieron entre (328,85-26 NTU).

Por lo cual se observa notoriamente el elevado nivel del humedal el juncal al compararlo con Santa María del lago. Estos valores de Turbiedad registrados son altos, indicando concentraciones de sólidos suspendidos, que pueden contener material orgánico e inorgánico, proveniente del suelo, rocas, y de posibles vertimientos de material, que, a su vez, genera una alta turbiedad.

En lo referente a los valores de Sólidos Disueltos para el humedal Santa María del lago según estudio (Fierro, caballero 2015) en los puntos de monitoreo fluctuaron entre (71,4 – 541 mg/L). Mientras que el juncal presento para solidos suspendidos totales valores que fluctúan entre (695,50-78,33 mg/L), presentado nuevamente el Juncal valores superiores a Santa Maria del lago cabe anotar que los Sólidos Disueltos totales se asocian a la presencia de sales y residuos orgánicos, que son característicos de este tipo de aguas. Resaltando además que estos valores están ligados a las características propias del lecho del suelo y a las rocas que se solubilizan en el agua por el contacto directo con estos materiales porosos.

Figura 10. Comportamiento de sólidos totales (ST) en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).



Fuente: elaboración propia.

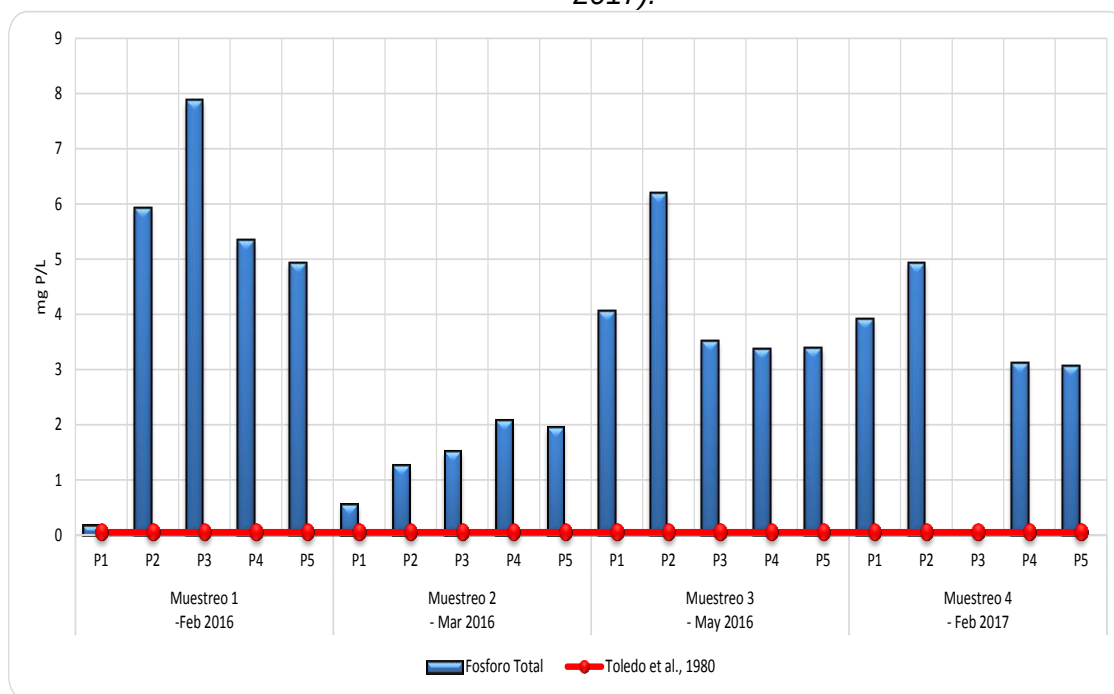
6.1.9 Fósforo total

Este parámetro junto con las formas del nitrógeno (nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal) constituyen los principales fuentes de nutrientes en los cuerpos de agua y un exceso de ellos se traduce en procesos de eutroficación (enriquecimiento de nutrientes), que afectan los cuerpos de agua reduciendo entre otras cosas la diversidad biológica (Ramírez González & Viña Vizcaíno, 1998), en el trópico el fósforo es un nutriente que se encuentra en bajas concentraciones y en los medios acuáticos está en la forma de ortofosfatos y fosfato formándose a partir del fósforo orgánico disuelto (se descompone por acción bacteriana) y cuyas formas son asimilables por la hidrobiota (Macrófitas, microorganismos) (Sierra Ramírez (2011) & Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009)).

Este elemento se libera al medio por mineralización y descomposición de la materia orgánica y de los sedimentos del sustrato, y es integrada al detritus que se deposita en el fondo y es liberado lentamente en función de la temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH (Wetzel, 1981). En la zona tropical dada sus altas temperaturas el fósforo se consume más rápidamente dado que ésta acelera los procesos metabólicos (más energía cinética), siendo las

concentraciones muy bajas con valores promedio entre 0,01-0,025 mg/L (Cantera Kintz, Carvajal Escobar, & Castro, 2009). La forma que el fósforo aumente es con las actividades antrópicas, por lo cual es un indicador de cantidad de detergentes sintéticos vertidos a los cuerpos de agua, éstos poseen entre 12 y 13% de fósforo dentro de sus composiciones (Sierra Ramírez, 2011), para este autor concentraciones críticas de este elemento están en el orden de 0,01 mg/L y para Romero (2005) está en el orden de 0,05 mg/L.

Figura 11. Comportamiento del fósforo total en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).



Fuente: elaboración propia.

Con base en lo anterior y una vez analizado los valores de fósforo total se pudo evidenciar que el humedal El Juncal se encuentra en procesos de eutrofización e híper-eutrofización con valores promedio que oscilaron entre $2,17 \pm 2,10$ y $4,57 \pm 2,28$ mg P/L para P1 y P2, respectivamente (Tabla 8- Figura 11), superando ostensiblemente las concentraciones de referencia de Sierra (2011) & Romero (2005), lo anterior, se puede asociar a las actividades que se desarrollan alrededor del sistema (cultivos, vertidos de aguas residuales, entre otros.).

Otro referente es Ramírez y Viña (1998), el cual establece que para cuerpos de agua naturales tropicales las concentraciones de fósforo total por encima de 0,052 mg P/L se debe considerar un sistema en procesos de eutrofización (Figura 11). Los puntos con los valores más altos para este parámetro fueron P1 para mayo 2016 (4,05 mg P/L) y febrero 2017 (3,91 mg p/L),

P2 (5,92 mg P/L) para febrero 2016 y 6,18 mg P/L mayo 2016 (lluvias), P3 registró 7,87 mg P/L (febrero 2016) y 3,5 mg P/L (mayo 2016)- (Tabla 7-Figura 11).

Al realizar una comparación con el humedal Santa María del Lago, Los valores de Fosfatos en los puntos de monitoreo fluctuaron entre (0,062 – 0,086 mg/L). Para el humedal el juncal fluctuaron entre (4,57-2,17mg/L). Estos valores permiten establecer que el humedal Santa Maria del lago se encuentra en un nivel de baja eutrofización mientras que el humedal el Juncal está en proceso de eutrofización e hipereutrofización, donde una vez más se observa el grado de contaminación más alto que presenta el juncal con referencia a Santa Maria del lago.

6.1.10 Nitrógeno (nitratos – nitritos)

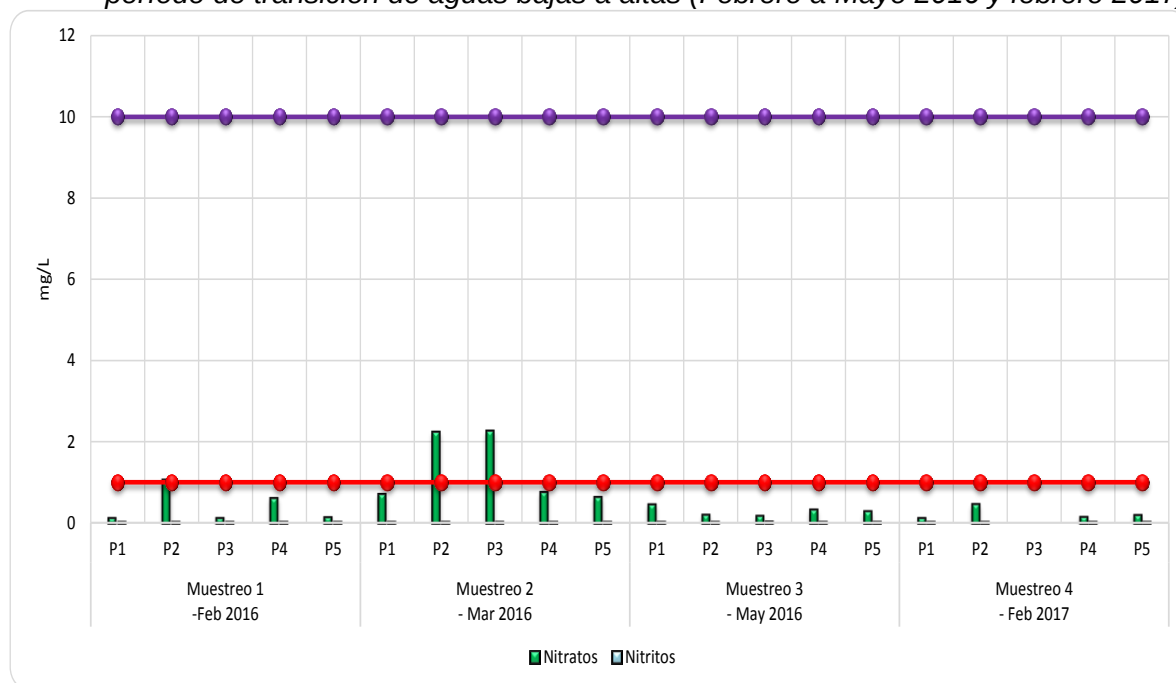
El nitrógeno es el segundo elemento en importancia que junto con el fósforo contribuyen a la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos y sus concentraciones varían de acuerdo con el estado trófico y/o con los períodos pluviométricos de lluvia y sequía en las zonas tropicales, sus iones pueden ser el factor limitante en la producción primaria a causa de su utilización por las algas (Roldán & Ramírez, 2008).

Los nitratos usualmente son incorporados al agua por contaminación humana, se emplean como indicadores de calidad sanitaria, en aguas superficiales el contenido de NO_3 , es bajo, generalmente $< 2,0 \text{ mgN-NO}_3/\text{L}$, debido a que es la forma asimilable por las macrófitas acuáticas y algas e incorporado rápidamente (Romero 2009). De acuerdo con Cantera Kintz, Carvajal Escobar & Castro (2009) las concentraciones de nitratos en aguas no intervenidas varían en 0,3 y 0,5 mg N- NO_3/L .

En Colombia dicha concentración puede oscilar entre 10 y 60 mg N- NO_3/L , debido a los aportes que se hacen por escorrentía y/o actividades antrópicas (uso de fertilizantes y vertimientos de aguas residuales domésticas (Cantera Kintz, Carvajal Escobar, & Castro, 2009)). En el humedal El Juncal las concentraciones halladas en las diferentes estaciones estuvieron por debajo del valor máximo permisible por la normatividad colombiana vigente – Decreto 1594 de 1984, donde se establece un valor de 10,0 mg N- NO_3/L específicamente por los artículos 38 y 39 los cuales dictan los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para el consumo humano y doméstico, indicando que para su potabilización sólo se requiere tratamiento y/o de desinfección, respectivamente, con valores promedio que oscilaron entre $0,33 \pm 0,22$ y $1,0 \pm 0,9 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$ para los puntos P5 y P2, respectivamente (Tabla 8- Figura 12), las mayores concentraciones se registraron en el punto P2 durante los meses de febrero y marzo de 2016 con 1,07 y 2,24 mg N- NO_3/L , respectivamente, seguido del punto P3 con 2,27 mgN- NO_3/L para el mes de marzo de 2016 (Tabla 7- Figura 12).

Como se mencionó anteriormente, dichos valores se encuentran dentro de la norma, sin embargo, exceden los valores de referencia dados por Cantera Kintz, Carvajal Escobar, & Castro (2009) & Romero (2012). Por su parte, los nitritos registraron valores por debajo del límite de detección del método analítico empleado por el laboratorio ($< 0,01 \text{ mg N-NO}_2/\text{L}$). Tabla 7, asumiendo su valor medio, la concentración de nitritos sería $0,005 \text{ mg N-NO}_2/\text{L}$, estando en pleno cumplimiento de la normativa ($1,0 \text{ mg N-NO}_2/\text{L}$. Art. 38-39/Dec.1594 de 1984).

Figura 12. Comportamiento del nitrato y el nitrito en el Humedal El Juncal Durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017)



Fuente: elaboración propia.

Los valores de Nitratos en los puntos de monitoreo del humedal Santa Maria del lago según estudio (Fierro Ortiz & Caballero Rodríguez, 2015), fluctuaron entre ($0,238- 0,36 \text{ mg/L}$). Por su parte las concentraciones del humedal el juncal fluctuaron entre ($1,00-0,33 \text{ mg/L}$).

Los Nitratos se registran en bajas concentraciones para todos los puntos, lo cual permite establecer que en los dos humedales se puede considerar que no existe grado de contaminación por nitratos; este comportamiento posiblemente obedece a que existen plantas fotosintéticas que se encargan del consumo de estas sustancias, que pueden provenir naturalmente del suelo, el principal aporte de nitratos se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos (Mejía, 2005).

Se realizó una comparación de datos obtenidos en el humedal el juncal con respecto a los humedales la conejera y Santa María del Lago de Bogotá, por su condición similar de humedales andinos como ecosistemas de alta complejidad ecológica, caracterizados por ser áreas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos, y en donde el nivel del agua está usualmente cerca o sobre la superficie del suelo, o la tierra está cubierta por aguas poco profundas (López Barrera, Plata Rangel, & Fuentes Cotes, 2015).

El humedal la conejera, está íntimamente relacionado con las poblaciones humanas que se asientan en su ronda; como resultado de esta relación se ha visto afectado hasta casi perder todas sus funciones ecológicas; no obstante el humedal se encuentra en un proceso de franco deterioro comprobado en los estados eutróficos y anóxicos de cuatro estaciones y apenas un leve incremento de OD, zona fótica y ampliación del espejo de agua en una pequeña área delimitada y sin acceso a visitantes (Madrid Soto & Daza Ardila, 2015).

Por otra parte, se considera que el Humedal Santa María del Lago se encuentra en un estado de mesotrofia a eutrofia, así mismo se concluye que la calidad del agua es mala en relación a lo obtenido en los ICA, todo lo anterior mediante el análisis de bioindicación de cada una de las comunidades hidrobiológicas y los respectivos taxa más abundantes para cada caso. Este ecosistema ha sido afectado por las construcciones y edificaciones en su terreno y la contaminación debido a fuentes cruzadas del sistema de alcantarillado que vierten sus aguas en diferentes puntos del cuerpo de agua del humedal.

Sin embargo, en comparación con El Juncal, La Conejera y Santa María del lago Actualmente, si presentan un manejo y una gestión para su conservación. Condición a la que se debe proponer ya que a nivel mundial es conocido el deterioro de estos cuerpos de agua por ser receptores de sustancias tóxicas, contaminantes orgánicos e inorgánicos, los cuales contaminan las aguas y los sedimentos (Peralta & León, 2006).

A continuación, se presenta un cuadro comparativo entre los humedales El Juncal, La Conejera y Santa María del Lago:

Tabla 7. Comparativo entre los humedales El Juncal, La Conejera y Santa María del Lago

Parámetro (valor max y min)	Humedal El Juncal	Humedal La Conejera (madrid, daza 2015)	Humedal Santa María del Lago (fierro, caballero 2015)
Alcalinidad	(411,75- 80,75 mg/L CaCO ₃)	(173,4 -20,16 mg/L CaCO ₃)	No se determino
Conductividad eléctrica	(1108-749,25 µs/cm)	(720-277 µs/cm)	No se determino
DBO5	(407,25-99 mg/L)	No se determino	(24-<5 mg/L)
DQO	(631,50 mg/L-206,67 mg/L)	(1113,33- 353.33 mg/L)	No se determino
Dureza Total	(280,75 mg/L CaCO ₃ - 149,50 mg/L CaCO ₃)	(106.25 mg/L de CaCO ₃ y 68.75 mg/L de CaCO ₃)	No se determino
Fosfatos	(4,57-2,17mg/L)	No se determino	(0,062 – 0,086 mg/L)
Nitratos	(1,00-0,33 mg/L)	No se determino	(0,238- 0,36 mg/L)
pH	(7,06 -6,56 unidades)	(7,0-6,4 unidades)	(7,48-6,41 unidades)
Sólidos disueltos totales	No se determino	No se determino	(71,4 – 541 mg/L)
Sólidos suspendidos totales	(695,50-78,33 mg/L)	No se determino	No se determino
Turbidez	(328,85-26 NTU)	No se determino	(1,82 – 34,2 NTU)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Resultados fisicoquímicos, monitoreo de calidad de aguas del humedal El Juncal, en cinco puntos de muestreo, Municipio de Bojacá – Cund.

