



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Conflictos ambientales por uso del suelo en un ecosistema estratégico: Actividad pecuaria en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca

Andrea del Pilar Hormaza Niño

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales
Bogotá, Colombia
2019

Conflictos ambientales por uso del suelo en un ecosistema estratégico: Actividad pecuaria en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca

Andrea del Pilar Hormaza Niño

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Director:

PhD. en Ciencias Biología Gabriel Antonio Pinilla Agudelo

Línea de Investigación:

Estudios Ambientales Agrarios

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales

Bogotá, Colombia

2019

A mi madre...

Aquella que me dio la vida y sin importar lo que suceda siempre estuvo y está a mi lado para darme su apoyo, consejo, ánimo y amor desinteresado.

Eres toda mi única familia y lo más valioso que tengo en la vida.

Agradecimientos

Agradezco primeramente al ser supremo o entidad divina que a mi razón no científica ha manejado los hilos de mi existencia de una manera particular e ingeniosa.

A los ángeles que trascendieron hace algún tiempo y se encuentran en el cielo, quienes formaron y formaran parte de mi ser y a quienes extraño inmensamente.

A la vida por darme la posibilidad de experimentar diferentes situaciones que me han permitido crecer como persona y profesional.

A mi querida, hermosa, luchadora, fuerte e incondicional Madre que me ha apoyado durante toda mi vida, en especial durante este proyecto, dándome fuerza cuando las cosas parecían complicarse y creyendo siempre en mis capacidades para lograr todas mis metas.

A mi compañero de vida, amigo, confidente, colega y de igual manera apoyo incondicional que ha caminado durante once años conmigo, enfrentando mis batallas, tristezas y alegrías como si fueran suyas y a mis hijos peludos que me acompañaron durante muchas noches y madrugadas.

Mis familiares cercanos, especialmente Luis Ernesto Hormaza quien sin saber sembró en mi la pasión por las ciencias ambientales, a quien he admirado como mi hermano mayor representando un modelo de persona a seguir.

A mis amig@s, que me acompañaron en este proceso manteniendo mi salud mental con sus conversaciones y soporte.

Por otra parte, agradezco inmensamente al equipo de excelentes profesionales y seres humanos que me brindaron su colaboración y saberes para la construcción y la culminación de este trabajo:

Profesor Gabriel Pinilla, quien me acogió amablemente como tesista, siempre estuvo atento a colaborar, a resolver mis inquietudes o dudas con una sonrisa y guió pacientemente la elaboración del mismo, enriqueciendo mi formación con sus habilidades y conocimientos no solo en el campo de la hidrobiología.

Profesor Agustín Rudas, quien me mostró las maravillas de los sistemas de información geográfica para su uso en temas de biodiversidad y conservación, además de soportar y entender mis largas charlas para orientarme y contribuir con sus apreciaciones y conocimientos a los objetivos planteados en mi trabajo de tesis.

Hernán Serrano, el increíble especialista en herramientas de análisis del paisaje a través de sensores remotos, quien asumió mis retos e inquietudes como prioridad, ofreciéndome su valiosa experiencia y manejo en dichos temas con el fin de cooperar a la generación de información y conocimiento de utilidad para el país y sus ecosistemas.

Así también a todas aquellas personas que de alguna manera aportaron a mi proyecto como:

Don Rodrigo y Oliva en los laboratorios de la Facultad de Biología de la Universidad Nacional, Don Álvaro Castillo y su hermana en la Laguna de Suesca, funcionarios de las Alcaldías de Suesca y Cucunubá, funcionarios de la Corporación Ambiental Regional de Cundinamarca y a la comunidad en general que habita en la Laguna de Suesca.

Resumen

El presente trabajo tuvo como fin identificar y reconocer las condiciones y características de los aspectos limnológicos, de paisaje y de gestión que determinan el estado actual de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca, un ecosistema estratégico andino. También se evaluaron las dinámicas que influyen en el conflicto ambiental que se presenta debido al deterioro que generan las actividades antrópicas, como la ganadería. Para comprender los diferentes procesos que allí ocurren, se realizó un muestreo de fitoplancton en 21 puntos de la laguna, determinando a partir del análisis de esta comunidad que la Laguna de Suesca es un cuerpo de agua relativamente homogéneo y mesotrófico, con leve tendencia hacia la eutrofia. Así mismo, mediante el uso de sensores remotos se evidenció una transformación en el tiempo de las coberturas de la matriz circundante de la Laguna, en la que dominan cultivos y pastos, generada principalmente por el desarrollo de actividades agropecuarias que inciden en las condiciones fisicoquímicas y biológicas del agua, lo cual ha reducido la extensión del sistema acuático. Finalmente, se analizó la gestión que han efectuado los diferentes entes del estado en este ecosistema, encontrando cierto desinterés, así como una fuerte desarticulación entre dichos organismos, con el desconocimiento de sus alcances y de algunas políticas ambientales. Lo anterior genera gran molestia e inseguridad entre la comunidad que habita en la cuenca, pues siente que se vulneran sus derechos y ocasiona conflictos ambientales. Con todos los elementos biológicos, paisajísticos y de manejo obtenidos, se propuso un análisis teórico bajo el enfoque del pensamiento ambiental y de la ecología política, que nos permitió abordar la comprensión de la dinámica del conflicto en el territorio. Fue clara la relación fragmentada del hombre con su entorno natural, que se refleja en la forma de apropiación de la naturaleza bajo una visión utilitaria que no apoya la idea del desarrollo sostenible. Por lo tanto, se requiere con urgencia la transformación tanto de las políticas, como de las prácticas económicas y culturales de los actores que participan en dicho escenario, hacia formas inclusivas y de cooperación mutua que hagan posible una gobernanza efectiva del territorio.

Palabras clave: conflicto ambiental, ganadería, usos del suelo, gestión ambiental.

Abstract

The purpose of this study was to identify and recognize the conditions and characteristics of the limnological, landscape and management aspects that determine the current state of the Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca, an Andean strategic ecosystem. The dynamics that influence the environmental conflict that arises due to the deterioration generated by anthropic activities, such as livestock, were also evaluated. To understand the different processes that occur in the in the area of influence of the lagoon, a phytoplankton sampling was carried out in 21 points of the aquatic ecosystem, determining from the analysis of this community that Laguna de Suesca is a relatively homogeneous and mesotrophic waterbody, with a slight tendency towards eutrophy. Likewise, through the use of remote sensors, a transformation of the coverage in the surrounding matrix of the lagoon was observed over time, in which crops and pastures dominate, mainly generated by the development of agricultural activities that affect the biological and physicochemical water conditions, which has reduced the area of the aquatic ecosystem. Finally, the management carried out by the different governmental entities in this ecosystem was analyzed, finding a certain disinterest, as well as a strong disarticulation between these organisms, with the ignorance of their scope and some environmental policies. This generates great discomfort and insecurity among the human communities that live in the basin, because they feel that their rights are ignored, which causes environmental conflicts. With all the biological, landscape and management elements obtained, a theoretical analysis was proposed under the approach of environmental thinking and political ecology, which allowed us to address the understanding of the dynamics of the conflict in the territory. It was clear the fragmented relationship of man with his natural environment, that is reflected in the form of appropriation of the nature under a utilitarian vision that does not support the idea of sustainable development. Therefore, the transformation of the policies, as well as the economic and cultural practices of the actors participating in this scenario towards an inclusive and mutual cooperation form, that make possible effective governance of the territory, is urgently required.

Keywords: environmental conflict, environmental management, land use, livestock.

Contenido

1. Marco conceptual y teórico	26
1.1 Ecosistemas estratégicos, normatividad y gestión ambiental en Colombia	26
1.2 Referentes teóricos	29
1.2.1 Pensamiento ambiental	29
1.2.2 Ecología política	31
2. Antecedentes	34
3. Metodología	40
3.1 Área de estudio	40
3.2 Componente limnológico	41
3.2.1 Fase de Campo	41
3.2.2 Fase de laboratorio	42
3.2.3 Tratamiento de datos	43
3.3 Componente de análisis del Paisaje	46
3.3.1 Análisis de transformación del Paisaje	46
3.3.2 Calidad del agua con sensores remotos	51
3.4 Componente de gestión ambiental y análisis teórico	52
4. Resultados y análisis	54
4.1 Componente limnológico	54
4.1.1 Factores fisicoquímicos	54
4.1.2 Densidad y composición de la comunidad fitoplanctónica	55
4.1.3 Correlación entre parámetros físicos y biológicos	63
4.1.4 Bioindicación y calidad del agua	64
4.2 Componente análisis del Paisaje	66
4.2.1 Transformación del paisaje	66
4.2.2 Calidad del agua con sensores remotos	71
4.3 Gestión ambiental y análisis teórico	77
4.3.1 Gestión ambiental	77
4.3.2 Integración de los aspectos biofísicos en el análisis teórico de tipo ambiental	90
5. Conclusiones y recomendaciones	97
5.1 Conclusiones	97
5.2 Recomendaciones	99
6. Bibliografía	102

Lista de figuras

Figura 3- 1: Mapa del área de estudio Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca	40
Figura 3- 2: Localización de los puntos de muestreo en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	42
Figura 3- 3: Dominios abordados para el análisis multitemporal de cambio en las coberturas en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca. Dominio A: sistema léntico cuerpo de agua; Dominio B: sistema matriz de suelo circundante.	47
Figura 3- 4: Área de interés establecida según el criterio de cuenca hidrográfica para el análisis de transformación del paisaje en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	47
Figura 4-1: Análisis de componentes principales entre factores fisicoquímicos y las estaciones de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	55
Figura 4-2: Densidad de individuos y grupos taxonómicos para las 21 estaciones muestreadas en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	57
Figura 4-3: Porcentaje de abundancia de individuos para los diferentes grupos taxonómicos de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	58
Figura 4- 4: Valores de los índices de diversidad para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca: Riqueza (S) y Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Equidad de Pielou (J') y Dominancia de Simpson (λ).	59
Figura 4- 5: Dendograma de similitud según el índice de Morisita para la comunidad fitoplanctónica en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	60
Figura 4- 6: Análisis de ordenación NMDS para las estaciones muestreadas en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	61
Figura 4- 7: Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) para las morfoespecies y estaciones de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca..	62
Figura 4- 8: Análisis de Correspondencia Canónica para las variables ambientales y morfoespecies de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	64

Figura 4- 9: Clasificación de las coberturas y área para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca para los años 1987 y 2018.....	67
Figura 4- 10: Mapa de distribución para la variable sólidos suspendidos (mg L^{-1}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.....	72
Figura 4- 11: Mapa de distribución para la variable clorofila (mg m^{-3}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.....	74
Figura 4- 12: Mapa de distribución para la variable nitrógeno total (mg L^{-1}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.	75
Figura 4- 13: Mapa de distribución para la variable fósforo total (mg L^{-1}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.	76
Figura 4- 14. Extensión en hectáreas de los predios de la vereda Ovejeras aledaños a la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.	84
Figura 4- 15. Número de cabezas de ganado por predio según su extensión (hectáreas) en los terrenos de la vereda Ovejeras aledaños a la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.	84
Figura 4- 16. Modelo de red para las dinámicas del conflicto en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca, en la cual ser humano y naturaleza hacen parte de una misma dimensión ecosistémica social.	96

Lista de tablas

Tabla 3- 1: Clasificación multiespectral no supervisada y edición de tabla. ISODATA, para los dominios A (cuerpo de agua léntico) y B (sistema matriz de suelo: dominios abierto y cerrado) y clases espectrales en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca. NDVI: Normalized Difference Vegetation Index.....	48
Tabla 3- 2: ISODATA para el dominio 1 (cuerpo de agua léntico) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	48
Tabla 3- 3: ISODATA para el dominio 2 (abierto-transformado) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	49
Tabla 3- 4: ISODATA para el dominio 3 (cerrado-natural) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	49
Tabla 3- 5: Recodificación de categorías para la clasificación multiespectral para la elaboración de mapas de cobertura en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca para los años 1987 y 2018.	50
Tabla 3- 6: Modelos empleados para la estimación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos seleccionados (sólidos suspendidos, clorofila a, nitrógeno total y fósforo total) para determinar la calidad del agua en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca a través de métodos de teledetección.	51
Tabla 4- 1: Valores calculados para el índice de Bioindicación de Nygaard por grupo y para el índice compuesto para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.	65
Tabla 4- 2: Valores calculados para el índice del estado trófico (IET) de Carlson modificado por Toledo <i>et al</i> (1983), por variable (Disco Secchi y fosfatos) y el índice promedio para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca	66
Tabla 4- 3: Clasificación de las coberturas, áreas (Ha) y porcentajes de área (Ha) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca en los años 1987 y 2018.	68

Introducción

El presente trabajo pretende analizar los conflictos ambientales que surgen alrededor del uso del suelo cuando se practica una actividad económica de gran valor y tradición en el país, como lo es la actividad pecuaria, en áreas protegidas y en ecosistemas estratégicos. En general, se considera la producción ganadera como uno de los sectores más contaminantes y degradantes para el ambiente, que requiere de grandes cantidades de agua, contamina las fuentes con antibióticos, metales pesados (aplicados a los pastos y cultivos) y nutrientes, además de producir un efecto de erosión en los suelos que genera altas cargas de sedimentos. Así mismo la actividad pecuaria contribuye directa e indirectamente a la reducción de la biodiversidad en los ecosistemas, alterando y destruyendo el hábitat de numerosas especies, contaminando con emisiones que aceleran el cambio climático, introducción de especies exóticas (el ganado en sí y las enfermedades que presentan) y con la sobreexplotación del pastoreo excesivo (FAO, 2006), con un desarrollo en la mayoría de los casos sobre suelos inadecuados (Szott *et al.*, 2000). Igualmente, en algunas ocasiones la actividad pecuaria se ubica dentro o alrededor de áreas con ecosistemas de gran relevancia para el mantenimiento del equilibrio de los bienes naturales de países en desarrollo (Ba Diao, 2006). De esta forma, se ha visto que las comunidades que habitan estos territorios con ecosistemas estratégicos practican actividades agropecuarias como una estrategia de sustento y herencia cultural, generando fuertes contradicciones entre la conservación de los sistemas ecológicos y los derechos fundamentales de esas comunidades humanas (Díaz, 2008).

En Colombia este tipo de escenarios complejos son comunes, al ser un país megadiverso debido al gran número de ecosistemas terrestres, acuáticos continentales, marinos y costeros que posee. Dentro de estos ambientes de alta diversidad existe una

gran disponibilidad de bienes fundamentales (agua, suelo, flora y fauna), no solo necesarios para el aprovechamiento humano de servicios ecológicos y ambientales, sino para el bienestar de los mismos sistemas naturales. En el país, existen aproximadamente 31.702 humedales, seis de ellos reconocidos como Ramsar de los cuales actualmente la mayoría presentan altos niveles de contaminación y degradación, aunque se pretenda garantizar su conservación al limitar y restringir numerosas actividades que ejercen presiones y efectos negativos sobre ellos pues hacen parte del SINAP (Parques Nacionales, 2013; Jaramillo *et al.*, 2015)

Por ello, el gobierno establece que los bienes naturales renovables son patrimonio de la nación y deben ser aprovechados racionalmente y protegidos a través de actividades de preservación, conservación y manejo, ya que son bienes públicos y de interés social (Decreto Ley 2811 de 1974). No obstante, es claro que, a pesar de la existencia de dicho marco normativo, no ha sido posible detener el incremento en la degradación de los ecosistemas. La realidad muestra que aún con este marco legal presente, la apropiación de los recursos y ecosistemas naturales en gran parte del territorio nacional depende más del contexto social y económico de quienes practican actividades que generan la degradación de estos ambientes. Dicha realidad es determinante para que en muchos casos no se tenga en cuenta la normatividad y se generen conflictos que hacen imposible la idea de sustentabilidad ambiental y colocan al país en el camino de una crisis ambiental.

Problema de Investigación

La Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca, es un ecosistema natural ubicado en la región andina sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental a tan solo 63 kilómetros de la capital del país. Se caracteriza por su cuerpo de agua que tiene una extensión de 297.98 Ha, así como por la riqueza de flora y fauna que posee por lo cual se considera un sistema de gran importancia para la región (CAR, 2001). La Laguna es un área protegida que cuenta con 680 habitantes aproximadamente, en la que actualmente se practican actividades económicas diversas entre las cuales se encuentra el turismo, la agricultura y la ganadería (CAR, 2005). En las últimas décadas este ecosistema ha presentado transformaciones debido a la problemática que genera el uso

inadecuado de sus suelos aledaños, en los que se practica el cultivo de papa y cereales como medio de subsistencia, así como la producción de ganado desde los últimos 20 años, sin la regulación adecuada por parte de las autoridades, con la consecuente deforestación por los cambios de uso de la tierra. En Colombia la ganadería como practica productiva genera impactos en el aire el suelo, el paisaje, cuerpos de agua y la biodiversidad, que también presentan consecuencias sociales y políticas en las comunidades que la desarrollan (Mora *et al.*, 2017), de tal forma, los bosques se han convertido en praderas, los suelos se han contaminado con agroquímicos y el espejo de agua de la laguna se ha reducido como consecuencia de la ampliación de la frontera agrícola. Todo esto ha puesto en riesgo el equilibrio ecosistémico de un sistema fundamental que fue declarado estratégico y área protegida para la Nación desde 2006, para el que no se ha implementado ningún plan de manejo ambiental y del que se dispone de muy poca información (seguimiento de su funcionamiento, estado previo y actual). Sin embargo, aunque la normatividad es clara con respecto a la protección y conservación del patrimonio natural, existen amplios vacíos y contradicciones (uso de suelo, protección y conservación), que impiden la implementación de acciones que regulen, limiten o modifiquen tales actividades económicas. Esto probablemente se debe a que dichas actividades son la forma de sustento de numerosas familias que habitan en esos terrenos, lo que genera no solo un problema de carácter biológico, sino también económico y social.

Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo principal determinar el grado de transformación y los efectos ecológicos que la actividad pecuaria ha ejercido sobre el Humedal Laguna de Suesca. Se buscó conocer las acciones que han venido desempeñando las autoridades ambientales con la comunidad y las diferentes opiniones de los actores del conflicto, tales como los habitantes y los entes gubernamentales, frente a esta problemática a partir del desarrollo de los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el estado ecológico del Humedal Laguna de Suesca a través de indicadores hidrobiológicos como la comunidad de fitoplancton.

- Analizar el grado de transformación del paisaje y el cambio del uso del suelo que ha sufrido el área de influencia directa del Humedal Laguna de Suesca, debido al desarrollo de la actividad pecuaria durante las dos últimas décadas.
- Investigar las acciones de gestión que han desarrollado las autoridades gubernamentales y ambientales con la comunidad que habita en el área de influencia del Humedal Laguna de Suesca, en contraste con la visión que tienen algunos representantes de los actores en este conflicto ambiental.
- Integrar en un análisis teórico de tipo ambiental las variables tratadas para comprender sus interrelaciones y la manera como explican la problemática actual en el Humedal Laguna de Suesca.