PARAMETRO	UNIDAD	P1				P2				P3				P4				P5				DECRETO 1594 DE 1984						Resol. 631/2015
		Muestreo 1- Febrero 2016	Muestreo 2- Marzo - 2016	Muestreo 3- Mayo 2016	Muestreo 4- Febrero 2017	Muestreo 1- Febrero 2016	Muestreo 2- Marzo -2016	Muestreo 3- Mayo 2016	Muestreo 4- Febrero 2017	Muestreo 1- Febrero 2016	Muestreo 2- Marzo -2016	Muestreo 3- Mayo 2016	Muestreo 4-Febrero 2017	Muestreo 1- Febrero 2016	Muestreo 2- Marzo - 2016	Muestreo 3- Mayo 2016	Muestreo 4- Febrero 2017	Muestreo 1- Febrero 2016	Muestreo 2- Marzo - 2016	Muestreo 3- Mayo 2016	Muestreo 4- Febrero 2017	Art. 38	Art. 39	Art. 40	Art. 41	Art. 42	Art. 45	Artículo 8
Aceites y grasas	mg/L	<4	6	13,8	N.D	28	18,5	19,9	N.D	36,7	173	7,74	N.D.	9,68	8,09	6,4	N.D	12	9,9	19,4	N.D	*	*	*	*	*	*	20
Acidez Total	mg/L	31	12	35	9	50	11	45	35	71	17	42	N.D.	17	10	30	22	24	9	35	36	*	*	*	*	*	*	*
Alcalinidad	mg/L	<4	91	142	88	335	389	439	484	455	337	280	N.D.	450	342	228	341	540	332	257	311	*	*	*	*	*	*	*
Calcio Total	mg/L	124	81,74	13	N.D	40	83,33	20	N.D	72	56,34	44	N.D.	128	104,75	60	N.D	97	85,31	39,7	N.D	*	*	*	*	*	*	*
Carbono Orgánico Total	mg/L	20,3	7,6	132	54,3	167,7	213,7	132	328	186,7	295,8	110	N.D.	156,7	38,6	104	29	156,7	25,6	99	36,6	*	*	*	*	*	*	*
Cloruros	mg/L	97	68	32	23	109	110	77	77	107	115	72	N.D.	97	119	67	62	112	117	64	59	250	250	*	*	*	*	*
Conductividad	µS/cm	1442	840	305	410	667	1101	820	702	1398	1256	670	N.D.	1639	1290	653	630	1256	1355	648	626	1000						*
DBO5	mg/L	38	14	238	106	295	439	259	636	324	578	223	N.D.	293	69	213	53	306	47	134	67	*	*	*	*	*	*	90
DQO	mg/L	61	<30	396	163	503	641	396	986	560	889	330	N.D.	470	116	313	87	470	77	297	110	*	*	*	*	*	*	180
Dureza Cálcica	mg/L	310	204	33	N.D	100	208	50	N.D	180	141	109	N.D.	320	261	149	N.D	242	213	99	N.D	*	*	*	*	*	*	*
Dureza Total	mg/L	580	240	58	39	128	230	116	124	405	188	169	N.D.	450	297	160	161	470	352	162	139	*	*	*	*	*	*	*
Fosforo Total	mg/L	0,175	0,549	4,055	3,91	5,92	1,26	6,189	4,93	7,87	1,52	3,505	N.D.	5,33	2,07	3,361	3,12	4,92	1,95	3,392	3,06	*	*	*	*	*	*	*
Magnesio	mg/L	66	8,66	6	N.D	7	5,29	16	N.D	55	4,55	14,7	N.D.	32	8,66	3	N.D	56	33,98	15	N.D	*	*	*	*	*	*	*
Nitratos	mg/L	0,136	0,722	0,468	0,139	1,073	2,24	0,22	0,48	0,136	2,27	0,187	N.D.	0,627	0,77	0,344	0,166	0,16	0,65	0,307	0,21	10	10	*	*	*	*	*
Nitritos	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,015	N.D.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	1	*	10	*	*	*
pH	Und	4,56	6,83	7,5	7,36	4,37	7,88	8,26	7,73	4,53	7,29	7,8	N.D.	4,49	8,76	7,78	7,62	4,31	8,12	7,8	7,53	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	*	5,0 - 9,0	5,5-9,0	6,0 - 9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	1289	102	<20	< 20	206	66	160	1600	714	250	72	N.D.	62	130	<20	< 20,0	71	117	47	< 20,0	*	*	*	*	*	*	90
Sólidos Totales	mg/L	2604	770	45	172	788	710	680	2250	1293	1103	610	N.D.	1096	1093	625	504	1131	1190	595	476	*	*	*	*	*	*	*
Sulfatos	mg/L	754,34	372,23	46,69	N.D	183,12	90,51	78,57	N.D	734,75	165,42	140,75	N.D.	244,81	261,04	129,59	N.D	1226,02	256,69	128,45	N.D	400	400	*	*	*	*	*
Turbiedad	NTU	122	180	10,6	9,55	50,1	46,5	18,2	1201	213	341	29,9	N.D.	30,9	252	14,4	14,2	16	40,8	24,3	22,9	10,0	*	*	*	*	*	*

Decreto 1594 de 1984:
Artículo 38 y 39: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para el consumo humano y doméstico, indicando que para su potabilización solo se requiere tratamiento y/o de desinfección, respectivamente.
Artículo 40: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola. Artículo 41: Los 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: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna.
Resolución 631 de 2015:
Artículo 6: Defectos físico-químicos en aguas superficiales. Defectos físicos admisibles en las condiciones ambientales de campo: turbiedad (NTU) y color (PCU) de las aguas superficiales, expresados en los rangos de los valores admisibles (0-20 y 0-20) de los estándares del control químico de la calidad de aguas superficiales.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Resultados Fisicoquímicos con sus respectivos valores promedio (X) y desviación estándar (DS), monitoreo de la calidad de aguas del humedal El Juncal en cinco puntos de muestreo. Municipio de Bojacá-Cundinamarca.

PARAMETRO	UNIDAD	P1		P2		P3		P4		P5		DECRETO 1594 DE 1984						Resol. 631/2015
		X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	Art. 38	Art. 39	Art. 40	Art. 41	Art. 42	Art. 45	Artículo 8
Aceites y grasas	mg/L	7,27	6,00	22,13	5,13	72,48	88,25	8,06	1,64	13,77	4,99	*	*	*	*	*	*	20
Acidez Total	mg/L	21,75	13,15	35,25	17,33	43,33	27,02	19,75	8,42	26,00	12,57	*	*	*	*	*	*	*
Alcalinidad	mg/L	80,75	58,05	411,75	64,22	357,33	89,25	340,25	90,64	360,00	124,09	*	*	*	*	*	*	*
Calcio Total	mg/L	72,91	56,02	47,78	32,37	57,45	14,03	97,58	34,56	74,00	30,28	*	*	*	*	*	*	*
Carbono Orgánico Total	mg/L	53,55	55,89	210,35	85,27	197,50	93,37	82,08	59,88	79,48	60,79	*	*	*	*	*	*	*
Cloruros	mg/L	55,00	34,09	93,25	18,77	98,00	22,87	86,25	26,75	88,00	30,74	250	250	*	*	*	*	*
Conductividad	µS/cm	749,25	516,59	822,50	196,87	1108,00	385,91	1053,00	496,15	971,25	388,17	1000						*
DBO5	mg/L	99,00	100,53	407,25	171,18	375,00	182,91	157,00	115,75	138,50	117,70	*	*	*	*	*	*	90
DQO	mg/L	206,67	174,17	631,50	256,73	593,00	280,96	246,50	179,67	238,50	182,22	*	*	*	*	*	*	180
Dureza Cálcica	mg/L	182,33	139,77	119,33	80,75	143,33	35,56	243,33	86,86	184,67	75,59	*	*	*	*	*	*	*
Dureza Total	mg/L	229,25	250,77	149,50	53,90	254,00	131,11	267,00	137,93	280,75	158,21	*	*	*	*	*	*	*
Fosforo Total	mg/L	2,17	2,10	4,57	2,28	4,30	3,25	3,47	1,36	3,33	1,23	*	*	*	*	*	*	*
Magnesio	mg/L	26,89	33,90	9,43	5,75	24,75	26,68	14,55	15,37	34,99	20,52	*	*	*	*	*	*	*
Nitratos	mg/L	0,37	0,28	1,00	0,90	0,86	1,22	0,48	0,27	0,33	0,22	10	10	*	*	*	*	*
Nitritos	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1	1	*	10	*	*	*
pH	Und	6,56	1,37	7,06	1,81	6,54	1,76	7,16	1,85	6,94	1,77	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	*	5,0 - 9,0	5,5-9,0	6,0 - 9,0
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	695,50	629,34	508,00	730,33	345,33	331,45	96,00	61,99	78,33	48,76							90
Solidos Totales	mg/L	897,75	1180,61	1107,00	763,36	1002,00	352,52	829,50	309,96	848,00	364,90							
Sulfatos	mg/L	391,09	354,20	117,40	57,23	346,97	336,05	211,81	71,67	537,05	600,10	400	400	*	*	*	*	*
Turbiedad	NTU	80,54	84,74	328,95	581,54	194,63	156,36	77,88	116,35	26,00	10,51	10,0	*	*	*	*	*	*

Decreto 1594 de 1984:
Artículo 38 y 39: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para el consumo humano y doméstico, indicando que para su potabilización solo se requiere tratamiento y/o de desinfección, respectivamente.
Artículo 40: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola. Artículo 41: Los 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: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna.
Resolución 631 de 2015:
Artículo 8: Parámetros fisicoquímicos y sus valores máximos límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas -ARD de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD y ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.
* : No Contemplados Dentro de la Norma
N.D: No Determinado

Fuente: elaboración propia.

6.2 Resultados índices de contaminación (Ramírez y Viña 1998)

De acuerdo con lo mencionado en la metodología, se toma como referencia los índices de contaminación de las aguas superficiales (ICO's) ya que integran los parámetros químicos que indican el nivel de deterioro de la calidad de los cuerpos de agua, para este caso se aplicaron sobre el Humedal El Juncal, no siendo muy común sobre este tipo de cuerpos de agua, sin embargo, en aras de identificar las causales de contaminación se aplicaron dichos índices. Los parámetros utilizados para la construcción de los ICO's como se relacionaron dentro del marco teórico fueron: Conductividad, Alcalinidad y Dureza (ICOMI), sólidos suspendidos totales (ICOSUS) y fósforo total (ICOTRO). Después de realizar los cálculos correspondientes de cada uno de los índices se obtuvieron los valores de ICO's consignados en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados de los índices de contaminación de Ramírez y Viña (1998).

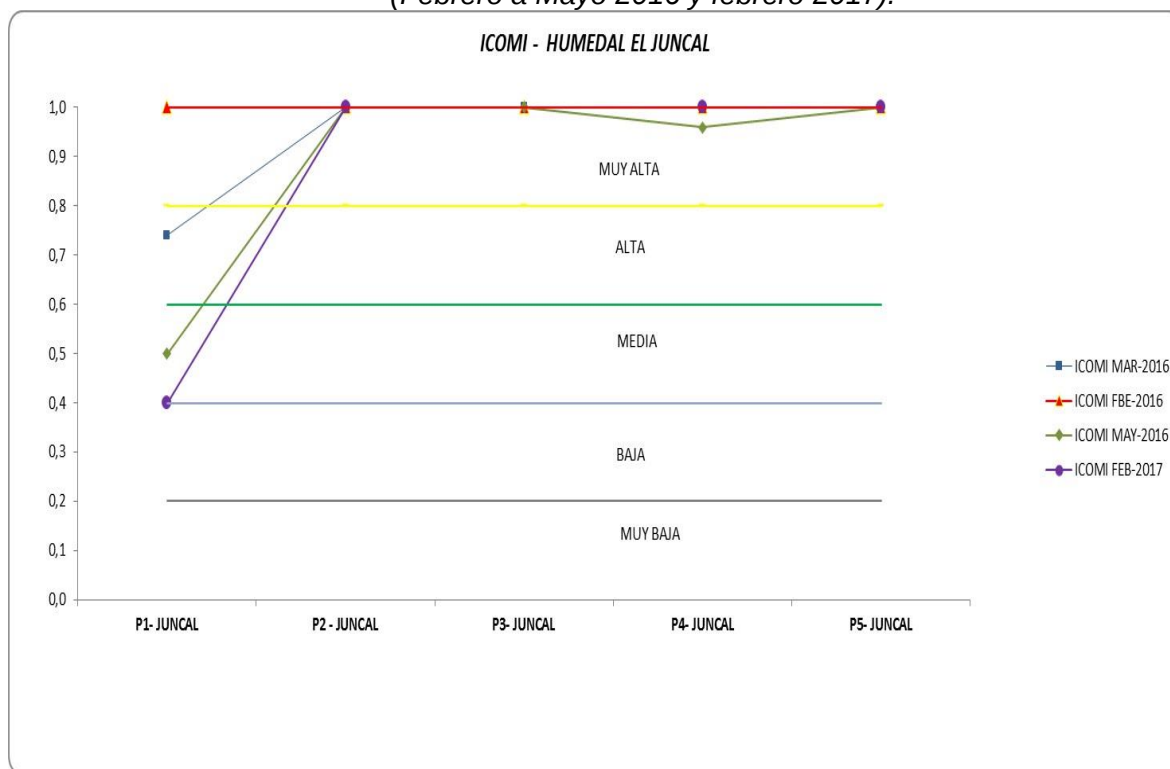
ICOMI			ICOSUS			ICOTRO		
feb-16			feb-16			feb-16		
ESTACIÓN	ICOMI	Contaminación	ESTACIÓN	ICOSUS	Contaminación	ESTACIÓN	PT (mg/L)	ICOTRO
P1- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P1- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P1- JUNCAL	0,175	Eutrófica
P2 - JUNCAL	1,00	Muy Alta	P2 - JUNCAL	0,6	Alta	P2 - JUNCAL	5,92	Hiper Trófica
P3- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P3- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P3- JUNCAL	7,87	Hiper Trófica
P4- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P4- JUNCAL	0,17	Muy Baja	P4- JUNCAL	5,33	Hiper Trófica
P5- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P5- JUNCAL	0,19	Muy Baja	P5- JUNCAL	4,92	Hiper Trófica
mar-16			mar-16			mar-16		
ESTACIÓN	ICOMI	Contaminación	ESTACIÓN	ICOSUS	Contaminación	ESTACIÓN	PT (mg/L)	ICOTRO
P1- JUNCAL	0,74	Alta	P1- JUNCAL	0,29	Baja	P1- JUNCAL	0,549	Eutrófica
P2 - JUNCAL	1,00	Muy Alta	P2 - JUNCAL	0,18	Muy Baja	P2 - JUNCAL	1,26	Hiper Trófica
P3- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P3- JUNCAL	0,73	Alta	P3- JUNCAL	1,52	Hiper Trófica
P4- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P4- JUNCAL	0,37	Baja	P4- JUNCAL	2,07	Hiper Trófica
P5- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P5- JUNCAL	0,33	Baja	P5- JUNCAL	1,95	Hiper Trófica
may-16			may-16			may-16		
ESTACIÓN	ICOMI	Contaminación	ESTACIÓN	ICOSUS	Contaminación	ESTACIÓN	PT (mg/L)	ICOTRO
P1- JUNCAL	0,50	Media	P1- JUNCAL	0,01	Muy Baja	P1- JUNCAL	4,055	Hiper Trófica
P2 - JUNCAL	1,00	Muy Alta	P2 - JUNCAL	0,46	Media	P2 - JUNCAL	6,189	Hiper Trófica
P3- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P3- JUNCAL	0,2	Baja	P3- JUNCAL	3,505	Hiper Trófica
P4- JUNCAL	0,96	Muy Alta	P4- JUNCAL	0,01	Muy Baja	P4- JUNCAL	3,361	Hiper Trófica
P5- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P5- JUNCAL	0,12	Muy Baja	P5- JUNCAL	3,392	Hiper Trófica
feb-17			feb-17			feb-17		
ESTACIÓN	ICOMI	Contaminación	ESTACIÓN	ICOSUS	Contaminación	ESTACIÓN	PT (mg/L)	ICOTRO
P1- JUNCAL	0,40	Media	P1- JUNCAL	0,01	Muy Baja	P1- JUNCAL	3,91	Hiper Trófica
P2 - JUNCAL	1,00	Muy Alta	P2 - JUNCAL	1,00	Muy Alta	P2 - JUNCAL	4,93	Hiper Trófica
P3- JUNCAL			P3- JUNCAL	0,00	Muy Baja	P3- JUNCAL		
P4- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P4- JUNCAL	0,01	Muy Baja	P4- JUNCAL	3,12	Hiper Trófica
P5- JUNCAL	1,00	Muy Alta	P5- JUNCAL	0,01	Muy Baja	P5- JUNCAL	3,06	Hiper Trófica

Fuente: elaboración propia.

El índice de contaminación ICOMI, mostró que el humedal El Juncal registró contaminación por mineralización entre **Media** y **Muy Alta** a lo largo del estudio, destacándose el primer mes de muestreo que correspondió a febrero de 2016, donde para todas las estaciones registraron un **ICOMI= 1,0** (Tabla 10 - Figura 13) coincidiendo con un mes de bajas precipitaciones (34 mm) del año hidrológico en

la región (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2016). Esta condición de contaminación se mantuvo en el resto de los meses, salvo la estación P1 que tendió a disminuir progresivamente hasta obtener una contaminación **Media** (mayo 2016 y febrero 2017) -(Tabla 9- Figura 13), las demás estaciones permanecieron en niveles críticos. Este comportamiento estuvo relacionado con los altos valores de conductividad los cuales oscilaron entre $749,25 \pm 516,59$ y $1108 \pm 385,9$ $\mu\text{S/cm}$ para P1 y P2, respectivamente (Tabla 8.0), cuando el índice de este parámetro califica con el máximo de 1,0 a valores mayores a $270 \mu\text{S/cm}$. Asimismo, para la alcalinidad se registraron valores $> 250 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ en promedio, siendo esta mayor para los puntos P2, P3, P4 y P5 (Tabla 8.0- Figura 11), salvo P1 para la cual, fue la única variable dentro de las que conforman el índice que presentó diferencias significativas con las demás estaciones con un ANOVA de una vía, $p < 0,05$ (Anexo A).

Figura 13. Comportamiento del índice de contaminación por mineralización -ICOMI en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017).



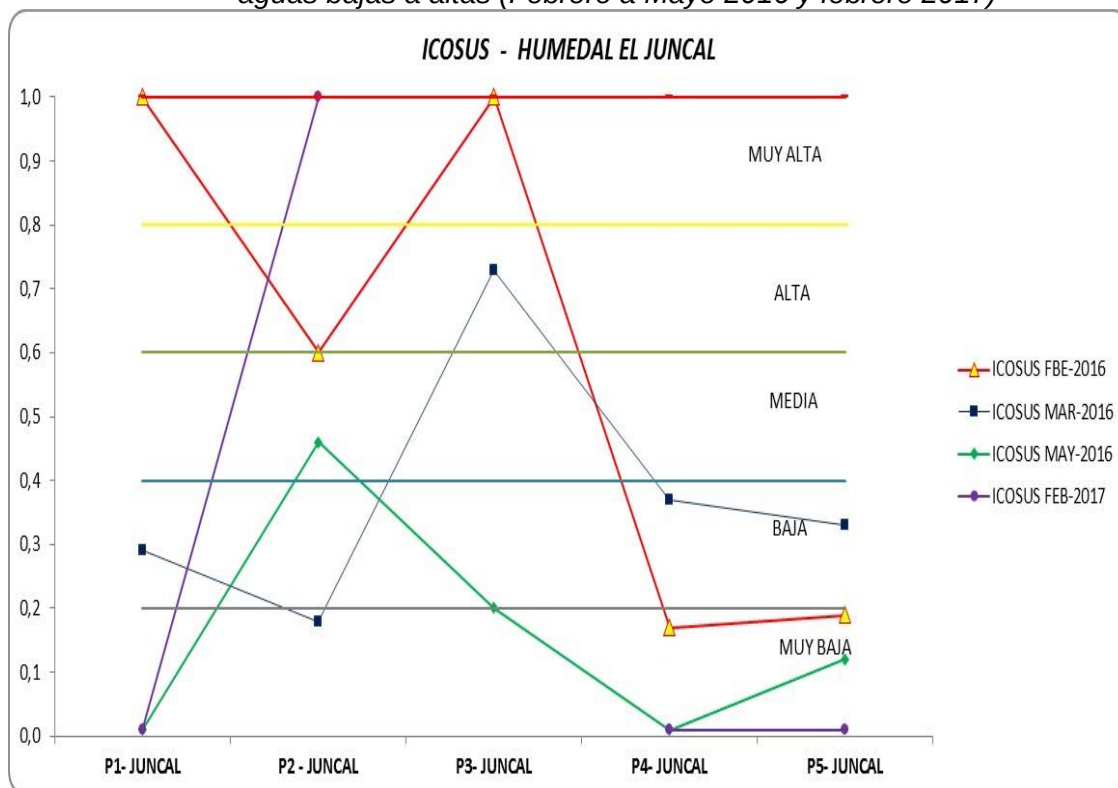
Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la contaminación por sólidos suspendidos totales (el cual registró diferencias significativas entre los puntos P4 y P5 con respecto a P2 y P3 con un $p < 0,05$ - Anexo A), se observó que este varió a lo largo del estudio, siendo

para el mes de febrero de 2016 los puntos P1 (cultivos de flores) y P3 (captación de agua) los que presentaron una contaminación Muy Alta (ICOSUS= 1,0) con cantidades de 1289 y 714 mg/L, respectivamente, sobrepasando los 340 mg/L (máximo valor dentro del índice) – Tabla 9, por su parte, el punto de descarga de aguas residuales (P2) registró una contaminación Alta (ICOSUS = 0,6) y los puntos P4 y P5 registraron Muy Baja contaminación (ICOSUS de 0,17 y 0,19, respectivamente)- (Tabla 10 - Figura 14), lo cual pudo estar asociado a la presencia de buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011).

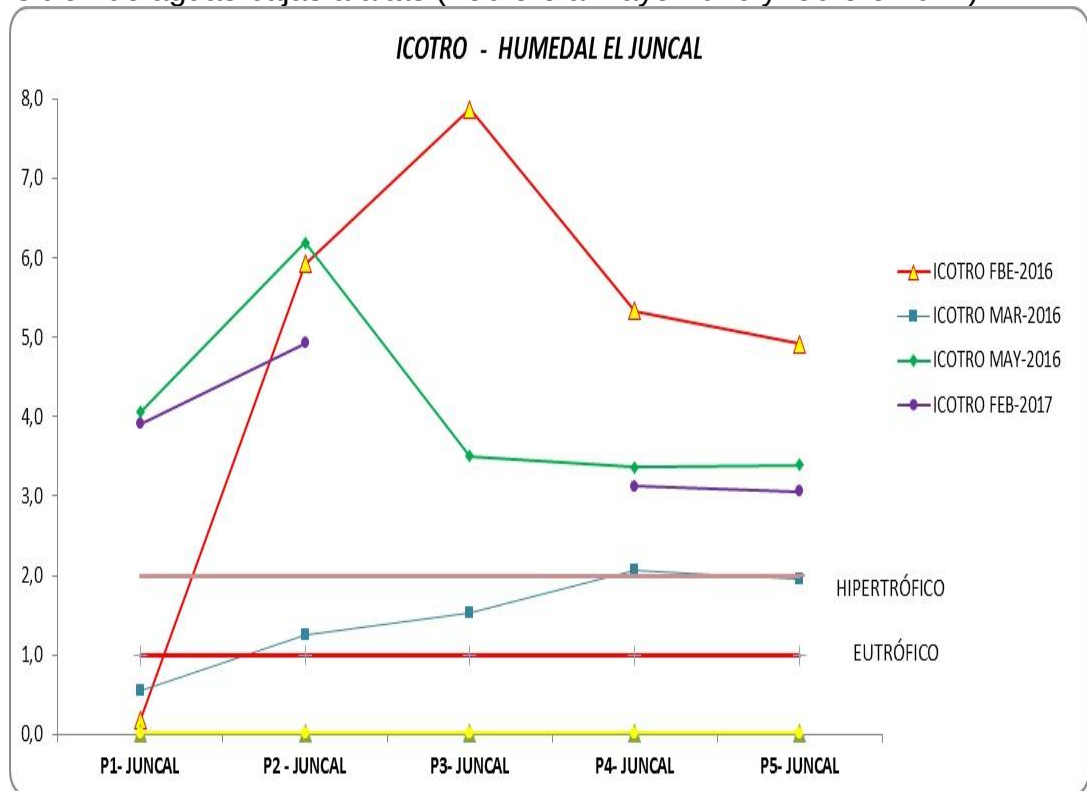
La cual actúa como un biofiltro gracias a su sistema radicular (Herrera y Rueda, 2008). Para los siguientes meses de muestreo (marzo y mayo 2016, y febrero de 2017), la contaminación empieza a disminuir considerablemente en casi todas las estaciones, destacándose que en febrero de 2017 todas registraron una contaminación Muy Baja salvo el P2 (Tabla 9.0- Figura 12), la cual está asociada a la descarga de aguas residuales domésticas provenientes de la PTAR del municipio de Bojacá.

Figura 14. Comportamiento del índice de contaminación por sólidos suspendidos totales -ICOSUS en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017)



Fuente: elaboración propia.

Por último, el índice de contaminación por contenidos de fósforo total – ICOTRO, en todos los muestreos efectuados no bajo de condiciones **Hipereutróficas** ($> 1,0$ mg P/L), salvo en los meses de febrero y marzo de 2016 en el punto P1 (cultivo de flores) con ICOTRO de 0,175 y 0,549, respectivamente, indicando una condición de **Eutroficación** (Tabla 9- 0), las demás estaciones registraron concentraciones de fósforo total superiores a 3,0 mg P/L, destacándose los puntos P2 y P3 con valores promedio de $4,57 \pm 2,28$ y $4,3 \pm 3,25$ mg P/L, respectivamente (Tabla 8). Comportamiento del índice de contaminación por fósforo total -ICOTRO en el Humedal El Juncal durante el período de transición de aguas bajas a altas (Febrero a Mayo 2016 y febrero 2017)



Fuente: elaboración propia.

De forma general, las condiciones imperantes alrededor del Humedal El Juncal facilitan que este se encuentre en estados de deterioro, recibiendo aportes contaminantes de las actividades agrícolas donde se destaca cultivos rotacionales de papa, lechuga, hortalizas, entre otros, y el más fuerte de los impactos proviene de los vertimientos de aguas residuales domésticas del municipio de Bojacá, a lo anterior se suma que el espejo de agua se encuentra colonizado por diversas especies de macrófitas identificadas en salidas de campo, contrastadas con bibliografía de la corporación autónoma regional CAR, que una vez terminado su ciclo de vida estas se incorporan como materia orgánica susceptible de mineralización y descomposición (Sierra Ramírez, 2011). Es importante tener en cuenta que, al monitorear un cuerpo de agua en particular, en este caso el Humedal el Juncal, con el tiempo algunas variables podrían mejorar, mientras

otras podrían ir mostrando mayor deterioro, por ello la aplicación de los ICO's ya que permiten conocer con precisión lo que sucede en un cuerpo de agua evaluado. Por tal razón no se aplicaron los ICA debido a que no permiten esclarecer condiciones particulares, y se debe retornar a los registros fisicoquímicos primarios.

En su estudio, Ramírez et al. (1997) demostraron que tales índices son independientes y complementarios, por tanto, descubren problemas ambientales disímiles, subsanan todos y cada uno de los problemas previamente referidos para los ICA y permiten realizar una rápida interpretación del estado de la calidad del cuerpo de agua evaluado.

Los índices ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos. Conjugan las propiedades más fundamentales de las aguas, y por esto son variables que regularmente se determinan en cualquier estudio limnológico o ambiental, muy a pesar de que la mayoría de ellas no están siquiera contempladas en la legislación nacional, razón por la cual cobran especial interés. (Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997))

7.-Componente pedagógico

En la Institución Educativa Departamental Nuestra Señora de la Gracia, se diseñó e implementó una propuesta pedagógica desde el año 2013, mediada por el área de ciencias naturales de básica primaria para el conocimiento de la reserva hídrica “Humedal el Juncal”, del municipio de Bojacá; a partir de un grupo de investigación conformado por los estudiantes de los grados tercero y cuarto de primaria de la Sede Gaitán. Grupo denominado “Amigos del Humedal el Juncal”.

Esta propuesta pedagógica fue llevada a cabo en la IED, basada en los lineamientos del Proyecto Educativo Institucional PEI, y su proyecto transversal Ambiental Educativo PRAE “Bojacá hacia la construcción de una nueva cultura ambiental” aplicando la Investigación como Estrategia Pedagógica (IEP) del proceso de Reconstrucción colectiva del Programa Ondas (Colciencias 2004). Con el objetivo de dar a conocer a la comunidad educativa la única reserva hídrica del municipio “Humedal el juncal”, a fin de abrir nuevas alternativas de aprendizaje en las ciencias naturales a partir de los recursos naturales y de esta forma orientar esfuerzos a la construcción de una nueva cultura ambiental en la comunidad.

Los insumos que brinda la investigación de la determinación de la calidad fisicoquímica del agua del humedal, enriquecerán los aportes de esta propuesta, que finalmente busca propender a través de la educación el cuidado y preservación de esta reserva tan importante para el Municipio no solo a nivel ecológico sino también histórico. Este ecosistema se convierte en un aula ambiental para los estudiantes de básica primaria, permite transversalizar las áreas de conocimiento y es grato lograr resultados de multiplicación de la información a toda la comunidad educativa entendida como padres de familia, estudiantes, directivos, administrativos, ente gubernamental del municipio (ver Anexo B).

Palabras claves: Humedal, Reserva hídrica, Educación, cultura, medio ambiente, Investigación, Estrategias pedagógicas

Estrategias pedagógicas

Ámbito legal: Solicitar con las autoridades competentes CAR (Corporación Autónoma Regional), análisis del estudio realizado a fin de tomar mecanismo de acción.

Presentar derecho de petición ante Alcaldía de Bojacá y CAR, acerca del plan de manejo ambiental del humedal

Ámbito Educativo: Realizar jornada de reciclaje en perímetro del humedal y enseñar a los estudiantes condiciones adecuadas para respectiva visita, dado el estudio de contaminación arrojado.

Colocar carteles educativos alrededor del humedal con el fin de identificar focos de contaminación y cuidados requeridos para las salidas pedagógicas.

<capacitaciones en prevención de enfermedades y riesgos por el nivel de contaminación del humedal

Ámbito científico: Solicitar a ante el car estudio del gradiente del punto de vertimiento de la PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales).

8. Conclusiones

La valoración de los parámetros fisicoquímicos en un cuerpo de agua (humedal) es fundamental para conocer los factores que posiblemente influenciados por la actividad antrópica, están causando variaciones en la calidad del agua del mismo.

El humedal el juncal presenta en todos sus puntos de muestreo en el periodo comprendido entre febrero de 2016 a febrero de 2017 una contaminación por mineralización ICOMI de media a muy alta, y contaminación por solidos suspendidos ICOSUS que oscilo entre muy baja y muy alta, así mismo se observa que el índice de contaminación por contenidos de fosforo total mostro condiciones hipereutroficas y eutróficas en el humedal.

El índice de contaminación por mineralización dio cuenta de un sistema con Muy Alta contaminación dados los altos valores para la conductividad, alcalinidad y dureza total registrados.

El índice de contaminación por sólidos suspendidos totales varió a lo largo del estudio, pasando de contaminaciones Altas durante el primer mes de muestreo a disminuir de forma progresiva en los siguientes, sin embargo, el punto P2 de la descarga de aguas residuales domésticas tuvo valores altos

Los valores de pH durante el mes de febrero de 2016 incumplieron los límites establecidos en la normatividad colombiana vigente Decreto 1594 de 1984 y Resolución 631 de 2015, para el uso del recurso con fines de consumo humano y domestico previo tratamiento y uso agrícola respectivamente. Estos valores pueden explicarse por las bajas precipitaciones y la cantidad de materia orgánica acumulada dentro del humedal susceptible de descomposición aportada por la macrófitas acuáticas, vertidos de agua residual y respiración de organismos heterotróficos que liberan CO₂ al medio produciendo a su vez ácido carbónico y con ello generando descensos en el pH.

Los resultados arrojados por la DBO₅ y la DQO, fueron consecuentes con los resultados obtenidos para el carbono orgánico total (COT), que mostro valores muy altos a lo largo del estudio en el punto numero 2 (Vertimiento PTAR) superando valores de referencia para descargas de aguas residuales. Este parámetro permite validar la consistencia de los datos obtenidos para la DBO₅ y DQO.

En cuanto a la cantidad de fósforo total, este superó los valores de referencia establecidos para sistemas naturales tropicales con poca intervención, indicando que el humedal El Juncal se encuentra en avanzados estados tróficos llegando al máximo posible Híper-eutroficación. Lo anterior se corroboró con el índice de contaminación ICOTRO.

La enseñanza de las ciencias constituye un vehículo privilegiado para permitir que los estudiantes se integren en una sociedad cada vez más tecnificada, e inmersa en continuos cambios. Por ello, es necesario avanzar hacia perspectivas más integradoras que acerquen al alumnado a la realidad en aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología y que permitan, tanto al alumnado como al profesorado, percibir el sentido, el beneficio y la utilidad que les proporcionan.