La estructura de este documento está organizada en cuatro capítulos principales, de la siguiente forma:

El primer capítulo presenta las bases conceptuales y teóricas sobre las cuales se desarrolló el trabajo, abordando primeramente los aspectos y las definiciones tanto normativas como ecológicas y culturales que son fundamentales. Posteriormente se introduce a la visión del pensamiento ambiental para la región, profundizando en el enfoque latinoamericano que resalta la complejidad de la crisis ambiental debida a los conflictos entre el hombre y la naturaleza, de acuerdo con la visión de Augusto Ángel Maya y Enrique Leff. Se llega así a la ecología política, que reconoce la dinámica que surge entre la naturaleza y los aspectos políticos, económicos y socioculturales y que permite una reflexión que pretende lograr el equilibrio entre naturaleza, sociedad y tecnología.

En el segundo capítulo se muestra la revisión bibliográfica de diferentes investigaciones acerca de los impactos de la actividad pecuaria y los conflictos ambientales en ecosistemas estratégicos de Colombia y otros países, presentando diferentes contextos y perspectivas de la problemática socioambiental. Se busca comprender e identificar cuáles son los elementos y los actores que participan e impulsan tales procesos y transformaciones que afectan actualmente los sistemas naturales.

El capítulo tres expone las metodologías que se emplearon para desarrollar los objetivos del componente limnológico, paisajístico y de gestión ambiental. En el capítulo cuatro se presentan los resultados obtenidos y su respectivo análisis, con los cuales se determinó el estado actual del ecosistema, la transformación que ha tenido por el cambio en los usos del suelo y los alcances y efectos de la política ambiental en la gestión del mismo, tanto por parte de los entes gubernamentales como de la comunidad. Este capítulo finaliza con una reflexión teórica de tipo ambiental que integra los tres componentes tratados en una sola dimensión para presentar una perspectiva más amplia y sistémica del conflicto ambiental en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.

Las conclusiones más relevantes de cada uno de los aspectos estudiados se sintetizan en el capítulo cinco, el cual finaliza con las recomendaciones propuestas sobre algunos elementos abordados en el trabajo y que se deben tener en cuenta en futuras investigaciones.

De esta manera se pretende contribuir a la generación de información acerca del estado ecológico de un ecosistema estratégico importante para la regulación hidrológica de la región, aportando una visión más amplia de las transformaciones que ha sufrido el territorio, no solamente en términos del cuerpo de agua y el paisaje sino de los aspectos socioeconómicos que hacen parte del conflicto sociedad-naturaleza. Se proporcionan así elementos que facilitan la toma de decisiones y la incorporación de políticas ambientales que tengan en cuenta las necesidades de la comunidad para una mejor gestión del territorio y para la conservación de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.

1. Marco conceptual y teórico

Las bases conceptuales y teóricas que se presentan a continuación pretenden orientar el enfoque sobre el cual se planteó y desarrollo la investigación, abordando diferentes definiciones y aspectos importantes de la política, normatividad y gestión ambiental para los ecosistemas estratégicos del país, que se articularon con las perspectivas que proponen el pensamiento ambiental y la ecología política al brindar elementos y fundamentos esenciales para la comprensión de la complejidad de las relaciones que se encuentran en los conflictos ambientales.

1.1 Ecosistemas estratégicos, normatividad y gestión ambiental en Colombia

En Colombia el origen de la figura de Áreas Protegidas surgió a mediados de los años 30 con las zonas de reserva forestal para el aseguramiento del recurso hídrico en un país con vocación agrícola, modificándose en los años 60 a Reservas Forestales Protectoras Nacionales como las primeras áreas protegidas, declarando los primeros parques nacionales naturales y estableciendo en los años 70 el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), así como Parques Nacionales Naturales (PNN) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), (Rojas, 2014) según la categoría del área protegida. Estas son las principales instituciones encargadas de la protección, la conservación y el manejo (bienes y servicios) de las zonas declaradas como áreas protegidas, y de tal modo ejercen un poder administrativo sobre su jurisdicción regional y son responsables de adoptar las medidas y realizar las acciones necesarias que aseguren su correcto uso y gestión ambiental.

El concepto de Ecosistemas Estratégicos fue desarrollado profundamente hacia 1994 para la formulación de la Política Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998. Se basó en una extensa consulta y participación de numerosos expertos en temas

ambientales estableciendo además criterios, metodologías de identificación y un programa de trabajo. Los ecosistemas estratégicos se deben entender como aquellos que concentran numerosos bienes y funciones naturales (tales como la producción de agua o alimento, regulación del clima y el sostenimiento de la biodiversidad, entre otros) de los que dependen significativa y especialmente las poblaciones para su mantenimiento, teniendo presente que aunque todas las áreas y sistemas naturales son importantes existen unos en particular que son vitales para asegurar la subsistencia y el adecuado desarrollo de la sociedad (Márquez y Acosta, 1994; Márquez, 1996).

Dentro de estos ecosistemas se encuentran los humedales, sistemas en los que el agua es el factor primordial que regula las interacciones ecológicas y biológicas. Comprenden las zonas donde la capa freática interactúa con la superficie terrestre o los lugares donde la tierra está cubierta por aguas someras. Son entornos de alta productividad y prestan un amplio rango de servicios ambientales, entre los que figuran la absorción de agua, la amortiguación de las inundaciones y provisión de hábitats temporales o permanentes para diversos organismos. Sus servicios se clasifican como de abastecimiento (beneficios materiales), de regulación (calidad del aire, fertilidad de suelos, polinización de cultivos, entre otros), de apoyo (sostenimiento de la diversidad biológica y genética) y culturales (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006; Robbins, 2007). En el tratado de la Convención de Ramsar de 1971 se declaran como humedales de importancia internacional aquellos que cumplen una serie de criterios, que incluyen la representatividad o rareza del ecosistema, teniendo en cuenta su posición biogeográfica y su trascendencia en la conservación de la diversidad biológica de aves, peces y demás especies (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006).

El uso de los suelos en el país ha sido un tema ampliamente discutido, ya que aproximadamente el 28% del territorio nacional posee algún conflicto relacionado con su uso inadecuado debido al desarrollo de prácticas que no estimulan el aprovechamiento óptimo del recurso, lo que resulta en su sobreutilización o subutilización (IGAC, 2000). En este escenario, ganaderos, agricultores y empresarios se afectan al desarrollar sus actividades en zonas inadecuadas, teniendo la necesidad de reorientarlas para un mejor uso del suelo (IGAC y CORPOICA, 2002), lo que termina generando numerosos

conflictos y contradicciones por los diferentes intereses y actores que se ven involucrados.

Históricamente el modelo de desarrollo económico neoliberal ha entendido los sistemas naturales como entidades que solo suministran bienes y recursos y en algunos casos son áreas improductivas que llegaban a ser un obstáculo para el desarrollo. En consecuencia, este modelo ha transformado, degradado, fraccionado e incluso desaparecido por completo algunos de estos sistemas naturales para dar paso a la construcción de grandes obras de infraestructura y a la práctica de numerosas actividades que ejercen presiones sobre los ecosistemas (Paredes, 2012). Todo esto se ha visto reflejado en la crisis ambiental que afronta en el país, situación que ha llevado al reconocimiento institucional de la importancia de los sistemas naturales y de la dependencia que el ser humano tiene de ellos para su bienestar. Por ello el gobierno y las diferentes entidades regionales, departamentales y municipales tienen la responsabilidad de ejecutar los Esquemas de Ordenamiento Territorial y Planes de Ordenamiento Territorial como instrumentos normativos y técnicos que administran y orientan el uso del suelo y el desarrollo del territorio, teniendo como una de sus prioridades colaborar con los planes de acción institucional para la preservar la integridad de las áreas protegidas y la provisión de servicios ecosistémicos (Dirección de Desarrollo Territorial, 2004).

Los Esquemas y Planes de Ordenamiento Territorial a nivel local tienen como herramienta fundamental la implementación de planes de manejo que orientan la gestión de la conservación de cada una de las áreas protegidas del SINAP, siendo específicos para cada una y estructurados a partir de componentes de diagnóstico, de ordenamiento y de estrategia. En ellos se determinan las zonas de manejo y la reglamentación de usos y actividades permitidas y prohibidas, de manera que se prevenga el desarrollo de acciones o proyectos que pongan en riesgo los objetivos de conservación del área, de provisión de bienes y servicios y de continuidad de los diferentes procesos ecológicos (Parques Nacionales, 2013; Paredes, 2012). Para la elaboración de los planes de manejo en ecosistemas estratégicos se debe desarrollar un diagnóstico por medio del levantamiento de información primaria y secundaria que incluya tres grandes componentes (físico, ecológico y social); se requiere realizar inventarios que tengan

critérios científicos y técnicos. Posteriormente se realiza una zonificación y finalmente se elabora un plan de acción que incluya programas de mejoramiento y conservación, así como programas de seguimiento y monitoreo que permitan conocer el estado del ecosistema a partir de ciertos indicadores (ADESSA, 2006).

En numerosos sistemas naturales el uso de bioindicadores es una técnica que se utiliza para analizar la calidad y diversidad en términos de la presencia y ausencia de algunos organismos específicos, lo cual revela información sobre las variaciones en los parámetros fisicoquímicos de los ambientes, que se reflejan en cambios temporales y espaciales de la estructura de las comunidades biológicas. De esta forma, los bioindicadores ayudan a determinar los efectos y las consecuencias de los impactos y perturbaciones ambientales sobre los ecosistemas (Vásquez *et al.*, 2006b). En el caso de los humedales y otros cuerpos de agua se pueden utilizar numerosos indicadores biológicos como las bacterias coliformes, la comunidad bentónica y la fitoplanctónica, siendo ésta última ampliamente utilizada como indicadora de la calidad del agua de los ecosistemas lénticos (de aguas estancadas) y lóticos (de aguas en continuo movimiento), debido a su rápida respuesta frente a cambios o disturbios ambientales. Esto permite relacionar ciertos géneros y especies con la sobrecarga en nutrientes y materia orgánica en estos ecosistemas, derivada de la intensidad y la naturaleza de las actividades humanas. A través de esta comunidad biótica es posible determinar efectivamente el estado trófico y las condiciones ecológicas de un sistema acuático (Botello *et al.*, 2005), con lo cual se puede hacer el seguimiento y la evaluación de la gestión de un ecosistema o área protegida en particular.

1.2 Referentes teóricos

1.2.1 Pensamiento ambiental

Frente a un escenario en el que la naturaleza es considerada como una simple fuente inagotable de bienes y servicios que le pertenecen al hombre, se desarrollan un conjunto de ideas que analizan una inevitable crisis ambiental en la que se identifican problemáticas sociales, económicas y políticas, que derivan del uso indiscriminado y el

agotamiento de los bienes naturales para un “desarrollo” e hiperconsumo que no tiene límites (Agoglia, 2010; Porras, 2015).

El pensamiento ambiental, más allá de reconocer la existencia de la complejidad del ambiente (las relaciones entre lo humano y no humano) y la crisis ambiental, examina sus orígenes, alcances, consecuencias, contradicciones, desafíos, retos, compromisos, alianzas y revoluciones. Sin embargo se pueden encontrar diferentes visiones dependiendo de las ideologías, la ciencia, los conocimientos, el sistema político, los individuos, la región y los países. El pensamiento ambiental del sur concibe la crisis ambiental como un conflicto de la relación entre la naturaleza y la sociedad (ambiocentrismo), lo que permite un diálogo más amplio entre disciplinas, donde se tratan aspectos como la historia de ocupación del espacio, las potencialidades y restricciones al uso, el hábitat, los sujetos sociales, la racionalidad y la espacialidad de las actividades productivas (Sejenovich *et al.*, 2012).

Desde la postura de la complejidad, el pensamiento ambiental Latinoamericano comprende un tejido de interconexiones compuesto por elementos diferentes (social, económico, ecológico, psicológico, místico, político) que son interdependientes y constituyen un todo, donde las partes al igual que el todo forman una unión que no se puede comprender por separado (Morín, 1998; Morín, 1999). Desde tal visión se pueden encontrar varios enfoques, dentro de los que se resalta el de Augusto Ángel Maya, que presenta la crisis ambiental como el resultado del deterioro de las relaciones complejas entre ecosistema y cultura (organización humana, plataforma tecnológica y simbólica). Según Ángel Maya, en la actual civilización hay una negación del hombre a ser naturaleza, abstrayéndose de su sensibilidad y cambiando este tejido simbólico por un mundo frío y estable donde transforma los ecosistemas, dominando y controlando la vida sin tener en cuenta que tales alteraciones son también sus propias transformaciones, ya que ambos emergen de la naturaleza (Ángel, 2004 en: Noguera SF). Por ende, existe una necesidad de un cambio, no solo de modelo de desarrollo sino principalmente de las formas en la que se comporta la cultura con la naturaleza, para regresar a ese asombro de ser una pieza fundamental del complejo entramado de la vida (Ángel, 1990; 1995).

Así también, Enrique Leff expone otro camino para el pensamiento ambiental Latinoamericano centrado en la sustentabilidad, afirmando que la complejidad ambiental

trasciende al pensamiento complejo, a las ciencias de la complejidad, a la interdisciplinariedad, para llegar a un diálogo de saberes que incluye lo ancestral y lo sagrado, para una reapropiación técnica y social que permita definir un futuro sustentable. Es una perspectiva incluyente, holística e integral que reconoce el pensar y el conocimiento de los pueblos y naciones para encontrar nuevas formas y estrategias de convivencia y producción tecnológica (agropecuarias) que se basen en la cultura, en el reconocimiento de indígenas y campesinos, en la potencialidad de la región y en una ética que cuide la vida (Leff, 2009).

1.2.2 Ecología política

La ecología política se considera como un enfoque interdisciplinar que permite la crítica y la reflexión acerca de las relaciones complejas de poder que surgen alrededor de la naturaleza y la sociedad, contemplando además de las políticas ambientales gubernamentales, las jerarquías y desigualdades de todo tipo (género, clase, electorales, étnicas) y escala (locales, regionales, nacionales, internacionales), así como los factores económicos y tecnológicos (Palacio, 2006; Yacoub *et al.*, 2015). Según Martínez (2002), la ecología política se refiere a problemas de acceso, manejo, control y distribución desigual tanto de los recursos como del territorio, principalmente del cual dependen como sustento las poblaciones. Así entonces, analiza los efectos de la contaminación y examina las estructuras y mecanismos de poder que lo mantienen, critica aquellos modelos de gestión y cambio ecológico que resaltan normas y tecnologías eficientes con el fin de obtener crecimiento económico pero a la vez conservación ambiental, promoviendo alternativas a dichos regímenes dominantes, con relaciones ecológicas, políticas y sociales más justas; es decir que trata de analizar y mantener una "buena" unidad entre el triángulo de individuo, sociedad y territorio resaltando la responsabilidad de la sociedad humana sobre el territorio como uno de los valores más importantes, ya que este es la base que sustenta la capacidad de vida de las generaciones actuales y futuras (Lipietz, 2008; Yacoub *et al.*, 2015).

Según Palacio (2006), dentro de la ecología política se pueden reconocer cuatro enfoques principales que varían según la comprensión de problemática ambiental. El primero se cimienta en la visión antropológica y arqueológica de Wolf (1987), que se interesa en conocer las estrategias de adaptación de los humanos frente a diferentes

tipos de ecosistemas y que destaca la problemática rural y del campesinado. Otro de los enfoques, expuesto por Blaikie and Brookfield (1987), se centra en la relación que existe entre la sociedad, las clases y la degradación del territorio de una manera geográfica y social. Así también, Cockburn y Ridgeway (1979) manejan una perspectiva en la cual la crisis y la problemática ambiental son principalmente el resultado de un mal manejo político y corporativo en América y Europa; esta perspectiva incluye la dimensión y relevancia que tienen los movimientos sociales. Por último, existe la visión socialista (marxista), acogida por algunos autores contemporáneos (O'Connor, 2002) que centran la pregunta en la sostenibilidad del capitalismo, teniendo presente las múltiples limitaciones que existen para lograr una adecuada gestión económica global, con una situación de pobreza y desigualdad que no será soportada por trabajadores y campesinos indefinidamente. Así mismo Robbins (2012), expone cinco narrativas que son determinantes en la ecología política: La conservación y control de los recursos, la degradación y marginación, los sujetos e identidades ambientales, el conflicto ambiental y la exclusión, así como los actores y objetos políticos.

Bryant y Bailey (1997) consideran que cualquier alteración en las condiciones medioambientales se ven reflejadas en la modificación del *estatu-quo* económico y político, pues dichos cambios se ven distribuidos de manera desigual entre los actores, reduciendo o aumentando dichas desigualdades. De esta forma es común que cualquier decisión o acción ejecutada localmente tenga un origen de valores o políticas de otros actores que pertenecen a diferentes escalas político-administrativas o geográficas con intereses determinados (Peet y Watts, 2004).

A pesar de estos diferentes enfoques, todos coinciden en recalcar que la ecología política, aunque no tiene un marco de análisis único o sencillo, permite la exploración e intervención en el campo de poder que surge de los conflictos de intereses por la apropiación de la naturaleza. Es entonces una herramienta que se centra en la praxis y que posibilita espacios de discusión para lograr la transformación, la organización y el planteamiento distinto de las relaciones naturaleza, sociedad y tecnología. Integra los símbolos, la materia y los actos que comprenden su dominio con otros discursos para exponer una nueva racionalidad que se basa en los sentidos de la cultura, las

identidades y la potencialidad de la naturaleza para construir lo que “aún no es” (Leff, 2003; Carrasco, 2007).

Con base en elementos de estas corrientes teóricas se desarrolló el presente estudio, que se ubica en un contexto en el que históricamente el uso y la distribución de la tierra en Colombia no se ha planeado según sus potencialidades ni sus características ecosistémicas. Esto lleva a identificar los conflictos ambientales originados por la implementación y desarrollo de todo tipo de actividades en ecosistemas frágiles o en áreas con suelos no aptos para el sostenimiento de dichas acciones, lo que provoca la devastación de estos territorios. De esta manera, la delimitación y la gestión de los sistemas naturales, así como la implementación de las normas y políticas ambientales para su protección y conservación, son asuntos complicados de definir, dada la complejidad de la relación que existe entre las comunidades, la cultura y su medio natural, ya que no solo es una problemática de índole biológico y social, sino que incluye aspectos económicos, políticos y culturales.

Es entonces cuando surge la discusión actual de ¿cómo conservar lo natural sin tener en cuenta lo social y cultural?, cuando el Estado debe garantizar el bienestar y desarrollo económico sostenible de las todas las comunidades, en especial de aquellas más vulnerables. Pero al mismo tiempo ¿cómo asegurar ese bienestar y desarrollo sin la protección de los ecosistemas en los que habitan?