La metodología a partir de la investigación como estrategia pedagógica (IEP), donde se acude a la pregunta, a la observación y a la investigación, genera en los estudiantes aprendizaje significativo, el conocimiento emerge desde el mismo estudiante a partir de su entorno y cotidianidad.

9, Recomendaciones

Llevar a cabo el estudio durante un ciclo hidrológico completo abarcando más área del humedal con la participación de las autoridades competentes, toda vez, que el sistema se encuentra dentro de predios privados, lo cual limitó sustancialmente la presente investigación.

Ampliar los parámetros fisicoquímicos de relevancia limnológica con la cooperación de las instituciones responsables de llevar a cabo el Plan de Manejo Ambiental del humedal establecido en el Art. 5 del Acuerdo 47 del 20 de noviembre de 2006, toda vez que este estudio no tuvo una contrapartida por parte de ningún ente y se sabe que existen falencias por la falta de mediciones más detalladas.

Ampliar los estudios limnológicos incorporando la caracterización de los diferentes ensambles hidrobiológicos (fitoplancton, zooplancton, macro invertebrados bentónicos y asociados a macrófitas, macrófitas e ictiofauna).

Llevar a cabo muestreos de los sedimentos del humedal El Juncal, donde puede hallarse evidencia de contaminación.

Realizar levantamientos de los posibles factores que inciden en la contaminación del humedal.

Incluir a la comunidad dentro de los procesos de recuperación, rehabilitación y/o restauración del humedal El Juncal.

Referencias

- Abella, M. (2005). *Desarrollo de una cultura ambiental en el contexto del Humedal Aguas Claras*. Villavicencio.
- Acosta Parra, J. A., & Chivatá Bedoya, J. T. (enero de 2016). *Apropiación y sensibilización ambiental con la comunidad aledaña al Humedal La Conejera , a partir del reconocimiento de los organismos que conforman el Fitoplancton y Zooplancton*. Bogotá, D.C.: Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Alcaldía Municipal de Bojacá. (2005). *Contrato de consultoría 419*. Bojacá.
- Alcaldía Municipal de Bojacá. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorio*. Bojacá.
- Allan, D. (1995). *Stream ecology: structure and function of running waters*. Londres: Chapman & hall.
- Allan, D., & Castillo, M. (2007). *Stream Ecology: structure and function of running waters* (2 ed.). Springer Science & Business Media.
- Álvarez Cobelas, M., Catalán, J., & García, D. (2005). *Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Madrid: Min. Ambiente y U. de Castilla.
- Ardila, A. (2010). *Degradación foto catalítica de materia orgánica no biodegradable presente en efluentes de la industria farmacéutica*. México, D.F.
- Ariza Ramírez, A. I., Moncaleano Niño, A. M., & Córdoba, P. M. (2006). *Los humedales como herramienta para el alivio de la pobreza*. Bogotá: Universidad Nacional.
- Barón López, F. J., & Téllez Montiel, F. (Diciembre de 2004). *Apuntes de bioestadística: tercer ciclo de ciencias de salud y medicina*. Obtenido de <https://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap07.pdf>
- Bejarano Reyes, J. (2014). *Plan de recuperación de los humedales de Bogotá Caso Humedal Juan Amarillo*. Bogotá, D.C.: Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana.

- Beltrán Vargas, J. E., & Rangel Churio, J. O. (2013). *Modelación del estado trófico del Peralta, J León. Estudios de caracterización limnológico de los embalses de la provincia de Mendoza*. Mendoza.
- Boyd, C., & Tucker, C. (1992). *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Alabama: Auburn University.
- Cantera Kintz, J. R., Carvajal Escobar, Y., & Castro, L. (2009). *El caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Chaparro Rodríguez, A. (2007). *Valoración cualitativa del Humedal de Torca por contaminación ambiental de residuos sólidos*. Bogotá, D.C.: Trabajo de grado. Universidad de la Salle.
- Climate - Data. (2016). *Clima: Bojacá*. Recuperado el 20 de enero de 2016, de <https://es.climate-data.org/location/49863/>
- Cole, G. (1988). *Manual de Limnología*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de marzo de 2015). *Resolución 631: Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistema de alcantarillado público ...* Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf
- Colombia. Presidencia de la República. (26 de junio de 1984). *Decreto 1594: por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9/79, 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/ 74 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>
- Consultoría y Servicios Ambientales CIAN Ltda. (2016). *Caracterización físico química Humedal el Juncal*. Bojacá.
- Convención de Ramsar. (junio de 2010). *Directrices para la evaluación ecológica rápida de la biodiversidad de las zonas costeras, marinas y de aguas continentales*. Obtenido de http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/lib_rtr01_s.pdf
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (20 de noviembre de 2006). *Acuerdo 47: Por el cual se declara Reserva Hídrica el Humedal El Juncal, se establece su franja de protección y se adoptan otras determinaciones*.

Obtenido de
<https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=9219&download=Y>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2011). Humedales del territorio CAR. *Cartilla día de los humedales*.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2016). Precipitaciones mensuales Bojacá 1960 - 2016. Bogotá, D.C.

Díaz Sánchez, L. J. (2008). *Diseños del sistemas de gestión ambiental municipal – SIGAM para el municipio de Bojacá (Cundinamarca)*. Bogotá, D.C.: Trabajo de grado. Universidad de la Salle.

Diehl, S. (1992). *Fish predation and benthic community structure: the role of omnivory and habitat complexity*. Sweden: University of Umea.

Donato, J., González, L. E., & Rodríguez, C. L. (1996). Ecología de dos ecosistemas acuáticos de páramo. (9), 164.

Esteves, F. (1998). *Fundamentos de Limnología*. Río de Janeiro: Interciencia/FINEP.

Fernandez Vitoria, V. (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Obtenido de
http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf

Fierro Ortiz, E., & Caballero Rodríguez, L. E. (2015). *Evaluación de la calidad del agua del humedal de santa maría del lago mediante el uso de índices biológicos y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales*. Trabajo de grado. USTA.

Fierro Ortiz, E., & Caballero Rodríguez, L. E. (2015). *Evaluación de la calidad del agua del humedal de Santa María del Lago mediante el uso de índices biológicos y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales*. Trabajo de grado. USTA.

Gómez, B. (2013). *La función de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en los espacios urbanos*. Bogotá, D.C.: Trabajo de grado. Instituto de Ciencias y Tecnología.

Gopal, B., Turner, R., Wetzel, R., & Whigham, D. (1982). *Wetlands Ecology and Management. Proceedings of the 1st International Congress on Wetlands*. Jaipur: International Scientific Publications.

- Guido Zarate, A., & Durán de Bazúa, C. (2008). Remoción de contaminantes en un sistema modelo de humedales artificiales a escala de laboratorio. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 23(1), 22.
- Hernández, Á. M. (2010). *Análisis de la gestión ambiental desde la perspectiva de la gobernabilidad ambiental en los parques ecológicos distritales de humedal de la ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá: Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana.
- IDEAM. (2010). *Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas.* Bogotá, D.C.: Ideam.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2016). *Colombia anfibia. Un país de humedales* (Vol. II). Bogotá: Instituto Humboldt.
- Jiménez, M. A., & Vélez, M. V. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad del agua superficial. *Avances en recursos hídricos*(14), 53.
- Kevern, N., Elliot, R., Flaherty, M., Jennings, H., & Zaft, D. (1989). *A limnological survey of Paradise Lake, emmett and cheboygan counties.* Michigan State University.
- López Barrera, E. A., Plata Rangel, Á. M., & Fuentes Cotes, M. (2015). *Humedal Torca-Guaymaral: iniciativas para su conservación.* Bogotá, D.C.: U. Sergio Arboleda, U. Bosque RAUS.
- Madrid Soto, N. E., & Daza Ardila, D. (2015). *Determinación de la condición ambiental del humedal La Conejera a partir del estudio de la materia orgánica.* Trabajo de grado Maestría. UJTL.
- Madrid Soto, N. E., & Daza Ardila, D. (2015). *Determinación de la condición ambiental del humedal La Conejera a partir del estudio de la materia orgánica.* Bogotá, D.C.: Trabajo de grado MSc. UTADEO.
- Mejía, C. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras.* San Jerónimo: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Naranjo, L. G., Andrade, G., & Ponce de León, E. (1999). *Humedales Interiores de Colombia bases técnicas para su conservación y uso sostenible.* Bogotá D.C.: Instituto Alexander von Humboldt.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, F., & Alfayete, J. (2005). *Contaminación ambiental, una visión desde la química.* Madrid.

- Peralta, P., & León, J. (2006). *Estudios de caracterización limnológica de los embalses de la provincia de Mendoza. Componentes de calidad de agua y suelo*. Bogotá, D.C.
- Pita Corredor, E. M., Niño Rocha, N., & Quiroz Manrique, G. S. (2015). Incidencia de la educación ambiental en la configuración de agentes políticos a partir de procesos de recuperación del humedal La Conejera. *Revista Aletheia*, 7(2).
- Pulido López, P. C., & Pinilla Agudelo, G. A. (2017). Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(158), 41.
- Quirós, R., Boveri, M., Petracchi, C., Rennella, A., Rosso, J., Sosnovsky, A., y otros. (2006). *Los Efectos de la Agriculturización del humedal Pampeano sobre la eutrofización de sus*.
- Ramírez González, A., & Viña Vizcaíno, G. (1998). *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá, D.C.: UJTL.
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). *Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación*. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3) 135-153.
- Restrepo, R., & Cardeñoso, M. (1999). *Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulación*. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(5) 89-99.
- Rodríguez Casas, L. A., & Pérez Rueda, N. E. (2016). *Prototipo de medición de parámetros fisicoquímicos para determinar la relación entre indicadores biológicos y calidad del agua en el Humedal Santa María del Lago*. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2 ed.). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Romero Aguilar, M., Colín Cruz, A., Sánchez Salinas, E., & Ortiz Hernández, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3), 157.
- Romero Aravena, H., & Smith Guerra, P. (2009). Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalien, Los Batros y Lengua. *Revista de Geografía Norte Grande*(43), 81.
- Romero, F. (2012). *Selección e implementación de un índice de calidad del agua ICA o de contaminación ICO para la cuenca del río Ranchería en el*

Departamento de la Guajira. Bogotá, D.C.: Tesis de Maestría en Ciencia Ambientales. UJTL.

Romero, J. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño*. Bogotá, D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Romero, J. A. (2005). *Calidad de agua*. Bogotá, D.C.: Escuela Colombiana de Ingenieros.

Ruíz Castro, I. R. (25 de septiembre de 2014). *Análisis de varianza de un factor ANOVA (Aspectos teóricos)*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=8CCdJv0NLPw>

Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua-Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín.

Villagrán Mella, R., Aguayo, M., Parra, L., & González, A. (2006). Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 79(2), 195.

Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega.

Zar, J. (1999). *Biostatistical Analysis* (4 ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Zimmer, K., Hanson, M., & Butler, M. (2000). *Factors influencing invertebrate communities in prairie wetlands: a multivariate approach*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science: North Dakota State University.

Anexos

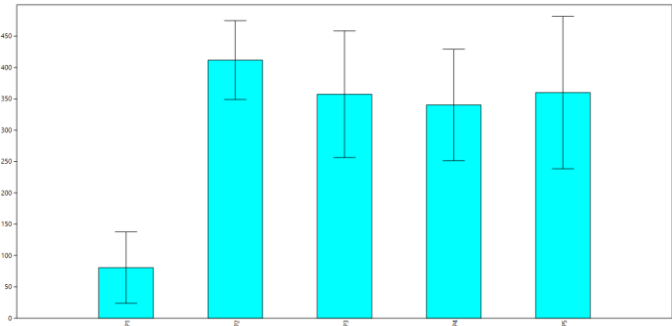
Anexo A. Estadísticos

Alcalinidad

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	271900	4	67975	8,71	0,000953
Within groups:	109257	14	7804,07		
Total:	381157	18			
omega ² :	0,6188				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,6829
Levene's test, from medians				p (same):	0,9274
Welch F test in the case of unequal variances: F=13,3, df=6,572, p=0,002776					

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	
Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal. Significant comparisons are pink.					
	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,001324	0,005773	0,009416	0,005356
P2	7,256		0,9124	0,7997	0,9257
P3	6,063	1,193		0,9988	1
P4	5,688	1,567	0,3745		0,9979
P5	6,121	1,134	0,05846	0,4329	



DBO₅

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups	312118	4	78029.6	4.093	0.02111
Within groups	266896	14	19064		
Total	579014	18			

ω^2 : 0.3944

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0.6124
Levene's test, from medians	p (same):	0.8553

Welch F test in the case of unequal variances: $F=2.624, df=6, 536, p=0.1318$

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

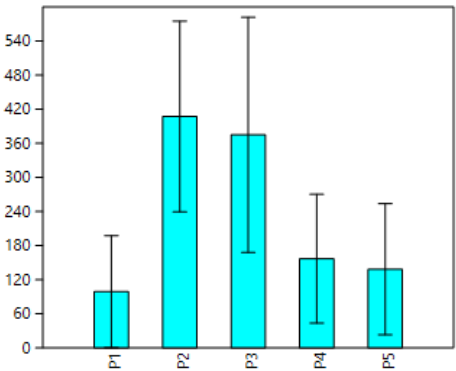
	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,05571	0,09804	0,9767	0,9945
P2	4,323		0,9975	0,1509	0,111
P3	3,871	0,4523		0,2494	0,188
P4	0,8135	3,51	3,057		0,9997
P5	0,554	3,769	3,317	0,2595	

Several-sample tests

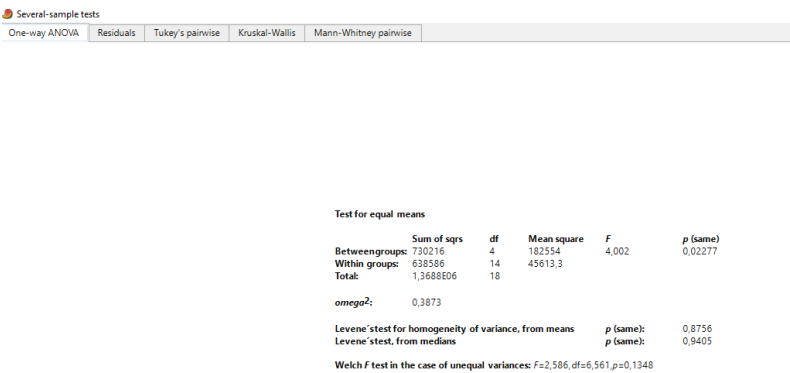
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Raw p values, uncorrected significance

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0.03038	0.1116	0.4705	0.4705
P2	0.03038		0.8597	0.0606	0.1124
P3	0.1116	0.8597		0.1116	0.1116
P4	0.4705	0.0606	0.1116		0.8852
P5	0.4705	0.1124	0.1116	0.8852	



DQO

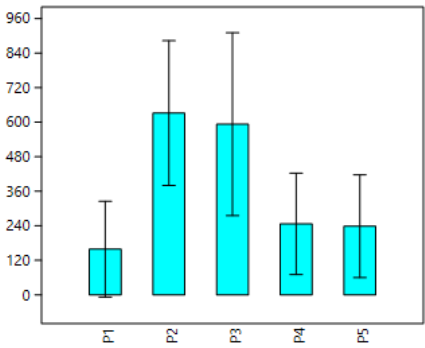


Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Raw p values, uncorrected significance

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,04207	0,1116	0,4705	0,4705
P2	0,04207		0,8597	0,0606	0,0606
P3	0,1116	0,8597		0,1116	0,1116
P4	0,4705	0,0606	0,1116		0,7715
P5	0,4705	0,0606	0,1116	0,7715	



COT

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	80645,2	4	20161,3	4,006	0,0227
Within groups:	70460,5	14	5032,9		
Total:	151106	18			

ω^2 : 0,3876

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,8706
Levene's test, from medians	p (same):	0,9372

Welch F test in the case of unequal variances: $F=2,593$, $df=6,56$, $p=0,1342$

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

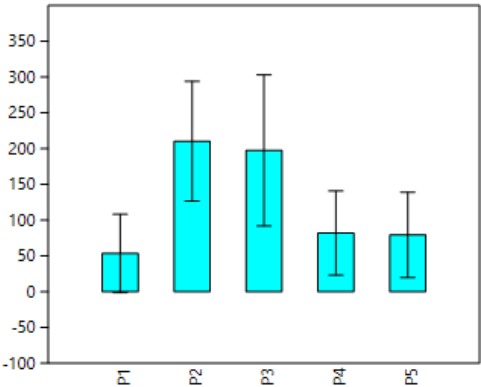
	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,05885	0,09126	0,9801	0,986
P2	4,28		0,9991	0,1523	0,1402
P3	3,929	0,3508		0,2257	0,2089
P4	0,7786	3,501	3,151		1
P5	0,7077	3,572	3,222	0,07097	

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Raw p values, uncorrected significance