2. Antecedentes

La contaminación ambiental es un tema al que se le ha dado verdadera importancia tan solo en las últimas cinco décadas. La creciente industrialización y el modelo de desarrollo económico en la mayoría del mundo viene generando numerosos impactos que han afectado severamente el ambiente, situación que únicamente resulta problemática cuando se ponen en riesgo los bienes y servicios que prestan los ecosistemas, lo que compromete los recursos y el bienestar de la población. Esta visión limitada y superficial que contempla la naturaleza como un objeto de dominio de los seres humanos es la responsable de la crisis ambiental que estamos enfrentando. Ha llevado a la explotación ilimitada de los recursos de suelo y agua para desarrollar diferentes tipos de actividades, sin preocupación alguna por la protección y el cuidado del medio ambiente. Igualmente, no ha considerado el mejoramiento de las prácticas y procesos productivos. En este contexto, la ganadería se ha identificado en el mundo como una de las actividades de mayor impacto, alteración y contaminación.

Coma y Bonet (2004) hicieron una revisión acerca de varios de los problemas que genera la ganadería extensiva en España. Entre ellos, señalan el incremento de la misma sin que existan los terrenos suficientes, así como las emisiones de compuestos que contaminan el aire (malos olores, gases de efecto invernadero), el suelo (acidificación, erosión) y las aguas superficiales y subterráneas (eutrofización, acidificación). Para reducir el impacto ambiental que producen las heces, proponen la modificación de la estrategia nutricional, minimizando la cantidad de nutrientes no metabolizados o digeridos. De esta manera, se busca cumplir la normatividad que controla la cantidad de residuos producidos en las fincas agropecuarias y minimizar la emisión de los diferentes elementos contaminantes, con grandes ventajas de tipo productivo y económico, dependiendo del tipo de estrategia que se use.

En la península de Yucatán, Eastmond y García (2010) analizaron el impacto que tienen los sistemas agropecuarios sobre la biodiversidad. Hallaron que gran parte de la problemática ambiental proviene de la práctica prehispánica que aún se realiza, llamada

“milpa”, en la que se tumba y quema la selva tropical para cultivar y levantar ganado. Sin embargo, en esta técnica no se utilizan insumos químicos y se dejan descansar los suelos por dos años, para su recuperación. Por otro lado, la producción comercial intensiva o extensiva, aunque son prácticas más tecnificadas, utilizan insumos químicos y reducen drásticamente la biodiversidad en dichos espacios; su impacto es menor sólo si se hace a pequeña escala con una buena gestión de residuos. Aunque algunos estudios defienden la milpa como una práctica culturalmente valiosa en la que se preservan saberes ancestrales y se hace un buen uso y manejo de los recursos naturales, Pérez *et al.* (2014) determinaron que no existe gran diferencia entre los efectos ambientales negativos que generan la producción tradicional y la comercial, ya que ambas se han incrementado a través de los años, agotando gran parte de la selva tropical, sin intervención alguna por parte del Estado. No obstante, es posible que al incluir en esta valoración otros aspectos como el uso de energía de subsidio, la huella hídrica, la alteración en la fauna microbiana, el manejo del carbono en el suelo y la intensidad y extensión de las áreas impactadas, existan diferencias en las repercusiones ecológicas y ambientales de cada modo de producción agrícola (FAO, 2002; Murgueitio, 2003; FAO, 2006).

Diniz *et al.* (2009) y Greenpeace (2010) exponen la realidad del estado de la Amazonia frente a la ganadería, enfocado principalmente a la región brasileña. Mediante el seguimiento digitalizado de imágenes, reportan la gran velocidad de deforestación amazónica para el desarrollo de la actividad pecuaria durante las tres últimas décadas, con una destrucción de 154.312 km² tan solo entre los años 2000 y 2007. Tal transformación fue incentivada desde los años 70 por estímulos económicos que otorgó el gobierno, lo que convirtió millones de hectáreas de la Amazonia y sus ecosistemas en pasto e incentivó la construcción de carreteras para transportar la producción y reducir los costos. Al mismo tiempo, este comportamiento originó un fenómeno de apropiación de tierras, no solo para la actividad pecuaria, sino también para lavar dinero producto de actividades ilegales, así como para la construcción de hidroeléctricas. La dimensión de este conflicto comprende, además de la destrucción de sistemas fundamentales y su magnífica biodiversidad, la contaminación y amenaza sobre las fuentes hídricas y sobre la estabilidad de 14 grupos étnicos que habitan en la región. Todo esto ha colocado en riesgo uno de los ecosistemas más grandes e importantes del mundo, el cual posee

numerosas funciones ambientales, como el mantenimiento del equilibrio climático global por medio del almacenamiento de carbono y el abastecimiento de agua. Por último, los investigadores dejan en evidencia la poca o nula gobernanza que se presenta en estos territorios y la falta de normatividad suficiente que proteja la región amazónica; sugieren la necesidad de compromiso y cambio por parte del gobierno, del sector industrial, del bancario, e incluso de los ciudadanos, para frenar lo que parece la inevitable pérdida de uno de los ecosistemas más estratégicos en la tierra.

Ibáñez (2012) realizó el diagnóstico del recurso hídrico para la elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la sub Cuenca del Río San Pablo, en la Provincia de Cotopaxi- Ecuador. A partir de los análisis efectuados, el autor identificó un conjunto de diferentes contaminantes, entre ellos coliformes totales y coliformes fecales, producto de la ganadería que se practica en los establos cercanos al río. Esto produce impactos negativos en la salud de las poblaciones ribereñas y afecta la biodiversidad. Así mismo, señala la importancia y necesidad de la estructuración de un plan de manejo para el cumplimiento de los criterios de calidad según la normatividad, además de programas y proyectos de monitoreo encaminados a un adecuado aprovechamiento, protección y conservación de las aguas.

En el Humedal Ciénaga Colombia, Velásquez *et al.* (2007) determinaron la calidad ambiental del sistema a partir de la evaluación de la estructura del fitoplancton y la medición de parámetros biológicos y fisicoquímicos. De esta forma, caracterizaron la ciénaga y plantearon alternativas que permiten el desarrollo de proyectos con un manejo correcto. La ciénaga se ubica en el municipio de Caucasia y hace parte de la Cuenca del Magdalena, que comprende 25 complejos con más de 70 ciénagas. Según Velásquez *et al.* (2007), este humedal tiene importantes funciones y ofrece recursos y servicios ambientales que son de gran beneficio social; por lo tanto, su conservación debe ser una prioridad de orden nacional, regional y municipal. Los resultados que obtuvieron mostraron aguas eutrofizadas con altos contenidos de materia orgánica y nutrientes producto del aporte de sedimentos de la ganadería. Así mismo, la comunidad fitoplanctónica presentó en general una baja diversidad en respuesta al estado eutrófico de la ciénaga, lo cual indica que la calidad del agua se ha deteriorado.

Espitia (2010) realizó un análisis de la aplicación del enfoque ecosistémico en la Estrategia de Manejo ambiental de la cuenca Ubaté-Suárez, implementada en la laguna de Fúquene durante el período 2007 a 2009; el autor resalta los graves problemas de contaminación que se presentaban en este cuerpo de agua debido principalmente a factores antrópicos que transformaron el ecosistema históricamente, como la desecación de la laguna para aumentar el área de uso agrícola y ganadero, la disposición en el cuerpo de agua de residuos domésticos, agrícolas e industriales y la falta de valores ambientales en la población. Por otra parte, menciona en su investigación la falta de gestión que existía por parte de las entidades locales, ya que ninguna tomaba responsabilidad para proteger y restaurar esta laguna, aun cuando su jurisdicción era competencia de la Corporación Autónoma Regional CAR. Tal situación, además de generar la degradación ambiental y la consecuente pérdida de biodiversidad, llevó a la ocurrencia de conflictos al involucrar las diferentes comunidades que allí habitan. Estas poblaciones se vieron afectadas ya sea por la limitación al acceso y beneficio de los bienes y servicios que proveía la laguna o por la restricción que presentaban las actividades degradantes que desarrollaban. Al revisar el plan de manejo con una óptica ecosistémica, se ve que reconoce la formulación de numerosos proyectos y políticas ambientales con acciones encaminadas a la protección y el mejoramiento del estado del humedal a través de talleres de educación y mejoramiento de prácticas que incluían a la comunidad, así como el monitoreo de las condiciones del ecosistema. Sin embargo, en ese momento la estrategia de manejo apenas llevaba dos años de creación y aun no era posible obtener grandes resultados, pero Espitia (2010) enfatiza en la importancia de continuar aplicando la idea de desarrollo sostenible para garantizar la subsistencia de las comunidades y sus actividades, pero de una forma racional ya que el ser humano y su ecosistema son interdependientes.

Cárdenas (2013) realizó una investigación acerca de los efectos que tienen la quema y el pastoreo en el Páramo de Chingaza, donde tales perturbaciones antrópicas acompañan el ejercicio de la actividad ganadera extensiva en un ecosistema frágil y estratégico, declarado como área protegida. Bien se sabe de la importancia que tienen los sistemas naturales de páramo, entre ellos la prestación de servicios ambientales, así como su papel como reserva hidrológica y de biodiversidad. El pastoreo y la quema producen grandes modificaciones en la vegetación y llevan a la desaparición de especies locales,

lo que da espacio para la formación de nuevas comunidades tolerantes al pisoteo y ramoneo del ganado. Cárdenas (2013) encontró que en los sitios perturbados moderadamente, la vegetación tiende a regenerarse más rápido que en aquellos sin o con fuerte perturbación, debido a la utilización de especies exóticas, aunque la densidad aparente del suelo se incrementa en los lugares con disturbio. Concluye que para lograr el restablecimiento de las especies nativas más características, como los frailejones, se requieren periodos de descanso superiores a 20 años, por lo que es primordial adoptar medidas de conservación y gestión ambiental de los ecosistemas de páramo.

Porras (2014) desarrolló un trabajo acerca de la incoherencia entre las políticas públicas y la normatividad para el caso de las prácticas agropecuarias en el departamento del Amazonas. Encontró que en esta región del país la agricultura y ganadería han sido actividades que históricamente transformaron el paisaje de diferentes ecosistemas, lo que ha afectado los suelos y contaminado las aguas. A raíz de los distintos conflictos que se presentaron en esta zona, la ganadería fue disminuyendo drásticamente, hasta quedar tan solo 1720 cabezas aproximadamente en 2013. Sin embargo, aunque las políticas nacionales prohíben todo tipo de actividad agropecuaria dentro o en cercanías de áreas protegidas como en el Parque Nacional Amacayu, la ganadería en menor proporción continúa practicándose bajo la confusión generada por diversas normas contradictorias, que terminan siendo difíciles de aplicar, y con la debilidad y falta de gestión pública de las numerosas entidades del Estado que deberían velar por el cumplimiento de la normatividad y por priorizar la protección del medio ambiente para asegurar el bienestar colectivo. Por lo anterior, el investigador menciona la urgencia de crear una política más coherente que incluya de manera eficiente todos los aspectos que hacen parte de los conflictos ambientales, para tener una normatividad más clara que regule los usos del suelo y del agua en todo el territorio nacional.

Por otra parte, Jiménez *et al.* (2014) evaluaron la relación entre la contaminación ambiental que producen diferentes actividades en el ecosistema quebrada Tolda Fría - La María y la estructura del fitoperifiton como bioindicador en dos periodos climáticos. Dentro de las estaciones muestreadas incluyeron puntos en los que se generaba contaminación por la ganadería extensiva y por vertimiento de aguas termales y de aguas domésticas, entre otros. Establecieron, según los análisis estadísticos y de

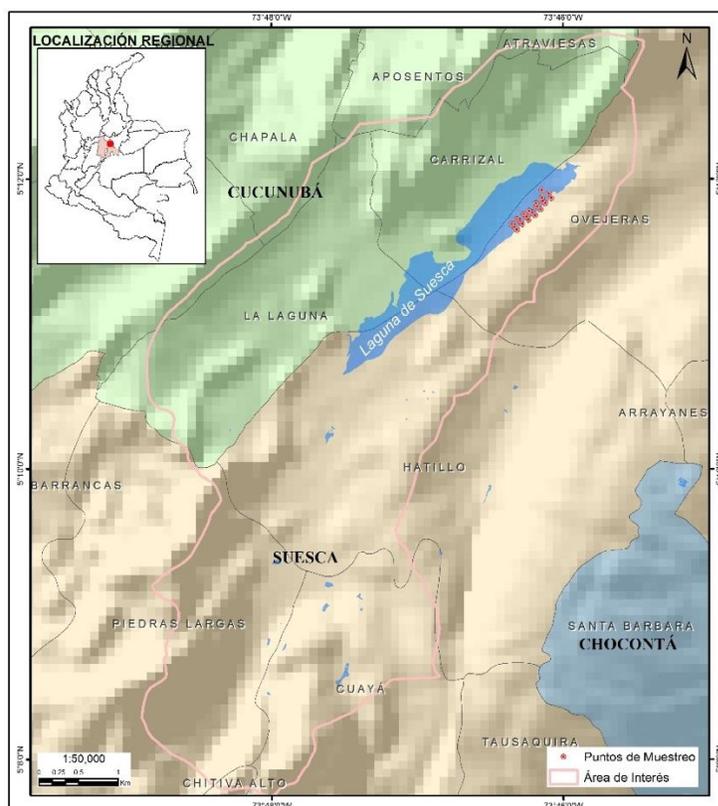
composición y abundancia, que la estructura de la comunidad de fitoperifiton varía espacialmente y está fuertemente relacionada con las condiciones fisicoquímicas que presentan las estaciones muestreadas. Encontraron en los sitios más contaminados una menor diversidad con alta dominancia de ciertos taxones de algas. Comprobaron así los impactos negativos que tienen la actividad antrópica sobre los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad. Este es uno de los pocos estudios que aporta una línea base para esta quebrada, la cual puede ser útil para que las autoridades correspondientes dispongan de un diagnóstico inicial. A partir de allí, se puede proponer un Plan de Manejo Ambiental que permita el monitoreo de la calidad para este cuerpo de agua del que dependen diferentes poblaciones.

3. Metodología

3.1 Área de estudio

La Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca es un ecosistema acuático léntico endorreico, localizado sobre la cordillera Oriental entre los límites del municipio de Cucunubá y Suesca y dentro de las provincias de Almeidas y Ubaté del departamento de Cundinamarca, con una elevación de 2600 m.s.n.m, profundidad de 2.5 – 4 metros y una extensión aproximada de 297.98 ha. Es el elemento principal de la subcuenca (Subcuenca de la Laguna de Suesca, de la Cuenca Río Suarez) y representa el 10 % de su extensión (CAR, 2005) (Figura 3-1).

Figura 3- 1: Mapa del área de estudio Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca



3.2 Componente limnológico

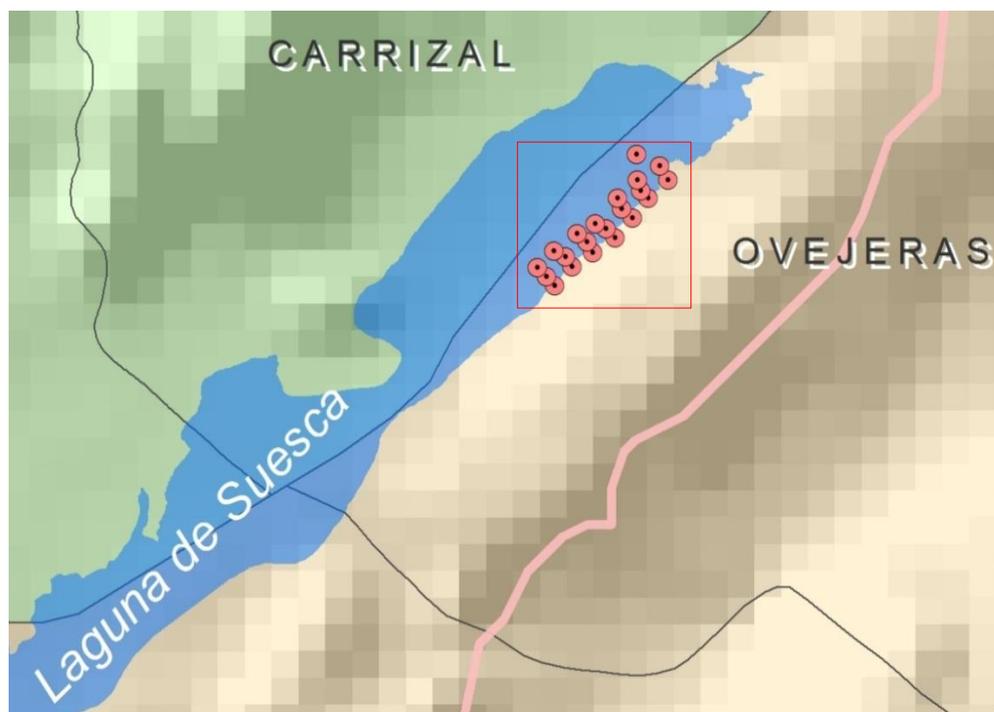
3.2.1 Fase de Campo

A finales del mes de agosto de 2018 se realizó un muestreo limnológico de Laguna en un área localizada en la vereda Ovejas. Se seleccionó esta zona debido a que los estudios realizados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2001; 2005) muestran que es una de las áreas que presentó un marcado aumento de la actividad pecuaria en años recientes. De igual manera, dada la gran extensión del humedal, el presente trabajo se restringió a la vereda Ovejas por limitaciones de tiempo y recursos y porque el ingreso a la Laguna de Suesca solo pudo hacerse con la colaboración de algunos de los habitantes de dicha vereda, pues los predios ubicados alrededor del cuerpo de agua son privados. En la vereda Ovejas se definieron 21 puntos dentro de la laguna, distribuidos en siete transectos transversales a la línea de costa para establecer un gradiente de distancia, a partir de los cuales se localizaron los primeros siete puntos a lo largo borde del cuerpo de agua entre los 0 y 1m, los siguientes siete puntos a 50 m de distancia y los últimos siete puntos a los 100 m, como se observa en la Figura 3-2. Siguiendo las indicaciones de Krejcie y Morgan (1970), el número total de unidades muestrales fue suficiente para realizar los análisis estadísticos que se mencionan más adelante y obtener resultados significativos.

En cada una de las estaciones se midieron *in situ* variables fisicoquímicas con equipos portátiles como un disco Secchi (transparencia) y una sonda multiparamétrica HACH (concentración y porcentaje de oxígeno disuelto, pH, conductividad, temperatura, potencial redox y sólidos suspendidos). En seguida se procedió a coleccionar las muestras cualitativas de fitoplancton con una red de poro de malla de 25 μm ; se filtraron 100 litros que se concentraron y preservaron con solución transeau (1:1) en recipientes plásticos de 500 ml. Para las muestras cuantitativas se utilizó una botella muestreadora horizontal de 5 litros WILDCO, de la cual se extrajeron aproximadamente 200 ml que se depositaron en recipientes plásticos de 250 ml y se preservaron con lugol concentrado (1ml por cada 100 ml de muestra). También se recolectaron muestras de agua de 500 ml en frascos plásticos ámbar que se conservaron frías para efectuar análisis de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos, sulfatos) y de demanda biológica de oxígeno (DBO_5) en los laboratorios de Limnología y Ecología del Departamento de Biología de la

Universidad Nacional de Colombia. Los procedimientos de muestreo y análisis hidrobiológicos se basaron en los protocolos indicados por Wetzel y Likens (2000) y APHA (2012).

Figura 3- 2: Localización de los puntos de muestreo en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.



3.2.2 Fase de laboratorio

Las muestras cuantitativas de fitoplancton de cada estación se homogenizaron por medio de movimientos horizontales y verticales suaves durante al menos 3 minutos. Posteriormente, de cada muestra se tomaron 5 ml con una pipeta Pasteur que se depositaron en cámaras de sedimentación tipo Utermöhl, las cuales se dejaron reposar en un lugar estable y sin luz durante al menos 24 horas. Cada muestra se llevó cuidadosamente a un microscopio invertido marca KASAI en el que se cuantificaron los individuos de cada morfoespecie con un aumento 40X (Utermöhl, 1958); el conteo se hizo al azar mediante un barrido en zigzag de toda la cámara y consignando los datos en

una matriz de Excel. Se determinaron los organismos al nivel más bajo posible mediante bibliografía especializada para cada grupo (Parra *et al.*, 1982; Parra *et al.*, 1983; Rivera *et al.*, 1982; Rivera *et al.*, 2010; Bicudo y Menezes, 2017) y se realizó el registro fotográfico de las morfoespecies determinadas.

En cuanto a los nutrientes en el agua, se determinaron las variables nitratos, nitritos, amonio, sulfatos y fosfatos mediante un espectrofotómetro HACH DR/2000. Para la determinación de la DBO₅ se emplearon botellas herméticas de 300 ml; en ellas se determinaron con un kit HANNA HI3810 el oxígeno inicial y el oxígeno final después de 5 días de incubación a 20 °C. Los resultados de estos análisis se registraron en la matriz correspondiente.

3.2.3 Tratamiento de datos

La densidad se expresó en individuos por mililitro (ind.mL^{-1}) según la ecuación sugerida por Pinilla (2017) que se muestra a continuación:

$$\text{Ind}/\text{mL}^{-1} \text{ de un taxón} = (N \times At) \div (Af \times F \times V)$$

donde:

N: número de organismos contados del taxón.

At: área de la base de la cámara de sedimentación en mm^2 .

Af: área de un campo de observación en el aumento utilizado para el conteo en mm^2 .

F: número de campos contados.

V: volumen de la muestra sedimentada (mL).

Con el fin de interpretar el comportamiento de la comunidad en términos de diversidad y riqueza se realizó un análisis descriptivo de la estructura (índice de riqueza específica [S], diversidad de Shannon [H'], dominancia de Simpson [λ] y equidad de Pielou [J']). Las densidades de organismos se transformaron la Log (x+1) para explorar la distribución espacial por medio de un análisis de agrupamiento normal (cluster con el índice de Bray-Curtis), un análisis multidimensional no métrico (NMDS) y un análisis de similitud (ANOSIM) a una vía, con los cuales se determinaron las posibles diferencias estadísticas

entre las estaciones. Estos análisis se hicieron con los programas estadísticos PRIMER 5 (Clarke & Warwick, 2001) y PAST (Hammer *et al.* 2001).

Para explorar la organización de los datos abióticos y biológicos, se aplicaron análisis multivariados (análisis de componentes principales para los datos fisicoquímicos, análisis de correspondencia sin tendencias para los datos bióticos y análisis de correspondencia canónica para superponer las matrices biológicas y ambientales) utilizando el programa PAST (Hammer *et al.* 2001). Por último, se empleó el índice de Nygaard (1949 en Ramírez, 2000) para evaluar el estado trófico del ecosistema según la proporción en que se presentan ciertos grupos algales característicos de ambientes ricos en nutrientes (eutróficos), con respecto a aquellos propios de sistemas pobres (oligotróficos). De esta manera, la predominancia de representantes de los grupos de algas cianofíceas, euglenófitas, diatomeas céntricas y chlorococcales sugieren aguas con altas concentraciones de nutrientes, mientras que la mayoría de diatomeas pennadas y desmidiáceas no soportan niveles altos de estos elementos, por lo que son reconocidas como típicas de aguas oligotróficas. Se determinó un índice de Nygaard para cada grupo específico y un índice compuesto, de la siguiente forma:

$$\text{Índice para cianofíceas: } Nt \text{ cianofíceas} / Nt \text{ desmidiáceas}$$

$$\text{Índice para clorofíceas: } Nt \text{ chlorococcales} / Nt \text{ desmidiáceas}$$

$$\text{Índice para diatomeas: } Nt \text{ diatomeas céntricas} / Nt \text{ diatomeas pennales}$$

$$\text{Índice para euglenófitas: } Nt \text{ euglenófitas} / (Nt \text{ cianofíceas} + Nt \text{ chlorococcales})$$

$$\text{Índice compuesto: } (Nt \text{ cianofíceas} + Nt \text{ chlorococcales} + Nt \text{ céntricas} \\ + Nt \text{ euglenófitas}) / Nt \text{ desmidiáceas}$$

donde:

Nt: Número de taxones de un grupo específico

Para los índices de cianofíceas y clorofíceas, si el valor calculado es menor a 1 el cuerpo de agua es oligotrófico y si es mayor a 1 es eutrófico. Valores entre 0 y 0,2 en el índice de diatomeas sugieren ambientes pobres en nutrientes y entre 0,2 y 3 sistemas ricos en estos elementos. Para el índice compuesto, si el resultado es menor a 1 el ecosistema acuático es oligotrófico, entre 1 y 2,5 es mesotrófico y si es mayor a 2,5 indica eutrofia.

También se calcularon los índices de estado trófico (IET) de Carlson modificados para el trópico por Toledo *et al.* (1983), los cuales se basan en variables físicas y químicas como la transparencia del disco Secchi y la concentración de fósforo.

3.3 Componente de análisis del Paisaje

Para determinar la transformación espacial y temporal que ha sufrido el territorio de la Laguna de Suesca se realizaron dos tipos de análisis, el primero enfocado al uso del suelo y el segundo al comportamiento de algunas variables fisicoquímicas en el cuerpo de agua por medio de la teledetección para inferir su calidad.

3.3.1 Análisis de transformación del Paisaje

Para reconocer el grado de transformación espacial y multitemporal en función del deterioro o no del sistema léntico, se establecieron dos dominios principales: Dominio A (Sistema léntico cuerpo de agua Laguna de Suesca) y Dominio B (Sistema Matriz de suelo circundante) (Figura 3-3). El área de interés (AOI) se delimitó según las características hidrográficas de la cuenca (Figura 3-4) y en ella se realizó un análisis de clasificación de coberturas del suelo a través de la adaptación de la metodología Corine Land Cover (IDEAM, 2010) por medio de los programas ERDAS y ArcGis 10.

Para tal fin se seleccionaron diferentes imágenes satelitales (Landsat 8 y 4) del área de la Laguna de Suesca en dos periodos de tiempo (Diciembre de 1987 y Diciembre de 2018) y se efectuó el procesamiento digital respectivo para cada año. Se inició con la generación de imágenes de los índices (operaciones entre bandas) espectrales (NDVI¹, EVI², SAVI³, MSAVI⁴) y de reflectancias con diferentes combinaciones de bandas (RGB-321, RGB-453, RGB-456, RGB-742), con la reproyección al sistema MBC (Magna Colombia Bogotá) y el corte del AOI. En seguida se hizo una clasificación multispectral no supervisada (ISODATA) de los dominios cuerpo de agua (dominio 1) y sistema matriz; para el suelo circundante se hizo una clasificación adicional de dominio abierto (dominio

¹ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), para más detalle ver: https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-surface-reflectance-derived-spectral-indices?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

² Enhanced Vegetation Index (EVI)

³ Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

⁴ Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)

2: coberturas principalmente transformadas) y dominio cerrado (dominio 3: coberturas arbóreas principalmente naturales) (Tabla 3-1). Se editaron dichas imágenes y se extrajo la información espectral de cada dominio y se continuó con la recodificación de cada región y con la generación de las categorías específicas de cada dominio (Tabla 3-2, 3-3 y 3-4).

Figura 3- 3: Dominios abordados para el análisis multitemporal de cambio en las coberturas en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca. Dominio A: sistema léntico cuerpo de agua; Dominio B: sistema matriz de suelo circundante.

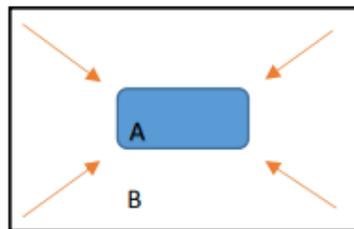


Figura 3- 4: Área de interés establecida según el criterio de cuenca hidrográfica para el análisis de transformación del paisaje en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.

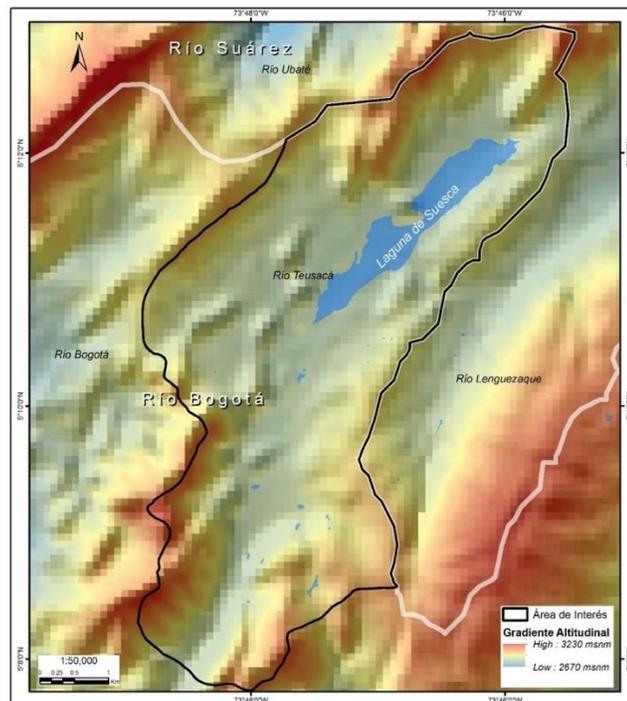


Tabla 3- 1: Clasificación multispectral no supervisada y edición de tabla. ISODATA, para los dominios A (cuerpo de agua léntico) y B (sistema matriz de suelo: dominios abierto y cerrado) y clases espectrales en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca. NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

NDVI	Clases espectrales (Regiones)	Dominio / Región
Dominio Aguas	Lagunas, lagos y ciénagas naturales (1), cuerpos de agua artificiales (2), vegetación acuática sobre cuerpos de agua (3), sedimentos expuestos (4)	1 / [1,2,3,4]
Dominio abierto	<i>Transformado:</i> cultivos transitorios, v.g. tubérculos (5) , pastos (6), áreas agrícolas heterogéneas, v.g. mosaicos (7), zonas industriales o comerciales y redes de comunicación (8)	2 / [5,6,7,8]
Dominio Cerrado	<i>Natural:</i> bosque denso (10), áreas con vegetación herbácea o arbustiva (11), bosque ribereño (12). <i>Transformado:</i> cultivos permanentes, plantación forestal, v.g. pino, eucalipto (13), rastrojo (14)	3 / [10,11,12,13,14]
No Data	Sombras, nubes. No editable.	

Tabla 3- 2: ISODATA para el dominio 1 (cuerpo de agua léntico) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca. CLC3: Corine Land Cover nivel tres.

DOMINIO	REGIÓN (CLC3)	Clases espectrales (Regiones)
Agua	5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Lagunas naturales (1)
	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Cuerpos de agua artificiales (2)
	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua (3)
	3.3.1 Zonas arenosas naturales	Sedimentos expuestos (4)

Tabla 3- 3: ISODATA para el dominio 2 (abierto-transformado) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.

DOMINIO	REGIÓN (CLC3)	Clases espectrales (Regiones)
Abierto	2.1.5. Tubérculos	Cultivos transitorios, v.g. Tubérculos (5)
	2.3. Pastos (incluye: 2.3.1. Pastos limpios, 2.3.2. Pastos arbolados o 2.3.3. Pastos enmalezados)	Pastos (6)
	2.4.1. Mosaico de cultivos	Áreas agrícolas heterogéneas, v.g. mosaicos (7)
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Suelo descubierto; zonas industriales o comerciales y redes de comunicación (8)

Tabla 3- 4: ISODATA para el dominio 3 (cerrado-natural) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.

DOMINIO	REGIÓN (CLC3)	Clases espectrales (Regiones)
Cerrado	3.1.1. Bosque denso	Bosque denso (10)
	3.2. Áreas con vegetación herbácea o arbustiva (incluye: 3.2.1 Herbazal o 3.2.2 Arbustal)	Áreas con vegetación herbácea o arbustiva (11)
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Bosque ribereño (12)
	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	Cultivos permanentes, plantación forestal, v.g. pino, eucalipto (13)
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	Rastrojo (14)

Por último, se unificaron los dominios con la clasificación multispectral preliminar y se recodificaron según la tabla 3-5 en 14 categorías para generar la vectorización con la consecuente elaboración de los mapas de coberturas por año.

Tabla 3- 5: Recodificación de categorías para la clasificación multiespectral para la elaboración de mapas de cobertura en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca para los años 1987 y 2018.

DOMINIO	REGIÓN	FIRMA FINAL	
AGUA	Cuerpo de agua (laguna)	1	Cuerpo de agua: laguna
		2	Cuerpos de agua menores
		3	Arenal
		4	Vegetación acuática
ABIERTO	Sedimentos expuestos		
	Vegetación acuática		
	Suelos, sedimento borde	10	Suelo descubierto; zonas industriales o comerciales y redes de comunicación
	Pastos	5	Pastos
	Cultivos transitorios	6	Cultivos transitorios
	Áreas agrícolas heterogéneas	7	Áreas agrícolas heterogéneas 1
	Mosaicos arbustales-cultivos	8	Áreas agrícolas heterogéneas 2
	Pastos manejados	9	Pastos manejados
CERRADO	Bosque denso	11	Bosque denso
	Vegetación arbustiva	12	Arbustales
	Vegetación secundaria	13	Bosque secundario, plantaciones
	Rastrojo	14	Rastrojo

3.3.2 Calidad del agua con sensores remotos

Para el Dominio Agua se realizó un análisis de la calidad del agua a partir del uso de técnicas de teledetección para el monitoreo de parámetros fisicoquímicos y biológicos (turbidez, nutrientes, metales, clorofila, materia orgánica, macrófitas, microalgas, entre otros) con sensores remotos. Estos determinan cambios temporales y espaciales en la superficie de numerosos ecosistemas hídricos, lo cual posibilita monitorear y comparar las condiciones que presenta un sistema en distintas épocas, incluso en fechas antiguas de las que no se tengan datos previos *in situ*. Con base en la revisión de numerosos trabajos, se tomó en cuenta la metodología planteada por Ritchie *et al.* (2003) y Lim y Choi (2015), en la que se estiman parámetros químicos y biológicos a través de modelos analíticos de reflectancia con coeficientes estadísticamente determinados, que miden la relación entre las características espectrales y físicas emitidas por la superficie de un cuerpo acuático. Para el presente estudio se seleccionaron las variables sólidos suspendidos, clorofila a, nitrógeno total y fósforo total, al ser elementos fundamentales que permiten evaluar las condiciones y la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos (Gómez y Dalence, 2014). Según los modelos (relaciones de regresión múltiple de los datos de reflectancia espectral para distintas bandas) para cada parámetro a estimar (Tabla 3-6), se realizó el procesamiento de las imágenes a partir de las reflectancias del cuerpo de agua en los años 1987 y 2018, que fueron normalizadas para posteriormente aplicar el modelo elegido y generar las máscaras e imágenes mediante los programas ERDAS y ArcGis, con los cuales se obtuvieron mapas con categorías de concentración para cada uno de los parámetros estimados, según la época a considerar.

Tabla 3- 6: Modelos empleados para la estimación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos seleccionados (sólidos suspendidos, clorofila a, nitrógeno total y fósforo total) para determinar la calidad del agua en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca a través de métodos de teledetección.

Parámetro	Modelo
Sólidos suspendidos (mg/L)	$= 11.80 - 50.608 * B2 + 14.58 * B5 - 4.764 * (B5/B3)$
Clorofila a (mg/L)	$= 54.658 - 520.451 * B1 - 1221.89 * B2 + 611.115 * B3 - 198.199 * B4$
Nitrógeno total (mg/L)	$= 2.89 - 20.054 * B3 + 15.137 * B4 + 8.257 * B5$
Fosforo total (mg/L)	$= 0.063 - 0.022 \times B2 + 0.015 \times B3 + 0.005 \times B4 - 0.166 \times B5$

3.4 Componente de gestión ambiental y análisis teórico

Para este componente se realizó inicialmente una búsqueda y revisión de literatura a través de la recopilación y análisis de diferentes tipos de documentos y material bibliográfico disponible para consulta pública, explorando información acerca del marco legal y normativo que regula el manejo de áreas protegidas en Colombia y el esquema de ordenamiento territorial para el municipio de Suesca y su Plan de Desarrollo. También se investigó la base de documentación de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, de las Alcaldías de Suesca y Cucunubá en búsqueda de informes técnicos, diagnósticos ambientales, actas de reuniones con la comunidad y demás documentos que permitieran conocer las acciones de gestión de las entidades gubernamentales y ambientales que se han realizado en el área de interés hasta la fecha.

Para la obtención de información primaria se reconocieron en el terreno los puntos de vista de los tres tipos de actores involucrados, es decir, las entidades ambientales, las alcaldías y la comunidad. Para ello se realizaron visitas y algunas encuestas semiestructuradas entre los pobladores de la vereda Ovejeras, efectuadas durante 2018 y 2019. Se entrevistaron ocho familias que colaboraron con información, incluyendo a un líder comunal. Así mismo, se realizaron entrevistas semiestructuradas a algunos funcionarios de la CAR y de las Alcaldías de Suesca y Cucunubá en el mismo periodo de tiempo. La información colectada permitió caracterizar las prácticas productivas de los habitantes, revisar, analizar y valorar las funciones, acciones e iniciativas de cada tipo de actor, y contrastar su visión y su posición con respecto a la situación de deterioro de la Laguna. Se debe mencionar que dicha participación por parte de la comunidad en el presente estudio fue bastante limitada, lo cual se debe, según lo indicaron los habitantes, a la tensión y desconfianza que existe en la comunidad frente a los estudios de tipo académico y técnico; temen que este tipo de investigaciones acentúen el riesgo constante de la eliminación de sus prácticas productivas o la expropiación de sus predios.

Se incluyeron en las indagaciones los aspectos de orden político y administrativo, así como algunos temas económicos y sociales de los habitantes que son fundamentales para comprender la problemática de las dinámicas que allí suceden. Se generó finalmente un análisis teórico integral de tipo ambiental y un modelo gráfico conceptual que intenta describir, explicar y representar las complejas interrelaciones entre lo biológico, lo social, lo económico y lo político, en una dimensión más amplia a la que ser humano y naturaleza pertenecen. En dicho análisis teórico se reconocen los elementos de la ecología política y del pensamiento ambiental como marcos conceptuales que describen los mecanismos y las relaciones de poder entre los actores. También se incluyen el acceso y control de los recursos, las políticas públicas de gobernanza, la potencialidad y el uso del territorio y la concepción y apropiación de la naturaleza, así como sus relaciones.