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,04207	0,1116	0,4705	0,4705
P2	0,04207		0,8597	0,0606	0,0606
P3	0,1116	0,8597		0,1116	0,1116
P4	0,4705	0,0606	0,1116		0,7715
P5	0,4705	0,0606	0,1116	0,7715	



Turbiedad

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	233301	4	58325,3	0,7252	0,5892
Within groups:	1,12595E06	14	80425,2		
Total:	1,35925E06	18			

omega²: 0

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,006175
Levene's test, from medians	p (same):	0,6257

Welch F test in the case of unequal variances: F=1,258, df=5,4, p=0,3891

Tests for normal distribution

	P1	P2	P3	P4	P5
N	4	4	3	4	4
Shapiro-Wilk W	0,8545	0,6523	0,9897	0,68	0,9003
p(normal)	0,241	0,002769	0,8054	0,006623	0,4327
Anderson-Darling A	0,3647	0,7824	0,2011	0,7153	0,3384
p(normal)	0,228	0,009867	0,5781	0,01636	0,2769
p(Monte Carlo)	0,2585	0,0015	0,7971	0,0061	0,337
Jarque-Bera JB	0,5187	0,9601	0,3039	0,9422	0,4874
p(normal)	0,7715	0,6188	0,859	0,6243	0,7837
p(Monte Carlo)	0,3909	0,0014	0,7985	0,0084	0,4595

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------	--

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,7518	0,9801	1	0,9989
P2	1,696		0,9642	0,7448	0,6007
P3	0,7791	0,9172		0,9783	0,9219
P4	0,01818	1,714	0,7973		0,9991
P5	0,3724	2,069	1,151	0,3542	

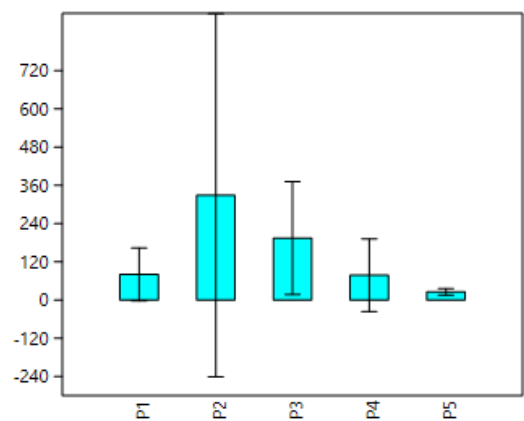
Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------	--

Kruskal-Wallis test for equal medians

H (chi ²):	3,997
H _c (tie corrected):	3,997
p (same):	0,4064

There is no significant difference between sample medians



Fósforo total

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	13,6844	4	3,42111	0,7998	0,5451
Within groups:	59,8863	14	4,27759		
Total:	73,5707	18			
omega ² :	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,2182
Levene's test, from medians				p (same):	0,6148
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,5127,df=6,406,p=0,73					

Tests for normal distribution					
	P1	P2	P3	P4	P5
N	4	4	3	4	4
Shapiro-Wilk W	0,7889	0,8125	0,9553	0,9364	0,9746
p(normal)	0,0838	0,1267	0,593	0,6328	0,87
Anderson-Darling A	0,4743	0,4557	0,2399	0,2781	0,2123
p(normal)	0,1007	0,116	0,449	0,4269	0,6383
p(Monte Carlo)	0,1061	0,1222	0,5823	0,5423	0,7806
Jarque-Bera JB	0,6507	0,7445	0,3702	0,3564	0,2306
p(normal)	0,7223	0,6892	0,831	0,8368	0,8911
p(Monte Carlo)	0,1775	0,106	0,5937	0,7572	0,9284

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,5262	0,6331	0,907	0,9361
P2	2,249		0,9997	0,9456	0,9189
P3	1,991	0,2588		0,9804	0,9657
P4	1,215	1,034	0,7753		1
P5	1,084	1,165	0,9062	0,1308	

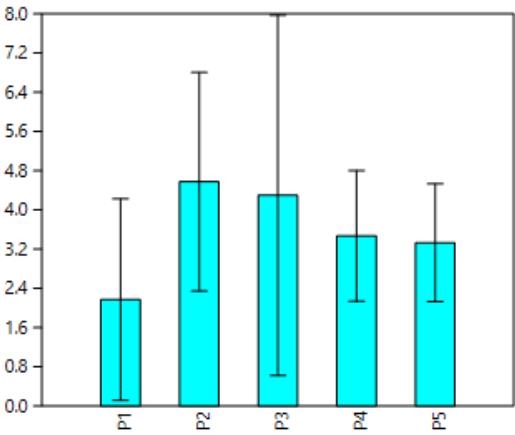
Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------

Kruskal-Wallis test for equal medians

H (chi2): 2,774
 H_c (tie corrected): 2,774
 p (same): 0,5964

There is no significant difference between sample medians



Nitratos

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1,42673	4	0,356684	0,8326	0,5265
Within groups:	5,99738	14	0,428384		
Total:	7,42411	18			

ω^2 : 0

Levene's test for homogeneity of variance, from means p (same): 0,01143
Levene's test, from medians p (same): 0,4742

Welch F test in the case of unequal variances: $F=0,5676$, $df=6,288$, $p=0,6958$

Tests for normal distribution

	P1	P2	P3	P4	P5
N	4	4	3	4	4
Shapiro-Wilk W	0,8663	0,913	0,7679	0,9589	0,8517
p(normal)	0,2834	0,4982	0,04	0,7722	0,2317
Anderson-Darling A	0,3449	0,2822	0,4649	0,2056	0,3909
p(normal)	0,264	0,415	0,06867	0,6673	0,1872
p(Monte Carlo)	0,3169	0,5166	0,0403	0,8075	0,214
Jarque-Bera JB	0,4774	0,5024	0,5303	0,4226	0,6762
p(normal)	0,7877	0,7779	0,7671	0,8095	0,7131
p(Monte Carlo)	0,4882	0,4175	0,0443	0,6347	0,1464

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,6768	0,8319	0,9993	1
P2	1,885		0,9983	0,8031	0,6347
P3	1,474	0,411		0,923	0,7967
P4	0,3269	1,558	1,147		0,998
P5	0,1021	1,987	1,576	0,429	

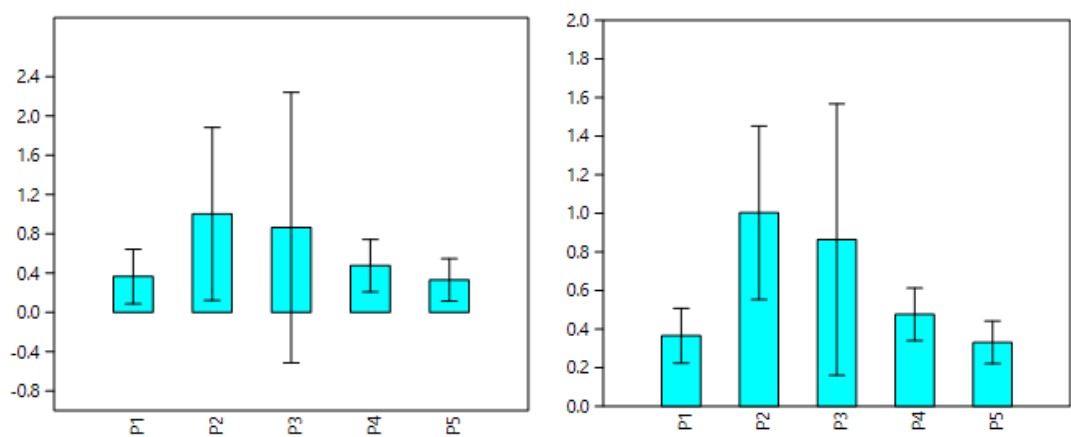
Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Kruskal-Wallis test for equal medians

H (χ^2): 3,028
 H_c (tie corrected): 3,031
p (same): 0,5527

There is no significant difference between sample medians



Conductividad

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	339206	4	84801,4	0,4936	0,7407
Within groups:	2,40523E06	14	171802		
Total:	2,74444E06	18			

omega²:

0

Levene's test for homogeneity of variance, from means

p (same):

0,1554

Levene's test, from medians

p (same):

0,3505

Welch F test in the case of unequal variances: F=0,4436, df=6,369, p=0,7745

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,9992	0,7596	0,8496	0,945
P2	0,3422		0,8753	0,9376	0,987
P3	1,676	1,334		0,9997	0,9905
P4	1,419	1,077	0,257		0,9987
P5	1,037	0,695	0,6389	0,3819	

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Raw p values, uncorrected significance

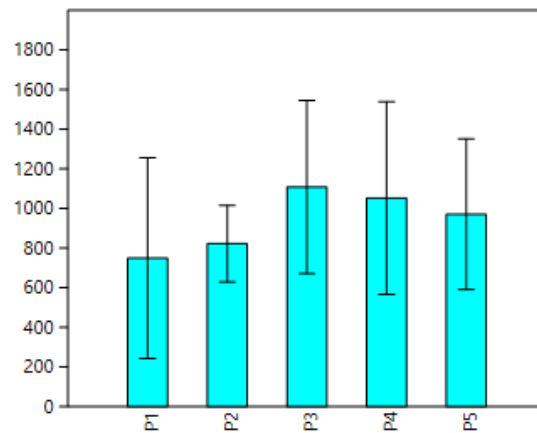
	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,8852	0,5959	0,4705	0,665
P2	0,8852		0,3768	0,8852	0,8852
P3	0,5959	0,3768		0,8597	0,4755
P4	0,4705	0,8852	0,8597		0,665
P5	0,665	0,8852	0,4755	0,665	

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,9992	0,7596	0,8496	0,945
P2	0,3422		0,8753	0,9376	0,987
P3	1,676	1,334		0,9997	0,9905
P4	1,419	1,077	0,257		0,9987
P5	1,037	0,695	0,6389	0,3819	



Dureza total

Tests for normal distribution

	P1	P2	P3	P4	P5
N	4	4	3	4	4
Shapiro-Wilk W	0,8569	0,7164	0,81	0,863	0,894
p(normal)	0,2494	0,01772	0,1385	0,2709	0,4018
Anderson-Darling A	0,3673	0,6551	0,4122	0,351	0,3029
p(normal)	0,2235	0,02575	0,1076	0,2524	0,3581
p(Monte Carlo)	0,252	0,0148	0,1366	0,2969	0,4428
Jarque-Bera JB	0,5732	0,9224	0,5196	0,4848	0,4937
p(normal)	0,7508	0,6305	0,7712	0,7848	0,7813
p(Monte Carlo)	0,286	0,0168	0,133	0,4644	0,4371

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	42924	4	10731	0,4128	0,7966
Within groups:	363921	14	25994,3		
Total:	406845	18			

omega²: 0

Levene's test for homogeneity of variance, from means p (same): 0,1971
Levene's test, from medians p (same): 0,3545

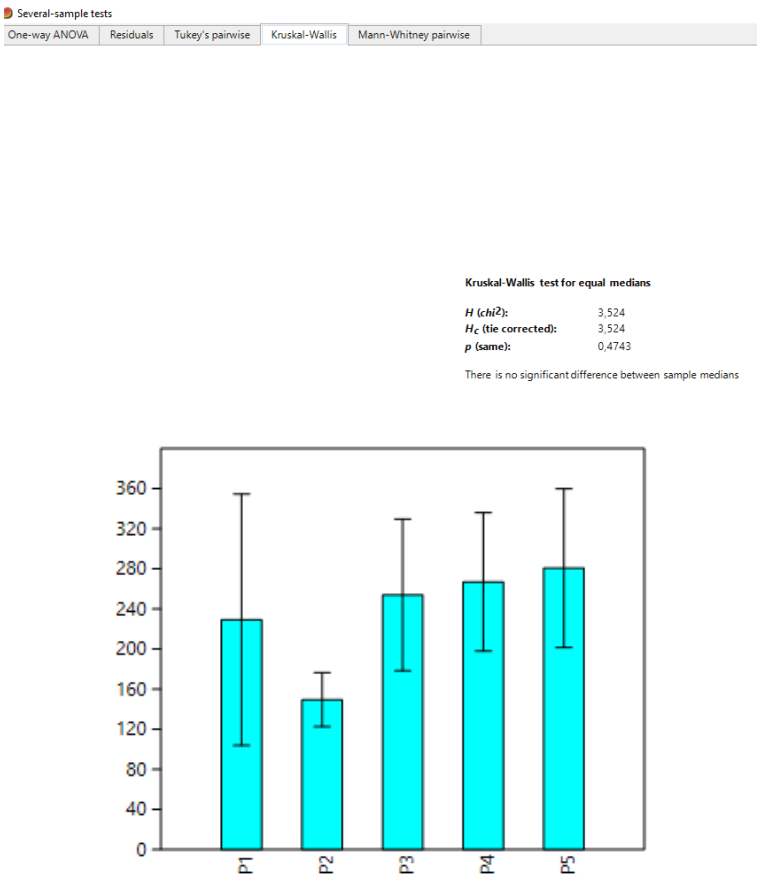
Welch F test in the case of unequal variances: F=1,049, df=6,117, p=0,4542

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

	P1	P2	P3	P4	P5
P1		0,9582	0,9995	0,9975	0,9916
P2	0,9579		0,8969	0,852	0,7964
P3	0,2973	1,255		1	0,9994
P4	0,4534	1,411	0,1561		1
P5	0,6186	1,576	0,3213	0,1652	



SST

Tests for normal distribution

	P1	P2	P3	P4	P5
N	4	4	3	4	4
Shapiro-Wilk W	0,6759	0,7047	0,938	0,8433	0,9822
p(normal)	0,005869	0,01316	0,5192	0,2051	0,9149
Anderson-Darling A	0,724	0,6776	0,2597	0,3863	0,1814
p(normal)	0,01532	0,02174	0,3834	0,1938	0,7739
p(Monte Carlo)	0,0057	0,0137	0,5119	0,2158	0,8952
Jarque-Bera JB	0,9452	0,9328	0,3987	0,5524	0,3106
p(normal)	0,6234	0,6273	0,8193	0,7587	0,8561
p(Monte Carlo)	0,0076	0,0147	0,525	0,3131	0,8252

Several-sample tests

One-way ANOVA Residuals Tukey's pairwise Kruskal-Wallis Mann-Whitney pairwise

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	623242	4	155811	0,7286	0,5871
Within groups:	2,99381E06	14	213843		
Total:	3,61705E06	18			

omega²: 0

Levene's test for homogeneity of variance, from means p (same): 0,01842
Levene's test, from medians p (same): 0,6615

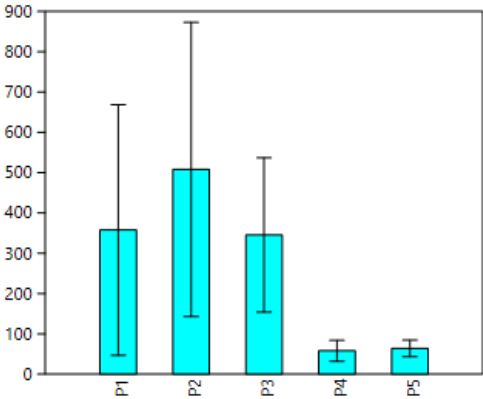
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,8584, df=5,99, p=0,5383

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	

Test for equal means					
	Sum of sqs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	623242	4	155811	0,7286	0,5871
Within groups:	2,99381E06	14	213843		
Total:	3,61705E06	18			
omega ² :	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,01842
Levene's test, from medians				p (same):	0,6615
Welch F test in the case of unequal variances: F=0,8584,df=5,99,p=0,5383					

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	

Kruskal-Wallis test for equal medians	
H (chi ²):	6,334
H _c (tie corrected):	6,447
p (same):	0,1681
There is no significant difference between sample medians	



Anexo B. Propuesta pedagógica

Propuesta pedagógica mediada por el Área de Ciencias Naturales Básica Primaria para el conocimiento de la reserva hídrica “Humedal El Juncal” con los estudiantes del grado tercero y cuarto de primaria de La I.E.D. Nuestra Señora de la Gracia - sede Gaitán

Introducción

La educación ambiental no sólo debe considerarse ligada a las ciencias naturales, como una asignatura o un área obligatoria y fundamental del plan de estudios según el artículo 23 de la Ley General de Educación, sino que el currículo como un todo, debe asumir la educación ambiental con un enfoque integrado e interdisciplinar, basado en proyectos de acción conjunta como lo establece el artículo 14 de la misma Ley General de Educación. Sin embargo, hay que aclarar que, dada la naturaleza del área de ciencias naturales, ésta debe asumir la educación ambiental como la columna vertebral que articula y posibilita la construcción del conocimiento a través del estudio de nuestra realidad ambiental, por lo menos durante toda la educación básica (primaria y secundaria). Toda la comunidad educativa en los procesos de enseñanza y de aprendizaje debe interrelacionarse con los diferentes saberes que cada uno tiene de su posición frente al mundo y a la vida. La Educación ambiental debe abordarse con una mentalidad global y universal, por cuanto no se trata de salvar únicamente nuestro ambiente inmediato sino el planeta en que habitamos. Teniendo en cuenta lo anterior, “el sistema ambiental se puede entender como un conjunto de relaciones en el que la cultura es mediadora, a diferentes niveles, entre el sistema natural y el sistema social. En consecuencia, el análisis de la problemática ambiental debe hacerse local, regional, nacional e internacionalmente, de acuerdo con el nivel de complejidad del problema que se esté abordando y teniendo en cuenta la dinámica cultural propia de las diversas comunidades, para que las alternativas de solución tengan validez y se hagan viables. Es por esto que, para entender el funcionamiento del ambiente, se hace necesaria una aproximación sistémica en donde el todo dé cuenta de las partes y cada una de ellas dé cuenta del todo (Ministerio de Educación Nacional 1995).

Este proyecto se fundamenta como una estrategia didáctica enfocada a romper paradigmas en metodologías, estrategias y planeación de actividades curriculares en el aula; este proyecto propenderá a utilizar los recursos naturales como aulas ambientales vivas. Donde el estudiante determina que al formar

conexiones entre fuentes de información se crean patrones de información útiles para él, de tal manera que se vuelven tan necesarios para forjar actitudes en el desarrollo del conocimiento, en la construcción de una nueva cultura ambiental.

El quehacer pedagógico debe ser un proceso permanente encaminado al fortalecimiento de la calidad educativa, respondiendo a las necesidades e intereses de los estudiantes y al avance de la ciencia, la tecnología y la cultura, con el ánimo de facilitar el desarrollo en el educando en procesos cognitivos, valorativos y actitudinales.

Problema

Desconocimiento por parte de la comunidad educativa comprendida como estudiantes, padres de familia, docentes, administrativos de la IED Nuestra señora de la gracia de la reserva hídrica del municipio “Humedal el juncal” y sus recursos naturales en el Municipio.

Planteamiento del problema

Desde los lineamientos del PRAE (Proyecto ambiental educativo) de la institución “Bojacá hacia la construcción de una nueva cultura ambiental” se realizó un diagnóstico general y ambiental del municipio, donde se encontró en cuanto a reserva natural hídrica el humedal el juncal, declarado de esta forma por la Corporación Autónoma Regional (CAR) según acuerdo 047 del 20 de noviembre de 2006, la comunidad desconoce este ecosistema su importancia y características. Es por ello que en la construcción de una nueva cultura ambiental se ve la necesidad de implementar y ejecutar una propuesta pedagógica que ayude al conocimiento y por ende la conservación y preservación de este ecosistema, y a la multiplicación de este conocimiento a toda la comunidad a través del grupo de investigadores de grado tercero de la sede Gaitán “Amigos del humedal el juncal”.

Formulación del problema

¿A partir de un grupo de investigación de niños y niñas de grado tercero se pueden establecer estrategias pedagógicas que permitan a la comunidad educativa conocer que es un ecosistema humedal y su importancia dentro del municipio de Bojacá como reserva hídrica?

Justificación

La escuela en cuanto sistema social y democrático, debe educar para que los individuos y las colectividades comprendan la naturaleza compleja del ambiente, resultante de la interacción de sus aspectos biológicos, físicos, químicos, sociales, económicos y culturales; construyan valores y actitudes positivas para el mejoramiento de las interacciones hombre-sociedad naturaleza, para un manejo adecuado de los recursos naturales y para que desarrollen las competencias básicas para resolver problemas ambientales. El ambiente se considera como una arquitectura de sistemas naturales y sociales que se intrincan unos con otros, se superponen y jerarquizan en diferentes niveles de organización, en un juego permanente de flujos, dependencias e intercambios, los cuales están influidos por las prácticas culturales aprendidas en la familia, en la escuela y en el medio social. El que hacer pedagógico debe ser un proceso permanente de apropiación de teorías, métodos, estrategias y conceptos que brindan a los educadores, los elementos necesarios para el desarrollo de las actividades pedagógicas encaminadas al fortalecimiento de la calidad educativa, respondiendo a las necesidades e intereses de los estudiantes y al avance de la ciencia, la tecnología y la cultura actual.

Se ha trazado la meta en respaldar los esfuerzos de los docentes, para que toda la comunidad educativa a través de un grupo de 20 niños de básica primaria conozca la reserva hídrica de su municipio. Es así como urge hablar de las necesidades básicas de aprendizaje en ciencias naturales encaminadas a conocer y cuidar sus recursos naturales, es decir que las acciones educativas permitan solucionar los problemas que se presentan en nuestra comunidad, reconociendo que estas no se limiten a la escolaridad, sino también deben formar, ese ser, saber ser y hacer dentro de una formación integral que responda a las necesidades en el ámbito social y ambiental motivándolos a ser competentes en los nuevos retos del mundo actual.

Objetivos

Objetivo general

Proponer las estrategias pedagógicas para estimular el empoderamiento y el sentido del respeto por el medio ambiente y en especial por el humedal el juncal reserva hídrica y símbolo histórico del municipio.

Objetivos específicos

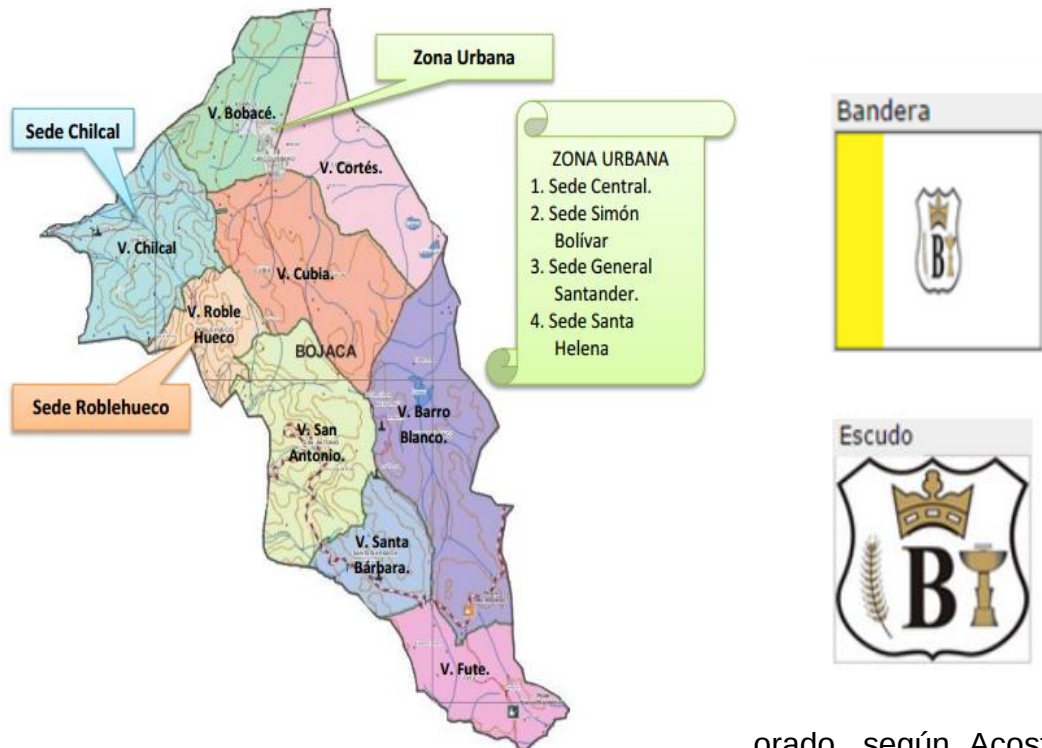
- Formar el grupo de investigación “Amigos del humedal el juncal”
- Diseñar e implementar estrategias didácticas para que la comunidad educativa conozca esta reserva hídrica.

Marco referencial

Este proyecto se ha diseñado teniendo en cuenta como referentes la Constitución Política de Colombia, la Ley General de Educación, los estándares de calidad dados por el MEN en ciencias naturales y medio ambiente, la malla curricular de ciencias naturales inmersa en el PEI de la Institución, la investigación como estrategia pedagógica a partir del programa ondas de Colciencias y el PRAE de la institución.

Marco contextual

Contexto municipal: Bojacá tierra de antepasados es uno de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, Colombia. Se encuentra ubicado en la provincia de Sabana Occidente, a 40km de Bogotá, con una latitud (gr,mm-seg) 4,44,00, una longitud (gr,mm-seg) 74,21,00, con temperatura de 14° centígrados en promedio, a una altura de 2.598 metros sobre el nivel del mar, una superficie urbana de 33 hectáreas y rural de 10.867 hectáreas, el clima es frío seco, correspondiente a térmico frío. Limita por el norte con los municipios de Facatativá, Zipacón y Madrid; por el sur con los municipios de Soacha, Tena y San Antonio del Tequendama; por el oriente con los municipios de Madrid y Mosquera; por el sur con los municipios de Zipacón y La Mesa. La zona oriental del municipio de Bojacá es ligeramente ondulada y corresponde a la sabana de Bogotá, hacia el occidente se encuentran algunas manifestaciones montañosas entre las que se destacan los Cerros del Arrayan, Balconcitos, Boca de monte, Barro blanco, Laguna Blanca, Las Delicias y Santa Bárbara. La población fue fundada en 1573. Tiene una histórica tradición religiosa que ha convertido su templo y la imagen de su Virgen en un sitio de peregrinación.



orado, según Acosta Ortégón, Miguel Triaña dice que Moxacá engendra el actual nombre de Bojacá, que deriva de Boxio, morado y cá, cercado, o sea cercado morado. Bojacá fue fundada en 1537, por Gonzalo Jiménez de Quezada y fue conformado como nuevo pueblo de los indios en el año 1603 y en el año de 1645 llegaron a esta comarca los Padres Agustinos quienes empezaron a pregonar la devoción por la doctrina católica en Bojacá.

Bojacá cuenta con el parque temático Arqueológico Piedras de Chivo Negro donde se encuentran piedras grabadas que suelen encontrarse formando grupos más o menos diferenciados. En la actualidad se requiere darle continuidad al rescate de estos pictogramas y petroglifos, al igual que continuar con la divulgación y promoción turística del municipio con el impulso al ecoturismo para así aprovechar estas condiciones especiales para generar turismo y comercio. (Sistema de Gestión Ambiental Municipal, 2008)

Economía: el municipio basa su economía principalmente en las actividades agropecuarias, entre las cuales se destacan los cultivos agrícolas con un área de explotación de 3.387 hectáreas, siendo los principales productos cultivados por números de ha, cebada (29,41%), papa (29,07%), arveja (26,30%), y otros (15,32%) entre los cuales se cuentan frutales como la mora, el tomate de árbol y la uchuva; zanahoria y lechuga; la ganadería presenta un área de pastos de 4.269 hectáreas, principalmente para ganadería lechera. Otras explotaciones

presentes en la zona son, en menor escala, la porcicultura, aves de postura, cunicultura y últimamente la piscicultura. (Sistema de Gestión Ambiental Municipal, 2008)

La industria no presenta desarrollo evidente en el casco urbano, aunque existen industrias artesanales familiares, dedicadas a la producción de dulces y tejidos en lana con máquinas semi industriales; en el sector rural se encuentran floras, galpones, fábrica de ladrillo y bloque. El ingreso económico de más frecuencia es el de operario de flores, el segundo proviene de la agricultura y el tercero como empleados y los restantes son conductores, jornaleros y trabajadores independientes.

Una de las principales fuentes de ingresos es el comercio que se da los fines de semana gracias al santuario de nuestra señora de la salud, el cual genera la visita cada fin de semana de aproximadamente 5.000 personas, cuyas compras están representadas en alimentos como desayunos, almuerzos, postres y dulces típicos, también está representado en artículos religiosos, como imágenes.

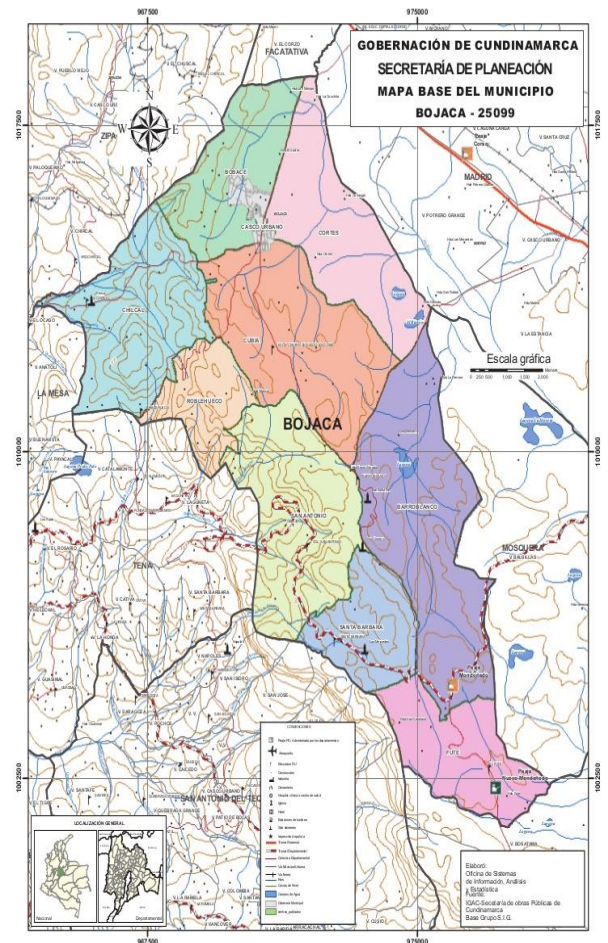
Ecología: El municipio de Bojacá tiene un territorio que cuenta con dos cuencas hidrográficas como son los ríos Bojacá y Apulo. Esta cuenca hace parte de la cuenca del río Bogotá. El río Bojacá nace al noreste del municipio de Facatativá y muere en la zona de confluencia con el río Subachoque, punto en la cual ambas corrientes conforman el río Balsillas. En este sector también se presentan algunos depósitos naturales de agua: El humedal, El juncal, localizado en la vereda Cortés, corresponde a este tipo de cuerpos de agua. Cuenta con una población superior a 10.000 habitantes (en la que un gran porcentaje corresponde a jóvenes y niños), distribuida en viviendas esparcidas por todo el casco urbano, las cuales siguen los rasgos tradicionales de las poblaciones sabaneras. El municipio de Bojacá según datos del SISBEN 2007, cuenta con un total de 1.430 viviendas; en el área urbana están ubicadas 911 viviendas que representan el 64% y en el área rural 519 viviendas que corresponden al 36%. Existen 1.806 hogares de los cuales 1.256 habitan en el área urbana y 550 en el área rural. Su estratificación corresponde a: clase popular (con ingresos de un SMLV), clase media (con ingresos de dos o más SMLV) y clase media alta (con ingresos superiores, dueños de negocios y fincas).

El 70% del municipio de Bojacá, presenta una zona de vida de bosque seco montano bajo bs-MB, en donde la cobertura predominante son los pastos y especies como la Acacia (*Acacia melanpxylon*), Ciprés (*Cupressus sp*) y Pinos (*Pinus sp*). Es pertinente señalar que las zonas donde aún se encuentran algunos relictos de bosque natural secundario son las veredas de Roble hueco, San Antonio, Santa Bárbara y el Chilcal, donde se localiza el Acueducto de Pantanos, el cual surte el casco urbano de Bojacá. Los bosques característicos de esta zona hacen parte de la zona de vida conocida como Bosque Húmedo Montano Bajo bh-

MB y bosque muy húmedo Montano Bajo bmh-MB. (Sistema de Gestión Ambiental Municipal, 2008).

Reseña histórica del santuario: ¡Madre Querida, Virgen de la Salud!, pedimos tu bendición y protección para nuestros hogares, para todos nuestros familiares y para todos aquellos que se acogen sinceramente a ti. Amén. En 1739 el español don José Pérez, trajo de la ciudad de Granada (España), una imagen de Nuestra Señora de los Dolores o Virgen de las Angustias, que era conocida allá como una virgen milagrosa, la cual instaló en el oratorio de la Hacienda Cortés, donde se celebraba la eucaristía. Esta hacienda era propiedad de su esposa, quien era una dama de Santafé, hija de una buena familia y heredera de haciendas en la población de Bojacá. Don José, llevado por su devoción a la Virgen y su amistad con el P. Cárdenas, decidió donar el cuadro a la Iglesia de Bojacá, a los Padres Agustinos, para que siguiera recibiendo culto y concediendo gracias a sus devotos. Al morir don José, el día 23 de junio de 1757, siendo cura Fray Luis Acuña, la imagen fue trasladada a la Iglesia, donde los feligreses tributaban fervoroso culto, siendo acrecentada cada día por los milagros recibidos. Con el paso de los días, al recibir infinitos favores, decidieron hacerla su patrona con el nombre de Nuestra Señora de la Salud de Bojacá, entronizándola en el Altar mayor. Testimonios de sus milagros son las placas de mármol que se encuentran en el monumento detrás del templo.