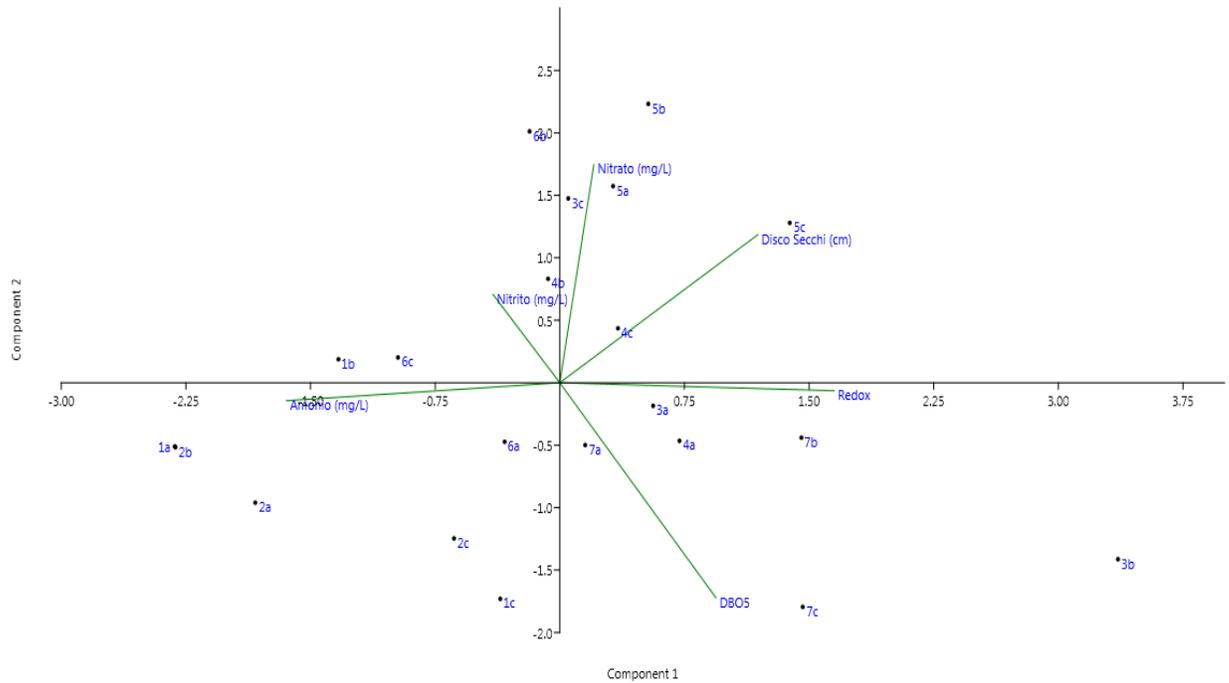
4. Resultados y análisis

4.1 Componente limnológico

4.1.1 Factores fisicoquímicos

Las condiciones físicas y químicas del Humedal Laguna de Suesca (Anexo B) muestran que la transparencia de disco Secchi fluctuaron entre 0,5 m y 1,56 m, lo que indica un estado de meso a eutrofia según este parámetro (Henaó, 1987, Roldán, 1992). La temperatura y el porcentaje de saturación de oxígeno oscilaron entre 14,7 y 17,8 °C y 75,7 y 99,5% respectivamente, mayor a lo encontrado por Vásquez *et al.* (2006a) en el mismo ecosistema y similar a lo registrado por Donato (2001) en diferentes lagos andinos de Colombia. Con respecto al pH, se evidenció una tendencia a la alcalinidad con estimaciones de 7,1 a 8,9, mientras que los nitratos y los nitritos fueron bajos (0,2-0,7 mgL⁻¹, 0,007 y 0,018 mgL⁻¹) en comparación con otros estudios. Es posible que la alta cantidad de oxígeno y el potencial rédox positivo haya favorecido la oxidación de los nitritos y la rápida utilización del nitrato por parte de las algas (Pulido, 2015). En contraste, los valores de amonio y fosfato (0,39-0,56 y 2,02-2,18 mgL⁻¹, respectivamente) fueron más altos y exhibieron las mayores concentraciones en varias de las estaciones cercanas al litoral, aunque se mantuvieron dentro de los rangos normales, que sugieren eutrofia según lo señalado por determinados autores para la Reserva y para otras lagunas de la región (Escobar, 1991, Pinilla *et al.*, 2002 y Vásquez *et al.*, 2006a). De esta manera, la presencia de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno son vitales para el desarrollo de la comunidad algal, pero su aumento en un cuerpo de agua puede estar relacionado con aportes que proceden de la escorrentía y del lavado de áreas cultivadas, ganaderas e industriales (Muñoz *et al.*, 2017), lo que favorece el desarrollo del fitoplancton (Pulido y Pinilla, 2017).

Figura 4-1: Análisis de componentes principales entre factores fisicoquímicos y las estaciones de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.



Según el análisis de componentes principales de la Figura 4-1, las variables que mejor explicaron las condiciones fisicoquímicas de las estaciones fueron la profundidad de disco Secchi, el potencial rédox y la DBO₅ en el primer componente y los nitratos en el segundo. Se detectó una relación inversa entre el amonio y el potencial rédox y entre la demanda biológica de oxígeno y los nitritos. Según Ladino (2011), en aguas con menor cantidad de amonio se espera mayor oxígeno y por lo tanto más capacidad de oxidación.

4.1.2 Densidad y composición de la comunidad fitoplanctónica

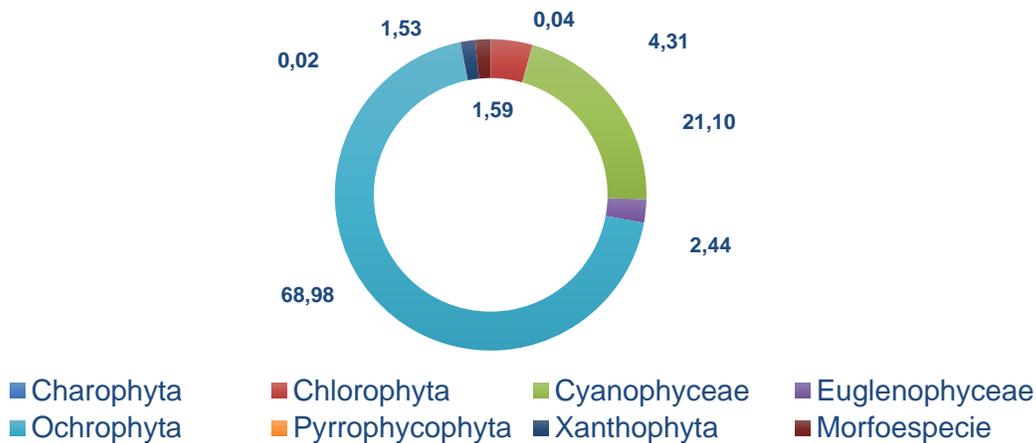
La comunidad fitoplanctónica presentó una densidad total de 6438,13 ind.ml⁻¹. Sin embargo, en la mayoría de las estaciones no se encontraron densidades mayores a 80 ind.ml⁻¹, siendo los puntos 1c (566,93 ind.ml⁻¹), 2a (122,55 ind.ml⁻¹), 2b (195,36 ind.ml⁻¹), 2c (153,24 ind.ml⁻¹), 3a (600,61 ind.ml⁻¹), 3c (634,75 ind.ml⁻¹), 5a (101,58 ind.ml⁻¹) y 7a (3430,43 ind.ml⁻¹) los que aportaron el mayor número de individuos por mililitro. Se resalta ésta última por ser la estación en la que se halló la mayor densidad como se

observa en la Figura 4-2 y en el Anexo A. Tales resultados concuerdan con lo obtenido en otros trabajos realizados tanto en la Laguna de Suesca como en otras lagunas andinas (Escobar, 1991; Pinilla *et al.*, 2002; Vásquez *et al.*, 2006a; Salazar *et al.*, 2011), en los que se reportan densidades que oscilan entre 0,008 ind.ml⁻¹ y 1.045,75 ind.ml⁻¹. Tal variación se explica en gran parte por los cambios climáticos estacionales, la condición trófica y las características fisicoquímicas propias de cada cuerpo de agua, aspectos que inciden directamente en la abundancia del fitoplancton (Almanza *et al.*, 2016).

En cuanto a la composición y estructura, se obtuvo un total de 74 morfoespecies pertenecientes en su mayoría al grupo de las Ochrophyta (42 morfoespecies), que representan el 68,98% de la densidad total, seguido por las Cianofíceas (7 morfoespecies) y las Clorofíceas (10 morfoespecies), con el 21,10 % y 4,31 %, respectivamente. Los grupos de Euglenophyceae, Charophyta, Pyrrophytophyta y Xanthophyta tuvieron densidades más bajas como se observa en las Figuras 4-2 y 4-3, dado que reúnen tan solo entre 1 y 5 morfoespecies por grupo. Tal composición es común para este tipo de cuerpos lénticos y coincide en su mayoría con los reportados por Escobar (1991) y Vásquez *et al.* (2006), donde las Clorofíceas y Cianofíceas son las clases más representativas, tanto en abundancia como en número de especies. Sin embargo, el predominio de las Ochrophyta en ambientes lacustres es menos común, pero en el caso del presente estudio puede ser explicado por las condiciones de escasa profundidad de los lugares de muestreo, que favorecen la resuspensión de diatomeas bentónicas por acción del viento (Banks y Herrera, 1977; Simons, 1984). Al respecto, la Laguna de Suesca está sometida a fuertes corrientes de aire que son típicas en la zona durante la época del muestreo (CAR, 2005). La disponibilidad de abundantes nutrientes en el sistema también favorece la presencia de este grupo, así como la elevada densidad de algunas morfoespecies, en particular las de hábitos bentónicos.

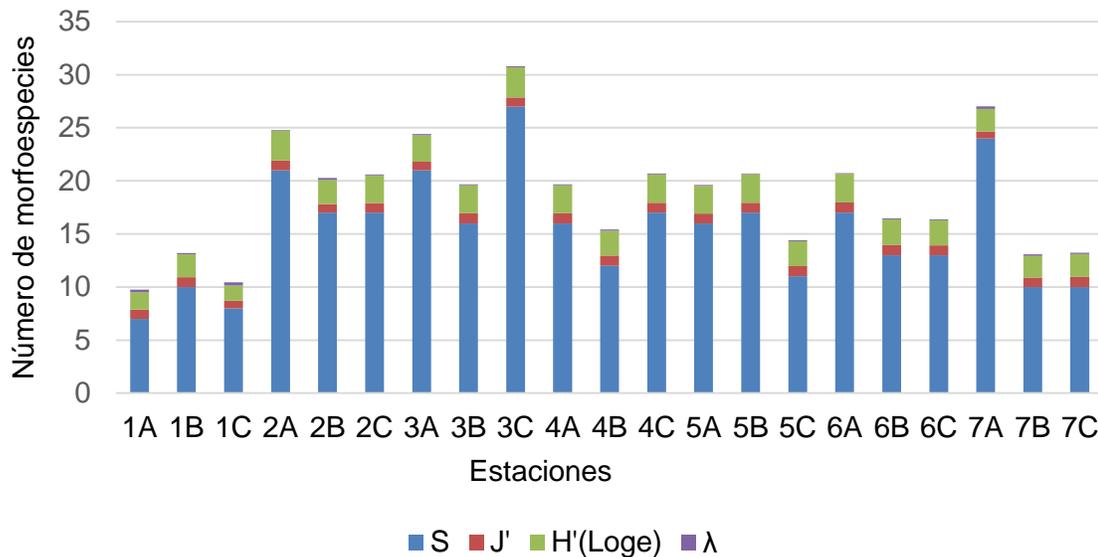
Con respecto a la composición de géneros de cada grupo, se destacan para las Ochrophyta por su densidad y frecuencia *Achnanthes* sp., *Eunotia* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Pseudostaurosira* sp. cf y *Rhoicosphenia* sp.; para las Cianofíceas, fueron importantes *Raphidiopsis* sp. y *Oscillatoria* sp. En el grupo de las algas verdes sobresalen *Scenedesmus* sp., *Volvox* sp. y *Botryococcus* sp., de la cual se resalta su presencia en la mayoría de las estaciones. Para Euglenophyceae y Charophyta los

Figura 4-3: Porcentaje de abundancia de individuos para los diferentes grupos taxonómicos de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.



En cuanto a la estructura de la comunidad en términos de riqueza, las estaciones mostraron entre 7 y 27 morfoespecies aproximadamente. Se encontraron algunos de los valores más altos de riqueza en aquellos puntos ubicados cerca de la línea de costa con excepción de la estación 1a, que tuvo la menor cantidad (Figura 4-4). Para la diversidad, la mayoría de los lugares muestreados presentaron un promedio de 2 nats (nat es una unidad de información basada en el logaritmo natural, cuya base es el número e), con el mínimo y máximo en los puntos 1a y 3c (1,68 - 3,09 nats). La equidad fue similar entre estaciones; el menor y el mayor dato se observaron en los puntos 1c (0,81) y 3b (0,95) respectivamente, mientras que la dominancia en general mostró valores bajos. En las estaciones 3c y 1c se obtuvieron el menor y el mayor registro de dominancia (0,05-0,2), respectivamente. Tales valores se encuentran dentro del rango establecido para las lagunas altoandinas y se asemejan a lo señalado para Suesca por Escobar (1991), quien le atribuye una tendencia meso a eutrófica a este ecosistema. Dichas variaciones se deben a las condiciones en la calidad del agua, que finalmente determinan el nivel trófico en un ecosistema y a su vez afectan la estructura de la comunidad fitoplanctónica (Pulido y Pinilla 2017).

Figura 4- 4: Valores de los índices de diversidad para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca: Riqueza (S) y Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Equidad de Pielou (J') y Dominancia de Simpson (λ).



En el dendrograma de la Figura 4-5 se observa la formación de cuatro grupos que reúnen 18 de las 21 estaciones con una similitud mayor al 60%. El primero (A) concentra once estaciones, principalmente de los transectos 3, 4, 5 y 6, en su mayoría cercanos a la línea de costa (2a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7b). Los otros tres grupos son más pequeños y de ellos uno reúne tres estaciones (B), dos de las cuales pertenecen al transecto 1 (a, b) y la otra al transecto 7 (c). Los grupos C y D poseen una similitud mayor al 90% cada uno con dos estaciones (1c-3a y 2b-7a respectivamente) sin un aparente patrón espacial, ya que están ubicadas en distintos transectos y a diferentes distancias del borde. El NMDS (Figura 4-6) también mostró la reunión de varios puntos con un patrón de distribución espacial que, aunque no es muy fuerte con respecto a la línea de costa o a los transectos, presentó la asociación de algunas estaciones de los transectos centrales y cercanos al borde (2a, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a), relacionados con variables como el potencial rédox, la profundidad de disco Secchi y la DBO_5 . En contraste, se identificó otro conjunto de puntos (1a, 5b, 6a, 6b, 7c) vinculados a los nitritos, los nitratos y el amonio. Finalmente, aparecen algunos pequeños grupos y estaciones aisladas (2b-7a, 3a-1c y 2c) que, de igual manera como se vio en el clúster

(Figura 4-5), se observan separados. Estos resultados exploratorios que señalan la homogeneidad de la comunidad fitoplanctónica en todos los puntos de muestreo, se confirman mediante el análisis Anosim (Factor transecto $R:0,013$ y valor $p=0,42$, Factor línea de costa $R:0,003$, valor $p=0,45$), que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones muestreadas con respecto a los factores transecto/distancia a la línea de costa. Tales resultados de alta semejanza espacial en la composición de microalgas se deben a la relativamente pequeña extensión del área muestreada en la laguna, en la que al parecer ocurren algunas variaciones del fitoplancton y de los parámetros fisicoquímicos, pero estas no afectan de manera notable la respuesta de la comunidad en su distribución y abundancia.

Figura 4- 5: Dendograma de similitud según el índice de Morisita para la comunidad fitoplanctónica en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca

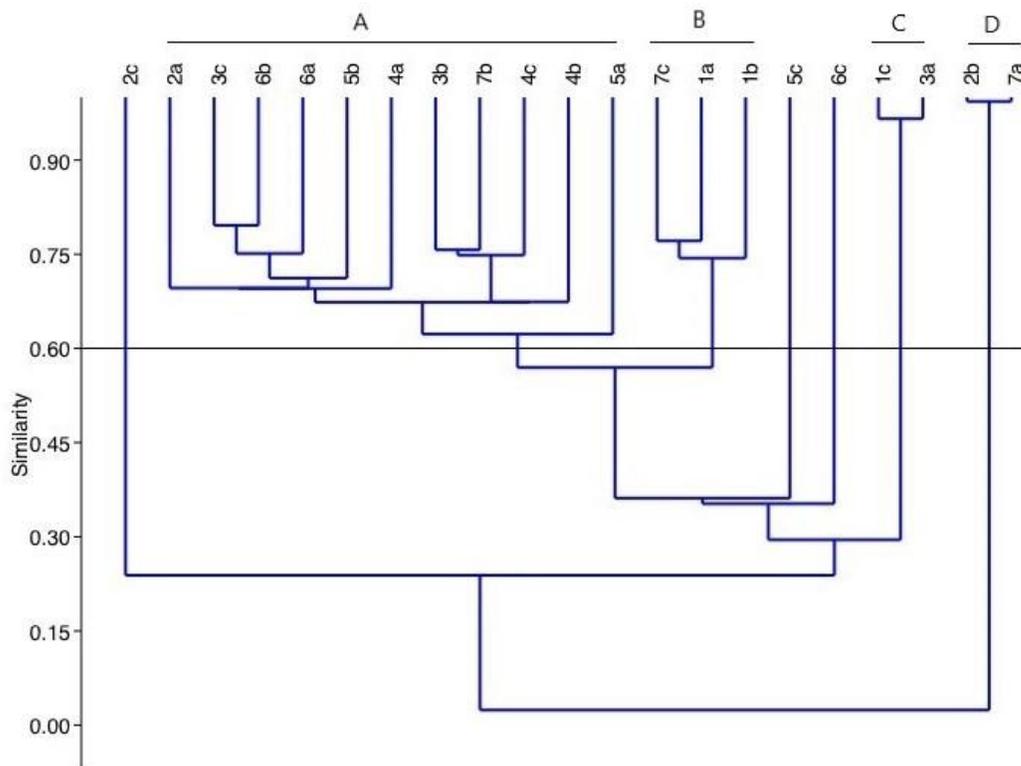
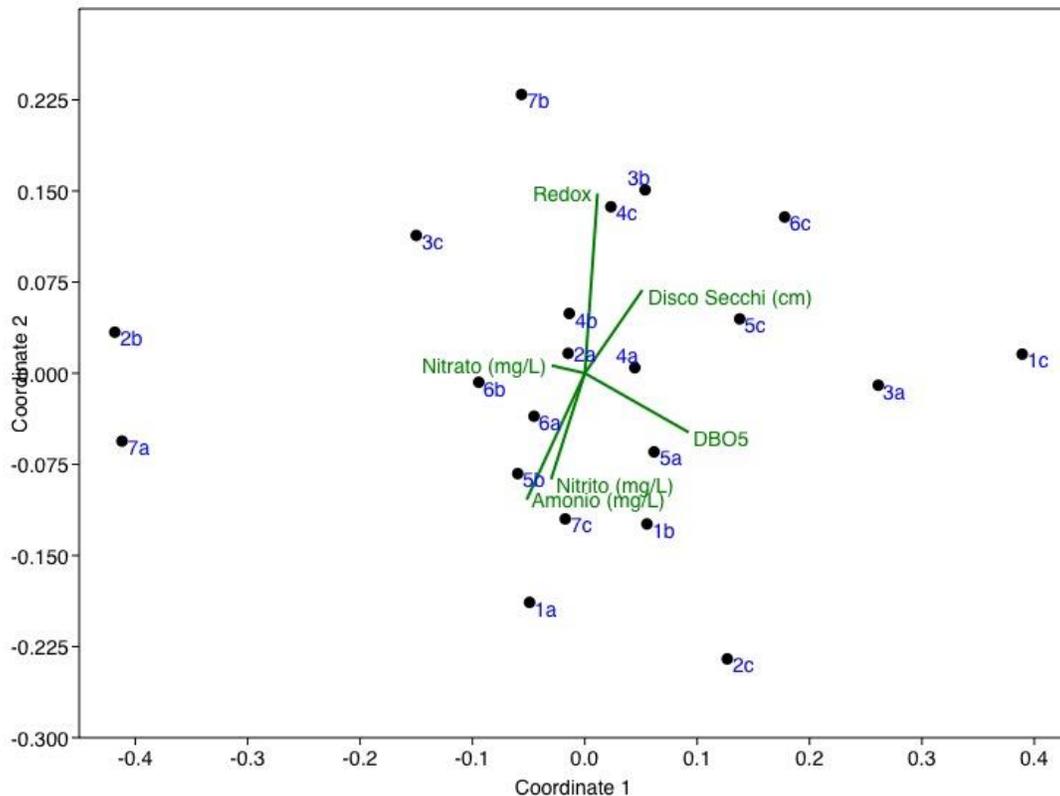


Figura 4- 6: Análisis de ordenación NMDS para las estaciones muestreadas en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.

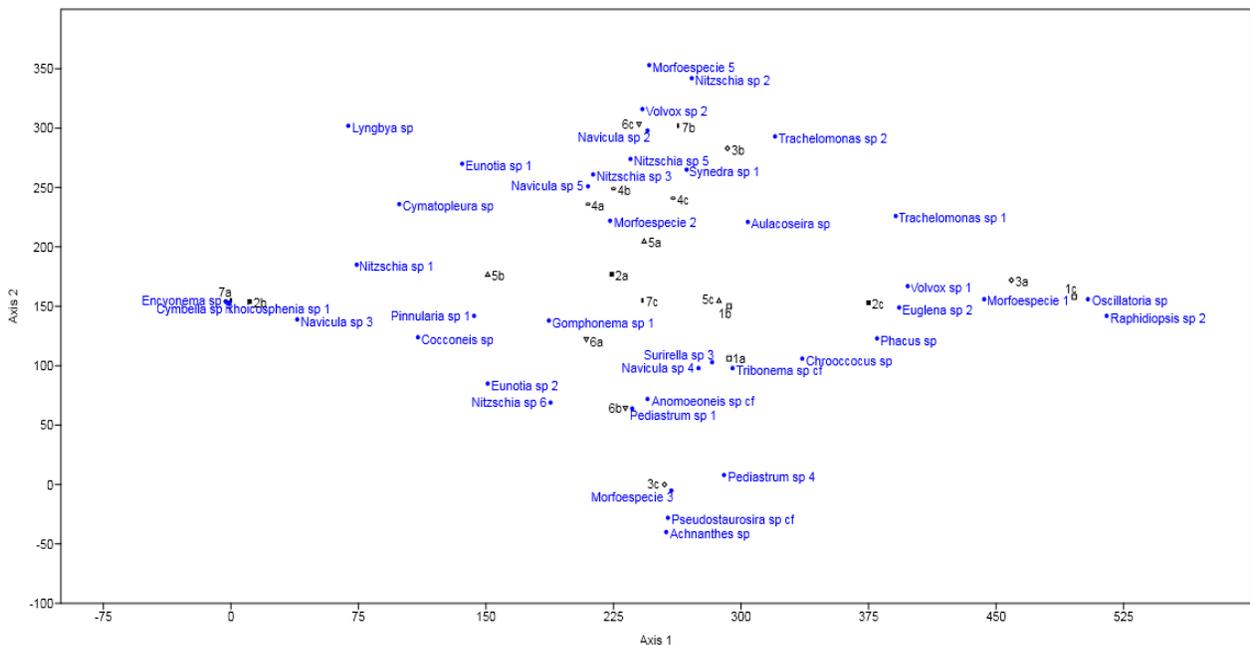


En el análisis de correspondencia sin tendencias (DCA) (Figura 4-7) se puede identificar el agrupamiento de las estaciones de acuerdo a las morfoespecies más determinantes para cada punto. Se destacan los géneros *Navicula*, *Nitzschia*, *Eunotia*, *Synedra*, *Surirella*, *Aulacoseira*, *Volvox*, *Pediastrum*, *Oscillatoria*, *Trachelomonas*, *Phacus* y *Euglena* como los más representativos para la mayoría de estaciones del grupo A (2a, 3b, 4a, 4b, 4c, 5a, 5b, 7b) cercanas en transecto y a la línea de costa, así como de los grupos B y C. Dichos géneros poseen una amplia distribución (son cosmopolitas) y son reconocidos por tener un rango amplio de tolerancia a ambientes con características meso a eutróficas (Escobar, 1991; Roldán, 1992). Por otra parte, *Encyonema*, *Cymbella*, *Rhoicosphenia* y *Pinnularia Cocconeis* (típicas del bentos), así como *Nitzschia*, *Navicula*, *Eunotia* y *Lyngbya* sobresalieron en el grupo D (7a, 2b) y en algunas estaciones aisladas (6a, 5b). En general se puede intuir cierto grado de separación entre las diatomeas que se encontraron en las estaciones más cercanas a la costa y las especies de los otros grupos que se encontraron en su mayoría aguas adentro. Algunos de estos géneros de

diatomeas son de hábitos bentónicos, por lo que es común encontrarlas cerca de la orilla, atribuyendo su presencia a posibles condiciones de resuspensión y mezcla por la acción del viento y a la estrecha relación que existe entre el fondo y la columna de agua en sistemas poco profundos (Reynolds, 1997; Pulido, 2015), como ocurre con la Laguna de Suesca.

Estas particularidades en términos de composición y abundancia en las estaciones se entienden como respuesta del fitoplancton a determinados cambios en su entorno que modifican su estructura y generan microhábitats según los parámetros de la calidad del agua donde se encuentran (Donato, 2001, Velásquez *et al.*, 2007, Garza y Orio, 2012 y Vélez *et al.*, 2016). Se produce así cierta heterogeneidad en los ensambles de algas en los que puede haber interacciones competitivas que cambian continuamente y que permiten la coexistencia de un grupo rico en especies sin que se excluyan entre sí (Roldán, 1992). Como ya se mencionó, para la Laguna de Suesca la tendencia en el área muestreada es más bien hacia la homogeneidad de la comunidad, dada la similitud ambiental en los transectos estudiados.

Figura 4- 7: Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) para las morfoespecies y estaciones de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca..

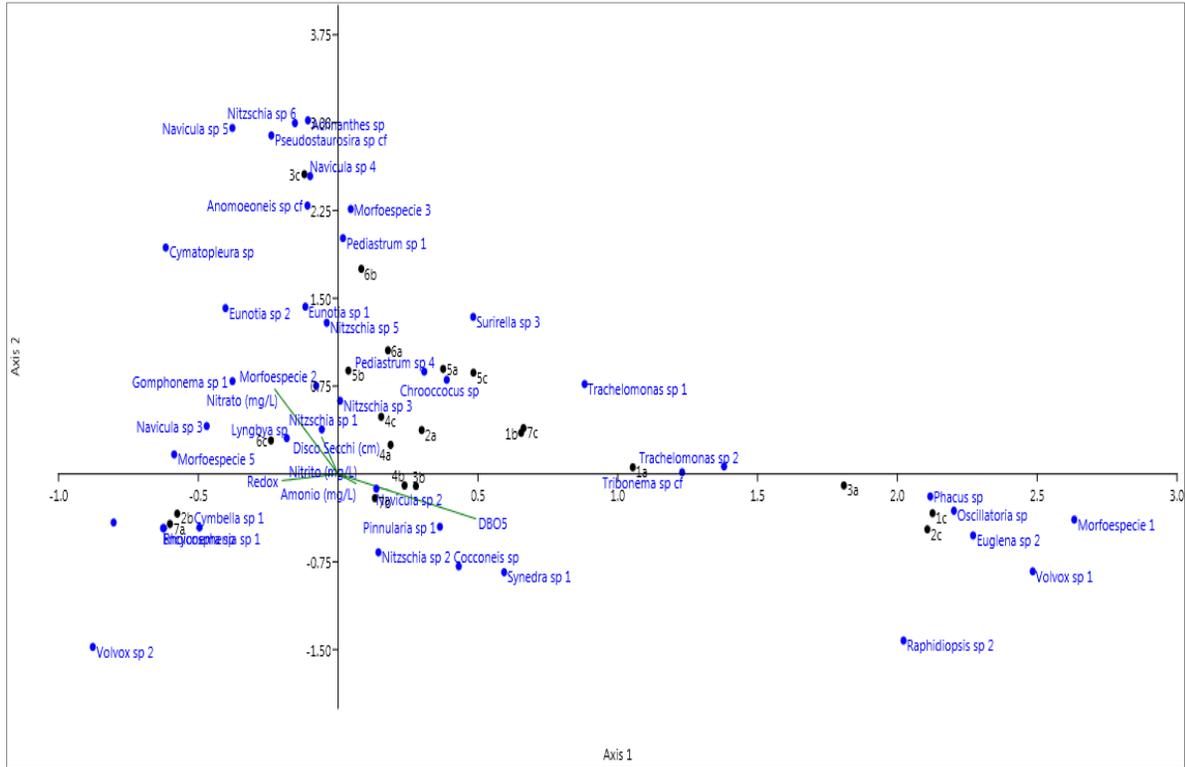


4.1.3 Correlación entre parámetros físicos y biológicos

En el análisis de correspondencia canónica se relacionan las variables ambientales del sistema con las especies encontradas. Se observa en la Figura 4-8 que los dos primeros componentes acumularon el 71,9% de la variación de los datos. Dentro del primer componente alrededor de la mitad de los taxones estuvieron presentes en el 85% de las estaciones cercanas a la línea de costa, con morfoespecies relacionadas a bajos valores de nitritos, nitratos, profundidad de disco Secchi y potencial rédox, así como incremento en el amonio, identificando un posible gradiente de DBO_5 que podría señalar un aumento de materia orgánica desde la línea de costa hacia el interior del cuerpo. Estas variables se asocian a aguas eutrofizadas con baja calidad (Roldán, 1992), en las que es común identificar géneros pertenecientes a Euglenofíceas y Cianofíceas (Vásquez *et al.*, 2006a; Donato, 2001), pero de igual manera géneros del grupo de las diatomeas que se desarrollan bajo condiciones de polución orgánica (Ramírez y Plata, 2008). Tales condiciones pueden estar dadas probablemente por el aporte de nutrientes de la lluvia y el lavado de suelos o de aguas residuales de actividades antrópicas (Vásquez *et al.*, 2006a; Romero, 2009), y también por la resuspensión de los sedimentos del fondo. La otra agrupación de morfoespecies parece relacionarse con las variables profundidad del disco Secchi, nitratos, nitritos y potencial rédox, asociadas a medios que poseen mayor penetración de luz, mayor concentración de oxígeno y pH más alto, lo que permite la presencia de géneros particulares y representativos del grupo Ochrophyta (diatomeas pennadas) así como de algunas Clorofíceas (Escobar, 1991; Roldán, 1992; Donato, 2001). Estos taxones se encontraron en general en las estaciones que tuvieron los valores más altos de densidad.

En suma, la distribución, composición y abundancia del fitoplancton en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca dependió de las condiciones abióticas y de las características de los sitios visitados al momento del muestreo, es decir, de cierta tendencia a la meso-eutrofia, de la influencia de los vientos y de la resuspensión del fondo. Los microhábitats planctónicos evaluados fueron muy homogéneos, lo que no permitió identificar un patrón biológico definido.

Figura 4- 8: Análisis de Correspondencia Canónica para las variables ambientales y morfoespecies de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.



4.1.4 Bioindicación y calidad del agua

Mediante los índices de Nygaard se realizó una estimación del estado trófico, con resultados que indican condiciones de oligotrofia según los índices de Euglenófitas y Diatomeas (Tabla 4-1), pero a la vez de eutrofia para los índices de Cianófitas, Clorófitas y para el compuesto. Este último resultado concuerda con lo hallado por Escobar (1991). Por su parte los índices de estado trófico (IET) de Carlson modificados para el trópico por Toledo *et al.* (1983), basados en las variables disponibles como profundidad del disco Secchi y fosfatos (Tabla 4-2), dejan ver también características contrastantes. Mientras que el IET del disco Secchi (IET_{DS}) señala un estado mesotrófico (valor entre 44 y 54), el IET de fosfatos (IET_{PO_4}) refiere una condición de oligotrofia (valor entre 24 y 44). El índice promedio obtenido con ambas variables determinó que en general las condiciones son oligotróficas (valor entre 24 y 44).

Pulido y Pinilla (2017), en su estudio del Humedal El Salitre, señalan que para definir el estado trófico de este tipo de ecosistemas es necesario, además de calcular este tipo de índices, tener en cuenta otros aspectos como la composición de especies y las características fisicoquímicas. Debe recordarse que muchos de estos índices son elaborados para latitudes templadas (Roldán, 1992), por lo cual es preferible analizar todas las variables disponibles (fisicoquímicas, biológicas y ecológicas) para obtener una clasificación más confiable. También es preciso realizar muestreos continuos en el tiempo, ya que el estado trófico del sistema puede variar por condiciones climáticas o hidrológicas. A pesar de lo anterior y teniendo en cuenta las limitaciones del presente estudio, se podría decir que la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca se encuentra en condiciones de meso a eutrofia, coincidiendo con lo reportado por Escobar (1991) y Vásquez *et al.* (2006a).

En las lagunas del altiplano cundiboyacense es común encontrar estados que van desde la mesotrofia hasta la hipereutrofia, ya que estos ambientes lénticos poseen características variables de tipo geológico, geomorfológico y climático, pero principalmente por la contaminación derivada de las actividades antrópicas, que inciden directamente en la disponibilidad de nutrientes en los cuerpos de agua (Donato, 2001; Vásquez *et al.*, 2006a). Sin embargo, es importante destacar que generalmente en estos ecosistemas la tendencia natural es acumular materia orgánica y nutrientes (Vásquez *et al.*, 2006a), por lo cual es normal encontrar una variación en sus parámetros fisicoquímicos con propensión a concentraciones medias y altas de tales elementos.

Tabla 4- 1: Valores calculados para el índice de Bioindicación de Nygaard por grupo y para el índice compuesto para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca.

Índice de Nygaard	Valor
Cianofíceas	3,5
Clorófitas	1
Diatomeas	0,07
Euglenófitas	0,5
Índice compuesto	8,5

Tabla 4- 2: Valores calculados para el índice del estado trófico (IET) de Carlson modificado por Toledo *et al* (1983), por variable (Disco Secchi y fosfatos) y el índice promedio para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca

Índices IET de Carlson	IET _{DS}	IET _{PO4}	IET _{PROM}
Valor	52,6	26,4	39,5

4.2 Componente análisis del Paisaje

4.2.1 Transformación del paisaje

Se establecieron 15 categorías diferentes para los mapas de cobertura analizados en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca para los años 1987 y 2018, como se observa en la Tabla 4-3, a partir de las cuales se valoró la transformación de la cuenca en términos del paisaje a través del tiempo para determinar la incidencia de la actividad pecuaria sobre la degradación del ecosistema. En el año 1987 se encontró para el dominio B (matriz de suelo circundante al cuerpo de agua) una mayor representatividad de las categorías del subsistema abierto por parte de los Mosaicos 1 (26,7 %), los Pastos limpios (21,2 %) y los Cultivos transitorios (15,8 %), que sumaron el 63,8 % (Ha) del área total de cobertura de la cuenca para ese periodo; le siguieron las categorías Cuerpo de agua de la Laguna de Suesca (8,5 %) y Bosque denso (7,7 %); las demás clases ocuparon menos del 21 % del área, como se puede observar en la Tabla 4-3 y en la Figura 4-9. Por otra parte, las coberturas más representativas para el 2018 fueron también las pertenecientes al dominio B, específicamente del abierto, con los Mosaicos 1 (23,6 %), los Pastos limpios (20,4 %), el Bosque denso (10,8 %), los Arbustales (10,2 %) y los Pastos manejados (10 %), que sumaron más del 70 % del área total de la cuenca; les siguieron las coberturas de Mosaicos 2 (7 %), Bosque secundario (5,6 %) y Cultivos transitorios (5,2 %), mientras que las demás categorías aportaron menos del 7,2 % (Tabla 4-3, Figura 4-9), como fue el caso del Cuerpo de agua de la Laguna de Suesca (4,1%).

Figura 4- 9: Clasificación de las coberturas y área para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca para los años 1987 y 2018.