Contexto institucional: La Institución Educativa Departamental Nuestra Señora de la Gracia, está conformada por 7 sedes de las cuales 2 son pertenecientes al sector rural: Chilcal y Roble hueco y 5 sedes urbanas: Gaitán, Santa Helena, Simón Bolívar y General Santander, todas con única jornada en la mañana atendiendo a una población mixta de: 1705 alumnos; con niveles de enseñanza preescolar, básica Primaria, básica secundaria, media vocacional y postprimaria, ofreciendo modalidades en Técnico Bachiller en Gestión Empresarial. Se cuenta en todas las sedes con los servicios públicos: Agua, luz, teléfono y alcantarillado.



El número de estudiantes matriculados en los niveles de Básica Primaria, Básica Secundaria y Media Técnica es de 1.705 estudiantes, cuyas edades oscilan entre los 5 y 20 años de edad, provenientes principalmente de los barrios aledaños al centro del Municipio, siendo escasos los que vienen de las distintas veredas. Con esta población, el número de familias atendidas por la Institución es de 580 con un promedio de cuatro hijos por familia.

Problemática ambiental: El Municipio de Bojacá presenta varios problemas ambientales, que provienen de ausencia de valores ambientales y sentido de pertenencia. En el municipio de Bojacá encontramos que los aspectos más relevantes de la problemática medioambiental son el deterioro ambiental, el inadecuado manejo de residuos sólidos y la contaminación hídrica.

- 🌐 **Residuos sólidos:** El Plan de Desarrollo establece que la calidad del servicio de aseo es mala, presentando problemas por quema, disposición de residuos sólidos en suelos, epidemias y enfermedades. Además, no se cuenta con una cobertura total y la recolección de basuras no se hace con mucha frecuencia. Adicionalmente la ubicación en la jurisdicción municipal del Relleno Sanitario Nuevo Mondoñedo y el antiguo botadero Mondoñedo, se convierte en una amenaza ambiental, social y sanitaria permanente.
- 🌐 **Deterioro ambiental ligado al turismo:** El municipio es un territorio visitado por turistas provenientes de otros municipios del departamento y del país, motivo por el cual cada fin de semana acopia una gran cantidad de residuos sólidos que no son lo suficientemente reutilizados a través de un adecuado manejo y que contribuyen a aumentar el problema de las basuras. Así mismo, estos visitantes recorren senderos ambientales, monumentos y lugares de interés como las piedras del chivo negro, extrayendo flora y fauna, contaminando las aguas y deteriorando el patrimonio cultural. Esta situación requiere la atención inmediata de los diferentes estamentos de la comunidad. Por otro lado, la Reserva hídrica “Humedal el juncal”, se encuentra dentro de un predio privado, está rodeada de agricultura y ganadería, la PTAR del municipio vierte aguas en el humedal y la mayoría de la población desconoce su existencia e importancia.
- 🌐 **Degradación de recursos naturales:** las deforestaciones, las talas y algunas quemas se presentan indiscriminadamente en las áreas rurales y alrededor del área urbana, ocasionando problemas respiratorios y alergias. El deterioro del ecosistema se evidencia en épocas de bajas precipitaciones, mediante la disminución del caudal de los ríos y acuíferos, que termina por afectar la economía municipal al exponer los cultivos de flores y hortalizas a su pérdida por falta de agua. Así mismo la poca agua disponible se contamina constantemente por agroquímicos y fertilizantes, y el suelo se compacta y degrada por la acción de la ganadería intensiva.

Bojacá cuenta con una única reserva hídrica llamada el “Humedal el Juncal”, localizado en la vereda cortes, dentro de un predio privado, fue declarado

según acuerdo 047 del 20 de noviembre de 2006, no se observa ningún plan de manejo ambiental.

La problemática ambiental del municipio de Bojacá, se ve intensificada por la falta de promoción e intencionalidad para generar proyectos educativos ambientales, que produzcan los mejores resultados para la prevención, conservación y cuidado del medio natural en el que está inmerso.

A nivel escolar la problemática ambiental municipal, se expresa en la actitud de estudiantes, docentes y administrativos frente al medio ambiente; la comunidad educativa no es consciente de la problemática ambiental existente y no valora los pocos recursos que existen ni la necesidad de ellos. El poco interés para el desarrollo del tema ambiental en el aula y fuera de ella, es efecto del poco conocimiento del medio, sus componentes, sus interacciones y sus problemáticas; también de un pobre entrenamiento que permita modificar actitudes ambientales negativas en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales. Infortunadamente hay una carencia de “cultura ambiental”, así como deficiencia de valores hacia nuestro municipio, es decir no hay un claro sentido de pertenencia que les permita a los ciudadanos actuar hacia la prevención y mejora ambiental del municipio.

Marco teórico

La pedagogía activa, concibe la educación como el señalar caminos para la autodeterminación personal, social y como el desarrollo de la conciencia crítica por medio del análisis y la transformación de la realidad, acentúa el carácter activo del niño en el proceso de aprendizaje, interpretándolo como buscar significados, criticar, inventar, indagar, en contacto permanente de La realidad; concede importancia a la motivación del niño y a la relación escuela-comunidad y vida; identifica al docente como animador, orientador y catalizador del proceso aprendizaje, y la relación docente-alumno como un proceso de diálogo, cooperación y apertura permanente.

Es así como se le apuesta en este caso a la investigación como estrategia pedagógica para desarrollar habilidades y capacidades para producir y compartir saberes y conocimientos, con las formas propias de las culturas infantiles y juveniles. La mejor manera de generar este tipo de formación es partir de la experiencia y la vivencia de hacer investigación, pues a investigar se aprende investigando” (Mejía, Manjarres. 2011).

Como componente la formación está orientada por el principio de aprender a aprender y aprender haciendo, por esto la principal fuente de la investigación como estrategia pedagógica aprendizaje es el desarrollo de las investigaciones en

sus diferentes momentos, tanto por parte de los grupos como de los maestros. Así, el proceso formativo comprende los diferentes momentos pedagógicos, desde la conformación de los grupos hasta la participación activa en las comunidades de conocimiento y saber, pasando por el planteamiento de problemas a partir de preguntas, la definición y recorrido de múltiples trayectorias, la sistematización de la experiencia y la propagación de los resultados.

El desarrollo autónomo y guiado de las investigaciones permite desarrollos cognitivos, el desarrollo de las capacidades que les exige el mundo de hoy para moverse en él y ser felices. En esta dimensión la formación en Ondas apunta a promover la capacidad de asombro, el entrenamiento para la observación y el registro, las capacidades comunicativas, argumentativas, el uso de la razón y el desarrollo de las funciones complejas de pensamiento. También contribuye a desarrollar en los niños (as) y jóvenes habilidades sociales (trabajo en equipo, solidaridad, cooperación, manejo de conflictos) cognitivas (pensamiento lógico, inductivo y deductivo y resolución de problemas, entre otros) y comunicativas (orales, escriturales y argumentativas; propositivas y virtuales entre otras) así como capacidades científicas para construir su pensamiento para ordenar la indagación (formular preguntas, observar, escuchar, registrar, preguntar y concluir).

Las investigaciones apoyadas están orientadas, desde una visión crítica y comprensiva, a potenciar en sus protagonistas, el compromiso con sus comunidades y con su desarrollo. La construcción, apropiación, distribución, almacenamiento y uso del conocimiento científico y tecnológico en Ondas tiene el sentido de aportar al desarrollo sostenible de la sociedad. A través de esta propuesta se diseñaron e implementaron una serie de actividades para sensibilizar a la comunidad educativa de la Institución Educativa Departamental Nuestra Señora de la Gracia del de Bojacá Cundinamarca, en el reconocimiento y valoración del recurso hídrico de su municipio “Humedal el Juncal”. Esto bajo el lineamiento del PRAE, en recurso hídrico.

La IEP constituye comunidades de práctica, saber, aprendizaje y conocimiento. El proceso labra esas posibilidades si la metodología, como propuesta de ruta recorrida por los estudiantes, se ha hecho en el horizonte de aprendizaje y no sólo como una tarea o ruta mecánica, haciendo significativas las actividades, y, por lo tanto ha sido organizada no como camino para concluir un proyecto planteado, sino como un proceso de construcción de lo humano en la esfera de lo cognitivo, lo afectivo, lo valorativo, la acción y de las diferentes capacidades en estas esferas, construyendo en las practicas culturas democráticas y ciudadanas (Mejía, Manjarres. 2011).

Marco legal

La constitución política del país en su Ley General 115 del 8 de febrero de 1994 procura responder a las exigencias que el mundo actual le hace a la educación y propone explícitamente lo que se debe lograr en procesos de desarrollo humano y social a través de los niveles de preescolar, básica y media. Toda comunidad establece unas exigencias y características planteadas en los discursos legislativos donde comprenden las necesidades prioritarias mencionadas en el Artículo 5, Numeral 7 “El acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y demás bienes y valores de la cultura, el fomento de la investigación y el estímulo a la creación artística en sus diferentes manifestaciones”. En concordancia con esta concepción, la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo (Vasco, et al., 1994), señala la necesidad de que el desarrollo humano tenga tres características fundamentales: que sea integral, equitativo y sostenible. Cabe resaltar dos aspectos importantes con relación al nuevo concepto: El primero, es que no nos podemos escudar en la protección de las generaciones futuras para no actuar, en forma decisiva y de inmediato, en la protección de aquella parte tan importante de la generación actual que no recibe la parte justa de los beneficios del desarrollo. En otras palabras, el modelo no puede pretender ser justo en lo intergeneracional si no es justo en lo intra-generacional, lo cual confirma Robert Solow cuando dice: “las presentes y futuras generaciones tienen derecho a que se les garanticen óptimas condiciones de bienestar”. El segundo aspecto, es que, en este tema del desarrollo humano sostenible, al igual que en el tema de la pobreza, se necesita una intervención explícita tanto del Estado como de las organizaciones de la sociedad civil, ya que la unión de esfuerzos permitirá la asignación de recursos para lograr los objetivos deseados, en términos de equidad. A la escuela, como organización social que presta el servicio público de la educación, le corresponde formar el capital humano y social para tomar decisiones acordes con las dinámicas del contexto.

Diseño metodológico

Esta investigación propone la investigación contextualizada, de cara a la realidad local, regional, nacional, en la búsqueda de respuestas a las situaciones y problemáticas que allí se encuentran, y propugna en este proceso un reconocimiento a la producción social del conocimiento.

La propuesta metodológica de la IEP está fundada en la negociación cultural y el dialogo de saberes.¹ Así como de los diferentes aprendizajes que se van logrando: colaborativo, situado, problematizado y por indagación crítica. Esas nueve etapas serían:

1. Estar en el Programa Ondas da pie a la conformación de los grupos y el aprendizaje colaborativo.
2. La perturbación de la onda, mediante la cual se trabajan las preguntas del sentido común de los niños, niñas y jóvenes para su discusión, dando inicio al aprendizaje situado.
3. La superposición de ondas, en la cual el grupo plantea el problema de investigación, dando contenido al aprendizaje problematizador.
4. Diseñando la trayectoria de indagación, en la cual, con los principios de libertad epistemológica y diversidad metodológica, se construye el aprendizaje por indagación crítica.
5. Recorriendo las trayectorias de indagación, en la cual se realiza esta de forma organizada, de acuerdo con el camino seleccionado. Este momento es de negociación cultural, contrastación y organización reelaboración de los saberes.
6. La reflexión de la onda en la cual, apelando a la metáfora del conocimiento, el grupo hace un ejercicio donde sintetiza y vive los diferentes aprendizajes para producir el saber del problema planteado. De igual manera realiza unan reconstrucción del proceso metodológico vivido.
7. La propagación de la onda, bajo el principio de la comunicación como mediación, los resultados se convierten en actividad de apropiación, iniciando con su entorno familiar, el cual alfabetiza con sus resultados, pasando por su comunidad local, institucional, municipal, departamental, nacional e internacional.
8. El aprendizaje se hace comunidad de saber, el reconocimiento de las redes que se van constituyendo de maestras, niñas, niños, jóvenes, así como de asesores, van arrojando redes temáticas, territoriales y virtuales, para dar forma a las comunidades de práctica, problematización y saber ondas.

¹ Propios de la EDUCACION Popular latinoamericana. Ver AWAD, M. y MEJIA, M.R. Educación Popular Hoy en Tiempos de Globalización. Bogotá. Editorial Aurora. Segunda reimpresión. 2008.

9. Las nuevas perturbaciones el proceso investigativo ha dejado nuevas preguntas, las cuales son retomadas por los participantes para continuar el proceso, haciendo real aquello de que el conocimiento está en construcción y se desarrolla en espiral.

Basados en estos lineamientos se dieron los siguientes procesos:

- ✓ **Procesos de Enseñanza Aprendizaje.** El proceso de comunicación no termina en el conocimiento común de la problemática sino incluye también formas para su solución enmarcadas dentro de las experiencias que grupos de investigación han adelantado en ecosistemas similares. La enseñanza aprendizaje es un aspecto importante de la comunicación teniendo en cuenta la importancia de los elementos que conforman el proceso de la comunicación, la relación entre fuente – mensaje- canal- receptor o receptores, forma la conducta de los individuos.

Dentro de los métodos que emplearemos es el método de capacitación grupal dirigido a los niños y niñas de la sede Gaitán dicha metodología se apoyará con herramientas de comunicación. Como medios auxiliares audio- visuales, como: exposiciones con diapositivas, presentación de video clips, películas entre otros. Medios auxiliares impresos como: folletos, posters, cartillas entre otros. Que permitan divulgar la problemática y la demás información relacionada con el proceso de información. Proceso De Difusión. El proceso de difusión es el proceso de comunicación por el cual las ideas, informaciones, y nuevas técnicas son transmitidas a los individuos a través de los diversos canales, la difusión y el proceso de comunicación son unidireccionales. En este caso emplearemos las redes sociales como faceebook, twiter, instagram, bado, youtube entre otras para destacar las problemáticas del humedal, así como la divulgación mediante medios escritos como carteleras, vallas, posters, anuncios y volantes, se emplearán medios audiovisuales como video clips, audios para perifoneo entre otros.

- ✓ **Procesos de Investigación:** La educación es un objeto complejo de estudio, sobre el cual debe estimularse la producción de conocimiento por parte de docentes, pensadores e investigadores. Como objeto de estudio, análisis e investigación científica, la educación se encuentra en un proceso claro de construcción, revalorización y legitimidad en el contexto colombiano. Su apropiación científica tiene origen en diferentes disciplinas y saberes; que, desde sus propias áreas temáticas, teorías, modelos e intereses; generan conocimientos que soportan los desarrollos producidos por la comunidad científica de la educación en el país. El espacio de la investigación en educación que actualmente posee Colombia es el resultado de la fertilidad académica de una comunidad que ha trabajado para legitimar y conseguir visibilidad en un ámbito institucional que le ha concedido una escasa valoración a este campo de conocimiento. Como docente de un Municipio de Cundinamarca considero que investigar es un aporte básico importante a

mejorar la calidad de la educación de niños y niñas, ya que genera en ellos cambios, en la medida que promueve nuevos valores y actitudes y propicia otros estilos y espacios en la construcción de relaciones entre el conocimiento, la sociedad y su entorno. Además de aprovechar recursos naturales de su entorno como aulas ambientales que permitirán más que cualquier otra estrategia el lograr un aprendizaje significativo. El ingreso a este nuevo siglo, con su carga de desafíos a todos los países del mundo, plantea retos que superan los contextos elementales en que se desenvolvía el sistema educativo colombiano. Se trata ahora de consolidar un sistema con capacidad de formar ciudadanos conscientes de su identidad cultural y de sus relaciones con el mundo, competentes, creativos, eficaces y participativos.

Como se llevó a cabo el proceso

1. Proyecto “Formación en Ciencia, Tecnología e Innovación-Ondas”

Componente 2 - Acompañamiento a Grupos de Investigación

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Línea de investigación y énfasis temático: ABIERTA- CONSTRUIR UNA CULTURA AMBIENTAL Y DEL BUEN VIVIR “Amigos del Humedal el Juncal”

La Institución Educativa Departamental Nuestra Señora de la Gracia participo en convocatoria del programa ondas de Colciencias con el grupo de investigación “Amigos del humedal el juncal” liderando un proyecto basado en el conocimiento de nuestras reservas naturales, en este caso hídrica por parte de los estudiantes de la institución y ser multiplicadores de este importante recurso.

❏ ¿Quiénes conforman el Semillero?

Estudiantes

Cárdenas Corredor Fabián Ricardo, Chirivi Sabogal linda Gisel, Coji Romero José Duvan, Flórez Falla Natalia Jimena, Flórez Vera Frank Stiven, Gutiérrez Suarez Laura Ximena, Herrera Santos Darly Milena, Jiménez León Jhon heyder, López Duarte Johnatan David, Mazo Arango Jhon Sebastián, Morales Guzmán Santiago, Moreno Gómez José Guillermo, Moreno Machuca Britney Zuleima, Orjuela Romero Stefania, Parra Fracica Marlon Stiven, Parrado Nemocon David Santiago, Pedraza Millan Maicol Daniel, Posada Hernández Yulieth Tatiana, Ramos Beltrán Dayanna, Rodríguez Romero Maikol Estiben, Ruiz Bermúdez Karen Amparo, Silva Borda Samuel Fernando, Solano Bustos Juan Camilo, Vergara Avella Maria Jimena, Vergara Avella Vanesa Alejandra.