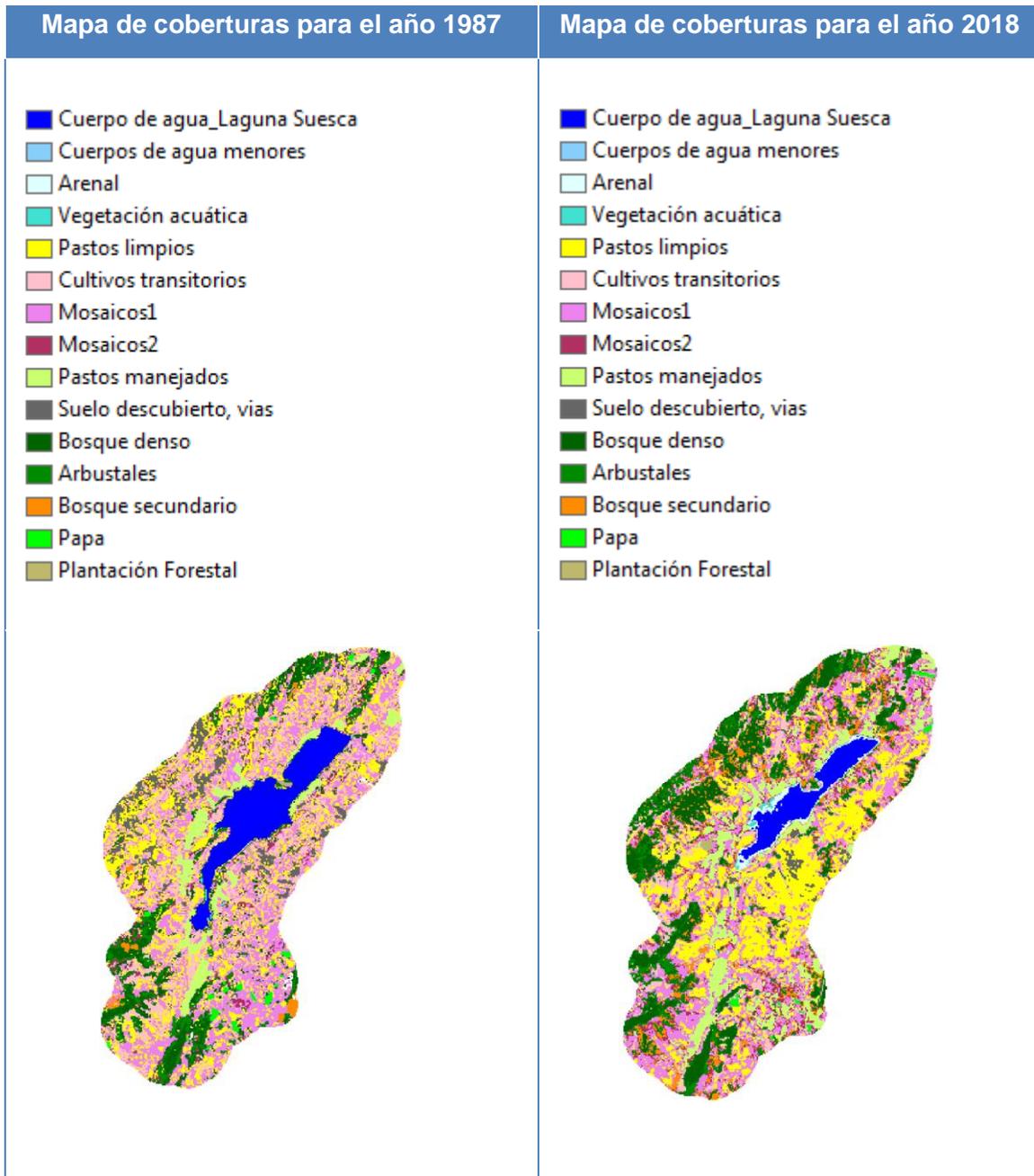


Tabla 4- 3: Clasificación de las coberturas, áreas (Ha) y porcentajes de área (Ha) para la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca en los años 1987 y 2018.

Clasificación Coberturas	Área (Ha) 1987	Porcentaje de Área 1987	Área (Ha) 2018	Porcentaje de Área 2018	Diferencia Área (Ha) 1987 - 2018	Diferencia Porcentaje de Área 1987 - 2018
Cuerpo de agua Laguna Suesca	388,7	8,5	183,9	4,1	-204,8	-52,7
Cuerpos de agua menores	1,8	0,0	3,1	0,1	1,3	70,0
Arenal	1,2	0,0	51,2	1,1	50,0	97,7
Vegetación acuática	3,5	0,1	15,8	0,3	12,3	77,8
Pastos limpios	967,3	21,2	925,9	20,4	-41,4	-4,5
Cultivos transitorios	721,7	15,8	235,5	5,2	-486,2	-206,4
Mosaicos1	1216,6	26,7	1073,3	23,6	-143,4	-13,4
Mosaicos2	148,8	3,3	319,9	7,0	171,1	53,5
Pastos manejados	203,8	4,5	455,5	10,0	251,7	55,3
Suelo descubierto, vías	250,8	5,5	48,0	1,1	-202,9	-422,9
Bosque denso	350,5	7,7	488,0	10,8	137,5	28,2
Arbustales	228,5	5,0	461,5	10,2	233,0	50,5
Bosque secundario	32,8	0,7	254,8	5,6	222,0	87,1
Papa	34,0	0,7	16,5	0,4	-17,6	-106,6
Plantación Forestal	5,9	0,1	6,3	0,1	0,5	7,1

Al considerar los usos del suelo que ha tenido la cuenca históricamente, es natural encontrar altos porcentajes de Cultivos, Mosaicos y Pastos en aquellas áreas con vocación agropecuaria, ya que esta región se dedicó en el pasado especialmente al cultivo de cereales, que han sido reemplazados gradualmente en las últimas décadas por la actividad pecuaria, lo que ha continuado con la deforestación de bosques y de otros tipos de vegetación (CAR, 2005; Rodríguez *et al.*, 2016). De igual forma, al comparar los resultados obtenidos en cada periodo (1987 y 2018) es evidente la transformación en el uso del suelo al identificar el aumento en general de algunas coberturas, tales como Pastos manejados de un 4,5% a un 10% (203,8 a 455,5 Ha), Arenal de menos del 0,1% a 1,1% (1,2 a 51,2 Ha) y Bosque secundario del 0,7% a 5,6% (32,8 a 254,8 Ha) y la disminución de Cultivos transitorios, Mosaicos 1 y Bosque denso, que se percibió

principalmente en las veredas El Hatillo y Ovejeras (pertenecientes al Municipio de Suesca). Estos cambios en las coberturas para 2018 se deben posiblemente al uso intensivo de sus suelos en las actividades económicas más representativas para sus habitantes, como son la agricultura y la ganadería (CAR, 2008). Por su parte en las veredas El Carrizal y La Laguna (pertenecientes al Municipio de Cucunubá) hubo un incremento notorio de las áreas de Bosque denso, Arbustales, y Bosque secundario, así como una disminución de los Cultivos transitorios, los Mosaicos 1 y el Suelo desnudo (Tabla 4-3, Figura 4-9). A pesar de la reducción en la actividad agrícola, es importante mencionar que los efectos de la misma sobre los ecosistemas son reconocidos mundialmente por sus impactos negativos sobre los ecosistemas como la contaminación de los cuerpos de agua por plaguicidas, fosfatos y nitratos, el exceso de extracción de agua, la deforestación, la degradación de la tierra, la salinización y la reducción de la diversidad genética (FAO, 2002).

De acuerdo con Martínez y Pinto (2018), tales variaciones ocurren como consecuencia del cambio en las dinámicas económicas y el desarrollo agropecuario de la región. La intensificación de la actividad pecuaria se reconoció en toda la cuenca, pero fue mayor en el área de las veredas Ovejeras y El Hatillo, donde se reemplazó la actividad agrícola por la ganadera, con la respectiva ampliación de la frontera para pastoreo como lo ratifica la CAR (2001) en sus estudios. Esto coincide con lo encontrado por Martínez y Pinto (2018), quienes registraron el aumento de pastos en un 2,5 % y la disminución de la cobertura de cultivos y páramo entre 1987 y 2001. Tales cambios tienen un efecto desfavorable, ya que los pastizales no son muy eficientes para la captación de humedad ni permiten la retención del agua, lo que sumado al pastoreo del ganado genera la compactación del suelo y una alta producción de materia orgánica (Gómez y García, 1994; CAR, S.F.; CAR, 2008). Es en aquellas zonas con incremento del área en Pastos manejados donde hay un mayor porcentaje de Arenales y de Vegetación acuática.

Así mismo, es importante mencionar que se presentaron algunas mejorías, representadas en el incremento de ciertas coberturas naturales dentro del dominio cerrado, como ocurrió con el Bosque denso, el Bosque secundario, los Arbustales y las Plantaciones forestales, especialmente en el área noroccidental (veredas Carrizal y La Laguna pertenecientes al Municipio de Cucunuba), eventos que pueden tener un efecto positivo en el estado de la cuenca. Las plantaciones contienen especies no nativas como

pinos y eucaliptos que fueron entregados por la Corporación Autónoma de Cundinamarca en décadas anteriores para reforestar la cuenca, en el marco de un proyecto de control de la erosión de la Laguna de Suesca (CAR, S.F.), sin tener en cuenta que estas plantas exóticas poseen características ecológicas que causan el desplazamiento de las especies nativas y la erosión de los suelos al requerir abundante agua (CAR, 2008). En cuanto a la vegetación nativa de los relictos de bosque y en especial de los arbustales, sus especies estratégicas (*Baccharis bogotensis*, *B. latifolia*, *Dodonaea viscosa*, *Myrica parvifolia*, *Stevia lucida* e *Hypericum juniperinum*) se pueden utilizar para restaurar la Reserva Hídrica y controlar la erosión por su rápido crecimiento, tolerancia a bajas temperaturas, ciclo de vida corto y alta resiliencia (CAR, 2001; Serrato, 2007).

Por otra parte, el cuerpo de agua (dominio A) ocupó el 8,5 % (388,7 Ha) del área total para el año 1987 y solo el 4,1 % (183,9 Ha) para el 2018 (Tabla 4-3, Figura 4-9), lo que denota una reducción en el espejo del agua mayor al 50 % en un periodo de 20 años. Tal comportamiento indica un fuerte cambio de esta cobertura a lo largo del tiempo, con variaciones para los años 1963, 2005, 2006 y 2016 que estuvieron entre 550 Ha, 297,9 Ha, 526,3 Ha y 317,1 Ha respectivamente (Escobar, 1991; CAR, 2005; CAR, 2008; Martínez y Pinto, 2018). Para el 2018 la extensión del cuerpo de agua fue la más baja en comparación con las que se han registrado en los trabajos consultados.

Históricamente, la Reserva ha estado expuesta a fenómenos naturales de tipo climático que deben tenerse en cuenta, ya que alteran directamente la disponibilidad de agua en los ecosistemas de lagunas altoandinas. En 1998, por ejemplo, se presentó un evento El Niño con una fuerte sequía en la Reserva que produjo la alteración del cuerpo de agua; así mismo, la disminución de las precipitaciones para el periodo 1999 - 2000 redujo drásticamente la extensión del espejo de agua (CAR, 2001; CAR, 2008). De la misma manera, se identificaron impactos generados por acciones antrópicas, como la construcción de reservorios a partir de la interceptación de antiguas quebradas que alimentaban la Reserva (CAR, 2008), así como aquellos derivados de las actividades agropecuarias que requieren extracción de agua directamente de la Laguna. Es muy probable que estas acciones contribuyeran a la afectación del sistema antes de 2004, ya que no se ejercía ningún tipo de control sobre esta situación (Martínez y Pinto, 2018). Aunque actualmente tal práctica ilegal se redujo, aun se continúa realizando por parte de algunos pobladores e incluso “forasteros” según indican los habitantes, lo que favorece la

drástica variación en la extensión del espejo de agua. La Laguna de Suesca se considera como un ecosistema altamente vulnerable que mantiene sus niveles por aportes provenientes principalmente de la precipitación (escorrentía), con salidas dadas por la evapotranspiración (Gómez y Garzón, 1994; CAR, 2008; Martínez y Pinto, 2018).

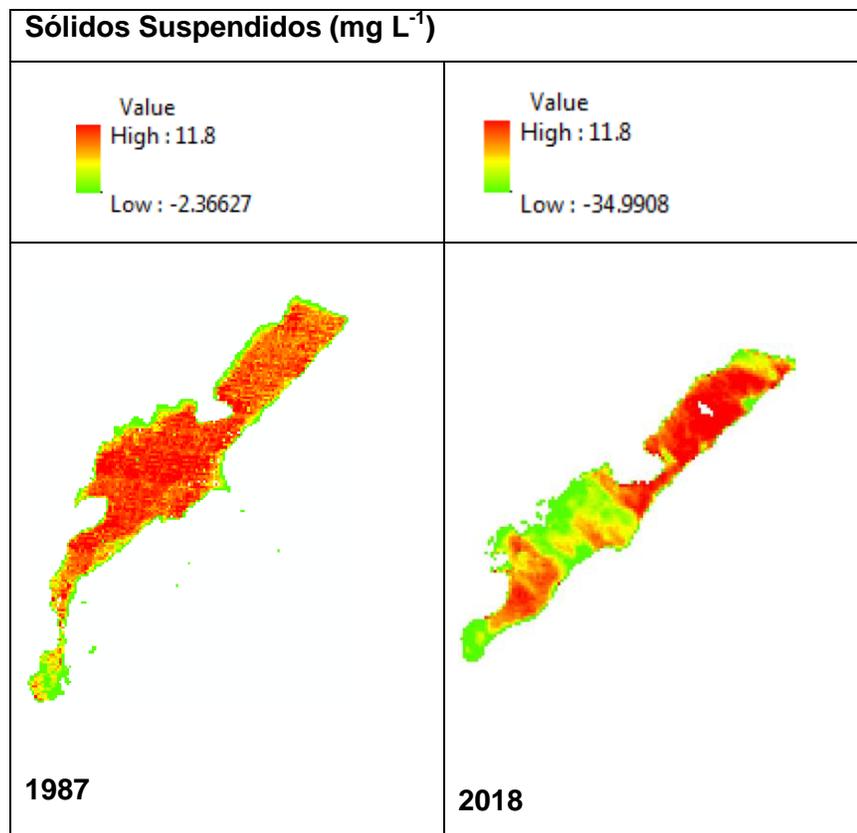
Los resultados hallados en el presente estudio referidos al cambio en el uso del suelo durante los años considerados fueron similares a los reportados anteriormente en los trabajos consultados. Hay que considerar que las metodologías aplicadas, así como las categorías de clasificación en cada estudio fueron diferentes, por lo cual sería conveniente definir un protocolo básico o general para realizar estos análisis con el objetivo de comparar la información de una manera más confiable y precisa. Por su parte, la clasificación de las tierras según su capacidad de uso basada en las metodologías del IGAC se encuentra sesgada hacia una interpretación con fines estrictamente de ordenamiento territorial; en ella se tienen en cuenta muchos aspectos de tipo social, económico, geográfico y biológico, pero estos se tratan de manera independiente, sin una verdadera integración que permita obtener herramientas de gestión ambiental realistas y efectivas en zonas donde existen numerosos conflictos de tipo ambiental.

4.2.2 Calidad del agua con sensores remotos

A partir de las imágenes obtenidas para 1987 y 2018 de sólidos suspendidos, clorofila a, nitrógeno total y fósforo total, se reconoce una variación temporal en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua de la Reserva Hídrica Laguna de Suesca. La Figura 4-10 muestra la distribución espacial de píxeles en relación con los valores de sólidos suspendidos para cada año elegido, en la que se distinguen los mayores valores según su reflectancia en colores cercanos al rojo cuando es alta y los menores en colores cercanos al verde por su absorbancia. El análisis temporal refleja para el año 1987 una distribución principalmente homogénea de los sólidos suspendidos en la mayoría del espejo de agua, con las concentraciones mayores cercanas a 11,8 mg/L, similar a lo reportado por Martínez y Pinto (2018). En 2018 se evidenció un cambio en la distribución de los sólidos, especialmente para la parte suroccidental (veredas Hatillo y La Laguna), donde se identificó una región con bajas concentraciones de esta variable. En general, en ambos periodos los valores fueron bajos y se encontraron dentro

de los rangos registrados *in situ* (0 a 71 mg/L) por otros trabajos realizados en la Laguna en 1995 y 2008 (Escobar, 1991; Caucalí, 1995; CAR, 2008). La relativa reducción actual en los sólidos se puede deber al cambio en los usos del suelo, ya que entre 1987 y 2018 las coberturas vegetales naturales se incrementaron en gran parte de la cuenca, en especial hacia la zona sur-central, lo que pudo permitir una leve mejora en la retención del agua de escorrentía y por tanto una reducción en la erosión del terreno, con la consecuente disminución de los aportes de sólidos suspendidos en este sector de la Laguna (Gómez y García, 1994; CAR 2008).

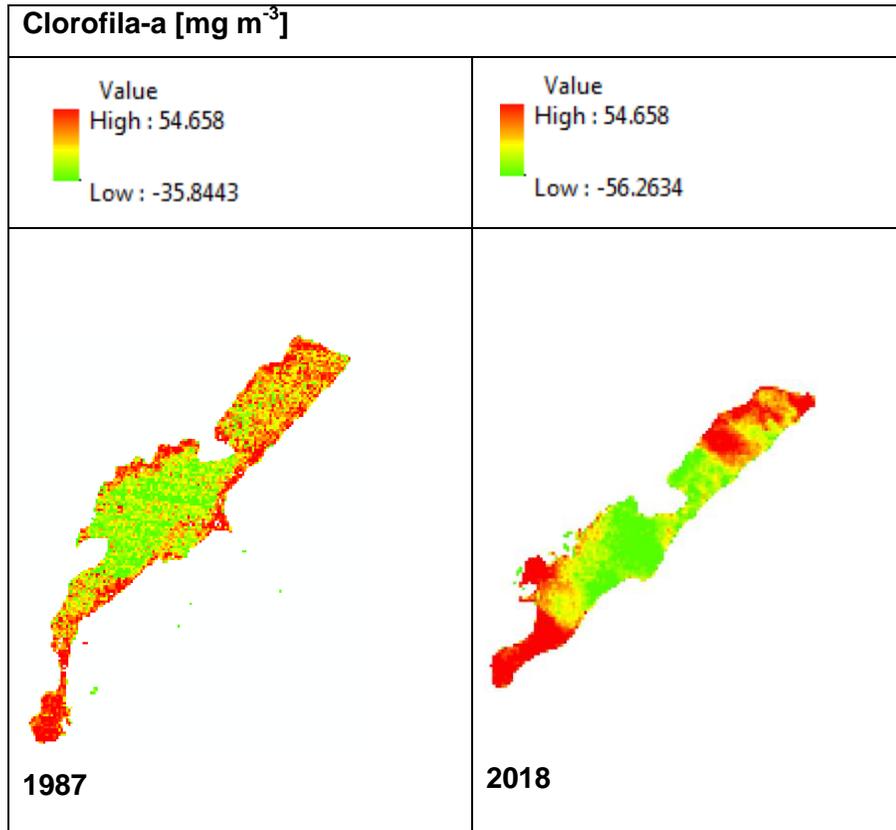
Figura 4- 10: Mapa de distribución para la variable sólidos suspendidos (mg L^{-1}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.



La distribución de los pixeles de clorofila a en la Reserva Hídrica para el año 1987 (Figura 4-11) mostró que los mayores valores se localizaron hacia el litoral de la laguna, pero también en los sectores norte y sur, mientras que las concentraciones medias a bajas se localizaron en el centro del cuerpo de agua. En contraste, para 2018 las concentraciones más altas se restringieron básicamente hacia las porciones norte y sur de la Laguna. Según Escobar (1991), el aporte de nutrientes al ecosistema es dado por diferentes procesos entre los que se encuentran la erosión, la escorrentía y las actividades antrópicas (vertimientos de aguas negras, agroquímicos y contaminación microbiológica) que generan un enriquecimiento directo que es aprovechado por organismos fitoplanctónicos; esto se ve reflejado en el aumento de los valores de clorofila a en las zonas más cercanas a estas fuentes como las riberas. De tal forma, el cambio en las coberturas desde el periodo más antiguo al reciente, fue representado por una disminución de las áreas de cultivos transitorios y de los mosaicos 1 en la cuenca, que podría influir sobre la distribución y abundancia del fitoplancton al reducir tales aportes, en especial en la zona central de la Laguna. No obstante, las concentraciones estimadas fueron relativamente bajas en comparación con las reportadas en 1991 por Escobar ($4,53 - 7,9 \mu\text{g L}^{-1}$), lo que sugiere que las condiciones oligotróficas iniciales para el fitoplancton se han mantenido a lo largo de los últimos 20 años.