❏ ¿Cómo se conformó el grupo de investigación?

El grupo de investigación se conformó a partir de la circular emitida por la secretaria de educación la cual fue apoyada por parte de rectoría y coordinación quienes motivaron a docentes y estudiantes de la sede Gaitán a participar en este proceso de investigación y escoger la temática de investigación de acuerdo a intereses colectivos y a las características de la Sede “Gaitán”.

☐ Descripción del grupo de investigación

El grupo de investigación es un grupo activo, ávido de conocimientos, con estudiantes participativos, creativos, cuestionadores, pertenecientes a los grados tercero y cuarto de la sede, quienes se han vinculado al tema ambiental de la institución y del municipio.

☐ ¿Cuáles fueron los motivos que lo llevaron a participar en el Programa Ondas y cuáles son sus expectativas y compromisos?

- Conocer el Humedal el Juncal, que los estudiantes a través de su investigación destaquen la importancia de este ecosistema y lo multipliquen a su comunidad.
- Infundir en los estudiantes el espíritu investigativo.
- El trabajo investigativo a partir de contextos reales.
- Actualización y fortalecimiento en temas ambientales.
- Participar activamente en proyectos transversales relacionados con nuestro entorno.

☐ ¿Cuál es la intencionalidad transformadora?

- Preservar el buen uso y cuidado del humedal el juncal.
- Preservar la fauna nativa y migratoria.
- Ampliar conocimientos en ecosistemas relacionados con avifauna.

Actividades

Las actividades realizadas se correlacionaron con los estándares de ciencias naturales y educación ambiental que buscan establecer lo que nuestros niños, niñas y jóvenes deben saber y saber hacer en la escuela y entender el aporte de las ciencias naturales a la comprensión del mundo donde vivimos, así como los DBA (Derechos básicos de aprendizaje) como son:

Explica la influencia de los factores abióticos (luz, temperatura, suelo y aire) en el desarrollo de los factores bióticos (fauna y flora) de un ecosistema.

Diferencia los factores bióticos (plantas y animales) de los abióticos (luz, agua, temperatura, suelo y aire) de un ecosistema propio de su región.

Interpreta el ecosistema de su región describiendo relaciones entre factores bióticos (plantas y animales) y abióticos (luz, agua, temperatura, suelo y aire).

Predice los efectos que ocurren en los organismos al alterarse un factor abiótico en un ecosistema

Reconoce y establece las relaciones correspondientes entre los factores bióticos y abióticos como en la imagen o en el entorno cercano y predice qué puede ocurrir si se altera alguno de ellos.

Comprende las relaciones de los seres vivos con otros organismos de su entorno intra e interespecíficas.

Con esto se busca que, paulatinamente:

- Comprendan los conceptos y formas de proceder de las diferentes ciencias naturales (biología, física, química, astronomía, geografía...) para entender el universo.

- Asuman compromisos personales a medida que avanzan en la comprensión de las ciencias naturales.

- Comprendan los conocimientos y métodos que usan los científicos naturales para buscar conocimientos y los compromisos que adquieren al hacerlo.

- Adquieran las características del ser Un científico o una científica natural...

- Enfrenten preguntas y problemas y, con base en ello, conoce y produce.

- Vivan procesos de búsqueda e indagación para aproximarse a solucionarlos.

- Consideren muchos puntos de vista sobre el mismo problema o la misma pregunta y se enfrenta a la necesidad de comunicar a otras personas sus experiencias, hallazgos y conclusiones.

- Confronten los resultados con los de los demás.

- Respondan por sus acciones, hallazgos, conclusiones, y por las aplicaciones que se hagan de ellos.

Cuadro Actividades

Propuesta	Fecha	Actividad
Salida “Piedras de Chivonegro” Carrera de observación. Entorno alrededor del Humedal el Juncal Área de sociales	Febrero 2013	Posterior a investigación en textos del municipio y entrevistas con personas mayores del pueblo, se procedió a realizar salida en torno al predio del humedal.
Día del Agua “Primera visita al Humedal el Juncal. Área de matemáticas y ciencias naturales	Abril 2013	Primera vista al humedal por el grupo de investigación, elaboración de bitácoras de apuntes de los estudiantes.
Video “Amigos del Humedal el Juncal”	Agosto 2013	https://www.youtube.com/watch?v=ISBiofSEX2g
Visitas al humedal “Avistamiento de avifauna”. Educación Física y ética	Diciembre 2013-Febrero 2014	Con los insumos de las bitácoras, se realizaron avistamientos y fotografías de la avifauna presente en el humedal. Descripciones y posteriores consultas de investigación pertinente.
Investigación avifauna. Ciencias naturales, español, sociales	Marzo-Mayo de 2014	Consultas de ornitología. Apoyo de material de la CAR
Asignación de roles. Para elaboración de cartilla. Ética, competencias ciudadanas	Junio de 2014	Diseño de cartilla.
Presentación en power point “Amigos del humedal el juncal “Informática	Julio de 2014	Elaboración de presentación en Power Point, apoyo docente de informática.
Actividades de transversalización Español Artes.		
➤ Dibujos artísticos de las aves. ➤ Maqueta del humedal en plastilina. ➤ Escritura de coplas. ➤ Redacción y ortografía del escrito de la cartilla.	Septiembre y octubre de 2014	Elaboración de dibujos artísticos, técnica al óleo, apoyo madre de familia en artes, redacción y ortografía con docente de español. Elección de temáticas de la cartilla.
Lanzamiento cartilla “Amigos del humedal el juncal”	Octubre de 2014	Feria de la ciencia, lanzamiento de cartilla, asistencia de comunidad educativa y entidades gubernamentales.
Salida pedagógica Parque temático de las aguas Mosquera Cundinamarca	Febrero de 2015	De manera lúdica en el parque temático se aprendió acerca del agua, su ciclo, cuidados, donde la encontramos en el planeta, en nuestro cuerpo y acuarios. Actividades que familiarizaron más a los estudiantes acerca de este recurso.
Salida Pedagógica Museo del mar. Universidad Jorge	Octubre de 2015	Contextualizar a los estudiantes acerca del mar, océanos, y diversidad en ellos. Nuevamente

Propuesta	Fecha	Actividad
Tadeo Lozano		actividades relacionadas con el agua.

2. Participación Internacional en el Congreso de Chile

El proyecto “Amigos del humedal el juncal” participo en convocatoria para congresos internacionales de experiencias en educación en Cundinamarca, obteniendo un cupo para ser expuesto en Santiago de Chile del 9 al 12 de octubre 2015. En ponencia en el IV Congreso Ciencias, Tecnologías Y Culturas Diálogo Entre Las Disciplinas Del Conocimiento. Mirando Al Futuro De América Latina Y El Caribe. La ponencia fue: El humedal el juncal como fuente de procesos ecológicos y pedagógicos en la IED Nuestra señora de la gracia Bojacá. Ponente: María Eliana Espejo Cruz. Candidata a Magister en Ciencias Ambientales. Universidad Jorge Tadeo Lozano

3. Participación Encuentro docentes Gobernación de Cundinamarca. Girardot 2015. Ponente Amigos del Humedal el Juncal. Ponente: María Eliana Espejo Cruz. Candidata a Magister en Ciencias Ambientales. Universidad Jorge Tadeo Lozano

4. Primer puesto Gobernación de Cundinamarca para representar en el congreso Iberoamericano de educación. 2016 septiembre Cartagena de Indias. Ponente: María Eliana Espejo Cruz. Candidata a Magister en Ciencias Ambientales. Universidad Jorge Tadeo Lozano

5. Actividades proyectadas 2017-2020

Propuesta	Fecha	Actividad
Taller “Calidad del agua”	Agosto 7. Grado 0 A	Diseñar e implementar talleres de acuerdo a la edad y grado de escolaridad de los estudiantes de cada una de las sedes, cuyo objetivo principal es: Identificar que es la calidad del agua, para que sirve y cuáles son los factores que la afectan.
	Agosto 14 Grado 0 B	
	Agosto 21 Grado 0C	
	Agosto 28 Grado 1 A Y 2 A	
	Septiembre 4 Grado 201 -202	
	Septiembre 11 grado 203 y 204	
	Septiembre 18 grados 301-302	
	Septiembre 25 grados 303 y 401	
	Octubre 2 grados 402-403	
	Octubre 23 grados 404-405	
	Noviembre 6 grados 501-502	
	Noviembre 13 grados 503-504	
	Noviembre 14 grados 601-602	
	Noviembre 15 grados 603-604	
	Noviembre 16 Grados 701-702	
	Noviembre 17 Grados 801-802	
	Noviembre 20 grados 803-901	
	Noviembre 21 grados 902-1001	
	Noviembre 22 grados 1002-1101	
	Noviembre 23 grado 1101	

Propuesta	Fecha	Actividad
Lanzamiento volumen N°2 Cartilla “Amigos del humedal el Juncal”	Marzo de 2018	Con los insumos de los talleres en la institución y basada en mi trabajo de grado, el grupo de investigación amigos del humedal el juncal junto con la docente María Eliana Espejo Cruz, diseñaran la cartilla Volumen N° 2
Salida de Campo al Humedal	Mayo 2018	A fin de buscar insumos en toma de fotografías complementarias a las que ya se tienen, sonidos e imágenes en movimiento para el CD interactivo
CD Interactivo. “Amigos del Humedal el Juncal”	Junio de 2018	CD interactivo del humedal el juncal que estará presente en todas las sedes de la institución para que los estudiantes tengan acceso a él, e interactúen de esta forma con los conocimientos acerca del humedal, en las diferentes asignaturas.
La Flora en el Humedal	Febrero de 2019	Investigación “Flora en el humedal el juncal”. A través de salidas de campo e investigaciones de los estudiantes contrastando con información existente de otros humedales y fichas taxonómicas, se abordará la flora presente en el humedal, sus funciones e importancia.
La Fauna en el Humedal	Julio de 2019	Investigación “Fauna en el humedal el juncal”. A través de salidas de campo e investigaciones de los estudiantes contrastando con información existente de otros humedales y clasificación del reino animal, se abordará la fauna presente en el humedal, sus funciones e importancia.
Cartilla Volumen N° 3 “Amigos del humedal el juncal”	Marzo 2020	Con los insumos de las investigaciones realizadas en cuanto a flora y fauna presente en el humedal se refiere se elaborará la cartilla número 3.
CD Humedal El Juncal	Julio 2020	Este Cd será el numero 2 acerca del humedal que abordará flora y fauna presente en el humedal de forma interactiva.

Nota: Todas las actividades son multiplicadas a los diferentes grados y sedes de la institución, así como a la comunidad educativa entendida como padres

de familia, directivos y administrativos, cuerpo docente, entidades gubernamentales y sector productivo con apoyo del área de ciencias naturales.

Conclusiones

A través de este proyecto y en el marco del PRAE de la IED “Bojacá hacia la construcción de una nueva cultura ambiental”, se busca generar un impacto regional al dar a conocer los resultados a la comunidad en general entendida como padres de familia, estudiantes, docentes, administrativos, entidades gubernamentales y sector productivo del municipio para de esta manera inducir procesos de análisis y acciones que permitan su cuidado y restauración.

Los humedales son ecosistema desconocidos para muchos es labor a través de la escuela generar el conocimiento dada su importancia ya que cumplen funciones muy importantes en la regulación hídrica además de ser ambientes que mantienen una biota particular, por lo cual es importante preservarlos.

A nivel pedagógico es importante conocer y aprovechar los recursos naturales del Municipio, en este caso el humedal el juncal. No podemos desconocer que actualmente gracias a la convención Ramsar, los humedales actualmente son considerados como aulas ambientales en las cual se adquiere un aprendizaje significativo que impacta de manera posterior en su cuidado.

Bibliografía

- Ariza Rincón, L. A., Ayazo Toscano, R. A., Cañon Amaya, A. M., Luque Rojas, G. M., & Martínez Cano, D. A. (2017). Humedales del territorio CAR consolidación del sistema de humedales de la jurisdicción CAR.
- Colciencias, Ondas, Niños, niñas y jóvenes investigan (...), Op. Cit., página 82.
- Colciencias, Ondas, Niños, niñas y jóvenes investigan, Lineamientos pedagógicos del Programa Ondas, Bogotá, Colciencias, Ondas-fes-icbf, 2006.
- Corredor, E. M. P., Rocha, N. N., & Manrique, G. S. Q. (2015). Incidencia de la educación ambiental en la configuración de agentes políticos a partir de procesos de recuperación del humedal La Conejera (localidad Suba, Bogotá DC). *Revista ALETHEIA*, 7(2).

Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.
Guía Numero 7. Ministerio de Educación nacional.2004

Labrador, C. & del Valle, Á. (1995). La educación medioambiental en los documentos internacionales. Notas para un estudio comparado. Revista Complutense de Educación. Vol. 6(2), 75-94.

Losada-Prado, Sergio; Molina –Martínez Yair G. Año 2011. Avifauna del Bosque Seco Tropical en el departamento del Tolima (Colombia)

Mejía, M. R., & Manjarrés, M. E. (2013). La investigación como estrategia pedagógica, una propuesta desde el sur. *Bogotá: Desde Abajo*.

Municipio de Bojacá. Sistema de Gestión Ambiental Municipal SIGAM. 2008

Ochoa, R. F. (1994). *Hacia una pedagogía del conocimiento*. McGraw-Hill.

Proyecto Educativo Institucional PEI. IED Nuestra Señora de la Gracia.2016

UNESCO. (1980). La educación ambiental. Las grandes orientaciones de la conferencia de Tbilisi 1977. París, Francia.

http://www.santillana.com.co/www/pdf/dba_cie.pdf

Evidencias



Imagen N°1: Participación Congreso de Chile



Imagen N°2: Logo “Amigos del humedal el juncal” Diseñado por Estudiante Mislady Diaz 301



Imagen N°3: Grupo Ondas Grado tercero y cuarto.



Imagen N°4: Salidas pedagógicas a las piedras de chivonegro.



Imagen N°5: Salida Reserva hídrica el humedal el juncal



Imagen N°6: Mural Diseñado por grado 301, 302 y 405.

Somos amigos del “Juncal” con nosotros puedes contar para preservar la avifauna que llega a este humedal.

Imagen N°7: Copla “Amigos del humedal el juncal” Grado tercero y cuarto de primaria sede Gaitán



Imagen N°8: Salida Reserva hídrica el humedal el juncal



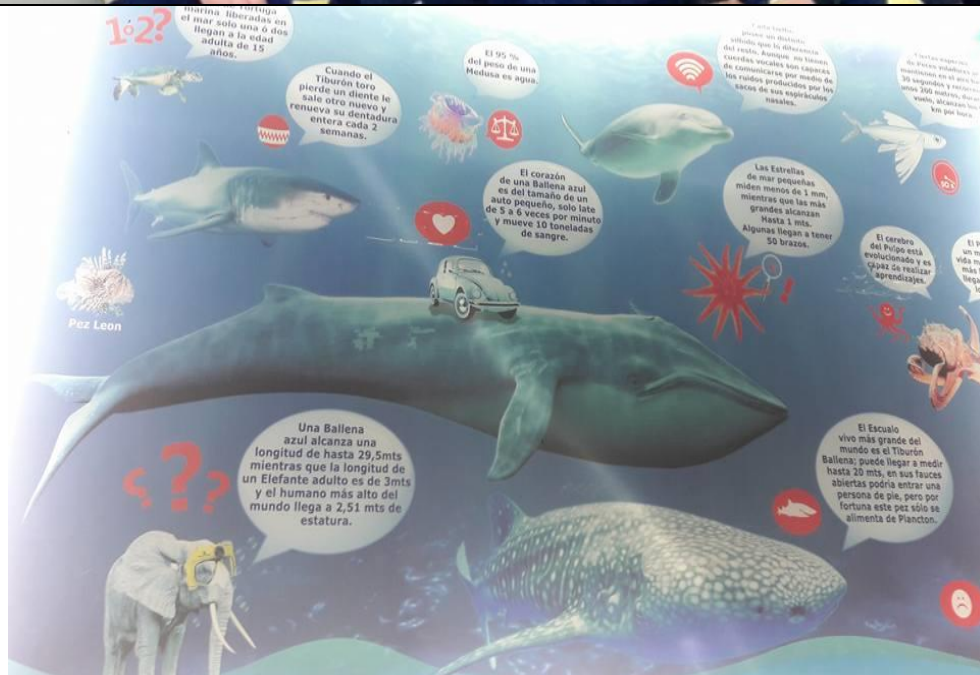


Imagen N°9: Salida Museo del Mar Jorge Tadeo Lozano



Imagen N° 10. Parque de las Aguas



Imagen N°11: Pendón Amigos del Humedal el Juncal