En cuanto al nitrógeno total, se observó para el año 1987 un comportamiento semejante al que presentó la clorofila a (Figura 4-12), con altos valores principalmente hacia el litoral de la Laguna y una tenue concentración en el extremo sur. En 2018 el patrón fue similar, pero la concentración del nutriente fue más evidente en la zona central del extremo sur. El nitrógeno total estimado según las imágenes ($2,47 - 5,89 \text{ mg L}^{-1}$), sugiere una cierta tendencia a la eutrofia al ser mayor al registrado *in situ* en los estudios de Caucalí (1995) y CAR (2008) (0 a $1,68 \text{ mg L}^{-1}$). La presencia de nutrientes como el nitrógeno en los ecosistemas acuáticos lénticos se relaciona directamente con la abundancia y distribución del fitoplancton, al permitir el crecimiento de esta comunidad. No obstante, el ingreso de nitrógeno se asocia frecuentemente a los aportes generados por las actividades agropecuarias o a los vertimientos domésticos e industriales, que terminan contaminando los sistemas acuáticos y causando su eutroficación (Roldán, 1992; Vásquez *et al*, 2006a; CAR, 2008). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, para establecer el estado trófico de un ecosistema es necesario tener en cuenta diversos aspectos fisicoquímicos y ecológicos.

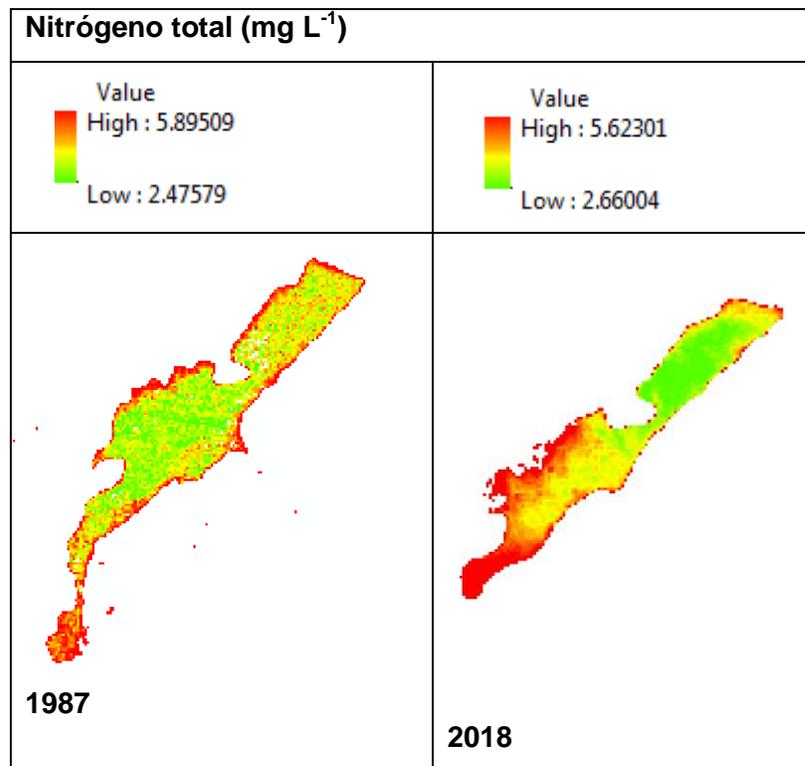
Figura 4- 11: Mapa de distribución para la variable clorofila (mg m^{-3}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca



La distribución del fósforo total encontrada en la imagen del año 1987 (Figura 4-13) fue principalmente uniforme, con valores altos hacia el centro y bajos hacia las zonas cercanas a la costa. En la imagen del periodo más reciente (2018) tal comportamiento cambió y se asemejó al patrón previamente descrito para los sólidos suspendidos y la clorofila a, en el que las mayores concentraciones se situaron hacia los extremos norte y sur de la Laguna. Los valores estimados se mantuvieron bajos ($0 - 0,06 \text{ mg L}^{-1}$) pero dentro de los rangos establecidos en los muestreos *in situ* por Escobar (1991), Caucalí (1995) y CAR (2008) ($0 - 0,45 \text{ mg L}^{-1}$), los cuales sugieren condiciones de oligotrofia a mesotrofia. Es notable que las concentraciones medidas en los puntos muestreados en el presente trabajo fueron mayores ($2,02 - 2,18 \text{ mg L}^{-1}$), lo que indica cierta tendencia hacia

la meso o eutrofia. Este nutriente es fundamental en los ecosistemas acuáticos, en especial para el crecimiento del fitoplancton, siendo limitante al igual que el nitrógeno. Su presencia se explica generalmente por los aportes que llegan por la escorrentía a partir de sustancias empleadas en la agroindustria en los suelos circundantes, o por remoción y resuspensión del sedimento en el sistema acuático (Wetzel, 2001; CAR, 2008; Romero, 2009; Pulido y Pinilla, 2018).

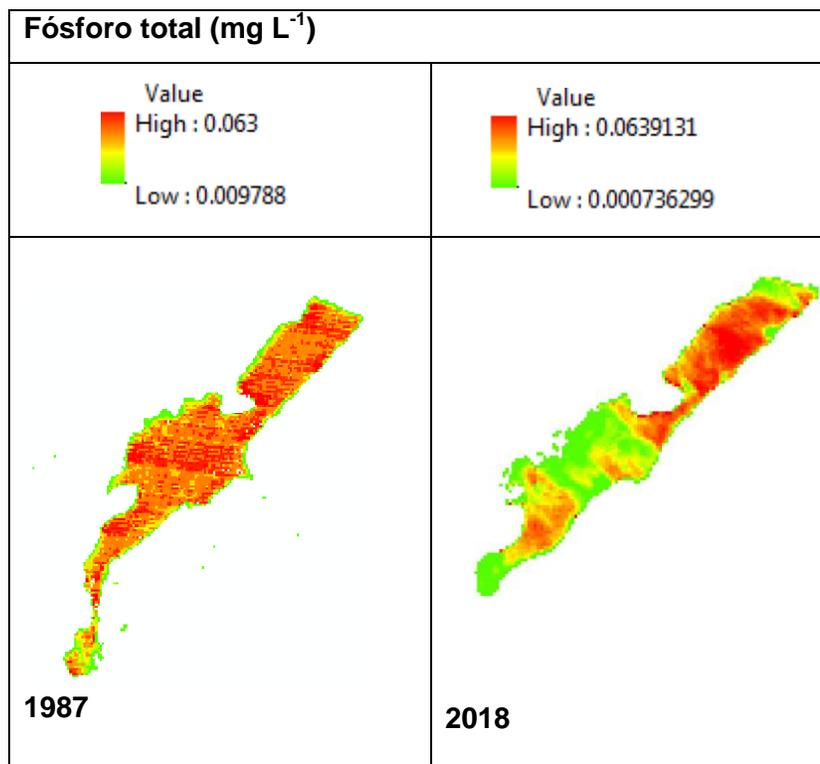
Figura 4- 12: Mapa de distribución para la variable nitrógeno total (mg L^{-1}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.



De acuerdo con los resultados obtenidos, se podría afirmar que la calidad del agua de la Reserva Hídrica Laguna de Suesca, estimada a través de sensores remotos con los parámetros de sólidos suspendidos, clorofila a, nitrógeno total y fósforo total, ha tenido algunos cambios evidentes que manifiestan una variación de las condiciones fisicoquímicas en el tiempo. Dichos valores en general se encuentran dentro de los rangos esperados para la Laguna, de acuerdo con lo hallado en trabajos previos (Escobar, 1991; Caucalí, 1995; CAR, 2008). No fue posible establecer una correlación directa entre la actividad pecuaria y el estado que presenta el cuerpo de agua de la

Reserva, pero sí se observa una alteración que puede explicarse por la modificación en la matriz de suelo adyacente de acuerdo a los usos dados en el tiempo, pues los aspectos sociales y económicos de los habitantes de la cuenca afectan directamente en las características que presenta el territorio. Por ende, el suelo es un factor que influye en la calidad del agua (Burbano, 2016).

Figura 4- 13: Mapa de distribución para la variable fósforo total (mg L^{-1}) en los años 1987 y 2018 en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.



Los valores estimados por los sensores remotos en general se mantuvieron dentro de los rangos esperados, aunque algunos no se ajustaron completamente a los registrados *in situ*; sin embargo, la herramienta utilizada permitió realizar un ejercicio de valoración en el que, a través de la exploración y aplicación de este método, se logró un acercamiento al conocimiento de las condiciones fisicoquímicas en toda la extensión del cuerpo de agua y en diferentes periodos de tiempo. Se reconoce la importancia, la ventaja y la practicidad que tiene esta técnica, ya que permite determinar la calidad del agua en cualquier tipo de ecosistema acuático al cubrir espacios amplios de difícil o costoso

acceso, así como diferentes épocas para las que no se tenga ningún tipo de registro previo *in situ* (Bhatti *et al.*, 2008; Lim y Choi, 2015), sin la necesidad de desplazarse al lugar para determinar y monitorear el comportamiento de las variables. No obstante, esta metodología permite solo un acercamiento exploratorio que posteriormente debe complementarse con muestreos *in situ*, que cubran varios puntos del área estudiada, a fin de corroborar o ajustar los resultados obtenidos con datos reales de campo para darles una robustez mayor.

Por otra parte, las imágenes Landsat empleadas en este trabajo presentaron algunas ventajas en términos de las bandas que son apropiadas para realizar los cálculos de las variables analizadas. Sin embargo, en estudios futuros sería conveniente usar imágenes con una mayor resolución.

4.3 Gestión ambiental y análisis teórico

4.3.1 Gestión ambiental

La Reserva Hídrica Laguna de Suesca es un ecosistema estratégico de gran importancia para la región que actualmente presenta un conflicto causado por diferentes intereses y procesos complejos que allí convergen. Para hacer un análisis de esta problemática, es necesario tener en cuenta la definición de conflicto ambiental como la dinámica de enfrentamiento, disputa u oposición entre dos o más actores que resulta de la relación e interacción del hombre con la naturaleza, donde el uso, el control y el manejo de los recursos genera un impacto o la degradación del mismo, causando diferencias y tensiones que son de compleja resolución (MADS, 2012; Lara, 2017; Fuentes, 2018).

Con este escenario, se identifica la Laguna de Suesca como un ecosistema que viene presentando una transformación y alteración histórica de tipo ambiental, donde los cambios culturales, sociales y económicos de los habitantes inciden directamente en la degradación de su cuenca y por tanto en los aspectos ecosistémicos de dicho humedal. Esta situación se reconoce ampliamente en el territorio nacional en numerosos ecosistemas y áreas protegidas que se encuentran en peligro de deterioro e incluso de extinción. En consecuencia, el gobierno y sus entes ambientales han establecido una normatividad e implementan estrategias para la gestión y manejo de estos ecosistemas en pro de su conservación a partir de la creación de la figura de áreas de conservación,

las cuales se agrupan en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). También se utilizan herramientas que permiten la identificación y valoración de diferentes componentes, así como el reconocimiento de la importancia ecológica, económica y social de los ecosistemas; algunos de estos mecanismos son los inventarios, los estudios de diagnóstico, los planes de manejo y los programas de monitoreo, entre otros (Calvachi y Galindo, 2009).

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca es el ente ambiental autorizado para el manejo y la administración de la Reserva Hídrica Laguna de Suesca. A partir del acuerdo 48 del 2006 se declaró como ecosistema de Humedal y área protegida, razón por la cual esta institución quedó a cargo de las acciones pertinentes para la elaboración y puesta en funcionamiento del Plan de Manejo Ambiental de la Reserva. Este hace la respectiva delimitación del área, a partir de la cual se establecen los usos permitidos y restringidos del suelo y se dan las directrices y las acciones necesarias para lograr la recuperación del ecosistema. Sin embargo, tal delimitación se fundamenta principalmente en las características hidroclimáticas y geomorfológicas que presenta la cuenca, basadas en los estudios planteados en dicho acuerdo, los cuales son: el “Levantamiento Batimétrico y Delimitación de la Laguna de Suesca y su Ronda”, el “Levantamiento Topográfico del área, cuerpos de agua y reservorios cercanos”, el “Estudio Hidrológico” de su cuenca y el “Estudio Técnico, Social y Ambiental para la Declaratoria de Protección de la Laguna de Suesca y su Cuenca”. En consecuencia, la delimitación realizada no considera como prioritarios los aspectos tratados en el último estudio mencionado (condiciones económicas y sociales de la comunidad que allí habita) para la toma de decisiones, pues el abordaje del plan de manejo fue netamente descriptivo, por lo tanto las políticas ambientales establecidas por los entes gubernamentales a partir de dicha delimitación pasan por encima del contexto real que se enfrenta en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca, lo cual permite identificar un desequilibrio de poder que genera una limitación al acceso y manejo de los recursos por parte de la comunidad que allí habita.

Al realizar la búsqueda de información relacionada en diferentes fuentes se halló un número limitado de documentos, tales como algunos trabajos de tesis y estudios discontinuos realizados por la Corporación (CAR) en el área. Algunos son de consulta pública, pero en general reflejan el limitado alcance administrativo de la entidad y la baja eficiencia de sus políticas frente a la realidad de las circunstancias conflictivas de la

laguna. Los documentos encontrados (Hernández y Carrizosa, 1965; Corporación SIE, 1998; CAR, 1998; INFORAGRO *et al.*, 1999; CAR, 2001; CAR, 2004; CAR, 2005; HIDROCERON *et al.*, 2006, CAR, 2008; CAR, S.F.) son relativamente escasos si se considera que la Laguna de Suesca es un sistema de fácil acceso, que se reconoce como estratégico en la región por sus características de biodiversidad y servicios ambientales. Aun así, existen algunos registros aislados de cartografía e hidrogeomorfología, así como diagnósticos parciales y proyectos y planes fragmentarios de conservación, recuperación y manejo de su cuenca.

Entre dichos documentos se destaca el Proyecto de Control de la Erosión Laguna de Suesca (CAR, S.F.), mencionado en el capítulo 4.2.1, en el cual se recomendó la reforestación intensiva de la zona con especies foráneas (*Acacia melanoxylum*, *Pino patula* y *Eucalipto* sp.). Esto expone un desconocimiento total de los efectos perjudiciales que provocan estas especies introducidas sobre la biodiversidad (alta competencia) y sobre los suelos (acidez, erosión, alto consumo de agua) (CAR, 2008) de un sistema que presentaba un alto grado de erosión. Así también, se debe mencionar el Proyecto Diagnóstico y Plan de Recuperación y manejo de la Cuenca de la Laguna de Suesca, que no se ejecutó. Por su parte, el Plan de Manejo Ambiental (CAR, 2008) tampoco se ha implementado debido al tiempo que ha tomado el Ministerio de Ambiente para aceptarlo, a pesar de que se presentó en 2016. Como explican los funcionarios encargados de las áreas protegidas de la CAR, se continúa a la espera de su aprobación para iniciar acciones en la zona. Hay que considerar sin embargo que la gestión de la Reserva le corresponde en gran medida a las autoridades municipales de Suesca y Cucunubá (con. pers. con funcionarios de la CAR). Es interesante encontrar otros sistemas acuáticos altoandinos próximos como el Humedal de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y El Yulo, también declarados estratégicos que cuentan con planes de manejo implementados y ajustados desde hace varios años, por lo cual es incomprensible la falta de interés y el retraso que existe para la aceptación y ejecución del plan de manejo de la Reserva Hídrica de Suesca.

Por otra parte, también se encontraron algunos proyectos de restauración que fueron desarrollados por la Secretaría del Medio Ambiente de la Gobernación. Este es el caso del proyecto de “Recuperación de la Laguna de Suesca Provincia de Almeidas”, en el cual se realizó la reforestación de algunos sectores prioritarios de la Laguna a través de

la plantación de especies nativas y la capacitación de la comunidad. Dicho proyecto no pudo ser monitoreado y concluyó sin lograr el objetivo planteado (CAR, 2001). Según los pobladores, los árboles eran jóvenes y requerían mucho cuidado por lo cual la mayoría de las plantas se secaron. Igualmente, la CAR en asociación con la Fundación Desarrollar, ha ejecutado proyectos encaminados a mejorar las condiciones de la Laguna, mediante la formación de los pobladores en sustentabilidad agrícola, para lo cual se han construido huertas escolares y granjas experimentales para estudiar el comportamiento de especies nativas y exóticas ante diferentes condiciones ambientales (CAR, 2008).

Ahora bien, a partir de las visitas y entrevistas realizadas a los funcionarios encargados en las Alcaldías de Suesca y Cucunubá, se pudo identificar la reducida participación de estas entidades en el manejo y la administración que tienen sobre la Reserva Hídrica Laguna de Suesca. Según la Unidad de Desarrollo Agropecuario y la Oficina de Desarrollo Económico y Competitividad de cada municipio, su alcance se restringe únicamente a ciertas visitas de inspección a la zona para detectar acciones ilegales, solicitud de información pertinente y colaboración para el cumplimiento de las disposiciones de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Estas oficinas han concertado y participado en reuniones de socialización de las diferentes acciones a implementar en la Laguna con la comunidad (con. pers. con funcionarios de las alcaldías), de las cuales solo tres reuniones se han documentado en los últimos 11 años (8 de abril y 10 de mayo de 2008 y 27 de mayo de 2017) y se encuentran pocas disponibles al público. También realizaron talleres con la comunidad previos a la delimitación de la Reserva que se refieren en el acuerdo 48 del 20 de noviembre de 2006, los cuales no fue posible consultar.

En los documentos examinados se refleja el limitado e intermitente acercamiento que han tenido los entes gubernamentales y ambientales, como se observa en el acta del año 2017, en la cual los funcionarios de las Alcaldías y de la CAR informaron y recordaron a la comunidad ribereña las medidas establecidas para el manejo de la cuenca y para su conservación en los esquemas de ordenamiento territorial y en el plan que se encuentra en revisión, las cuales claramente no admiten la práctica de actividades agropecuarias dentro de la franja de protección (30 metros a partir del espejo de agua); igualmente, se refirieron a la delimitación y el registro de los predios y sus linderos, tema de gran

molestia para sus habitantes. Según se indica en él acta, tal información fue socializada sin el ánimo de hacer imposiciones o de iniciar discusiones, pero tampoco se plantea algún tipo de solución efectiva para dichos temas que genere espacios de negociación real y beneficie tanto al ecosistema como a sus habitantes, situación que incrementa la profunda tensión entre las partes involucradas en este conflicto.

Si bien la restauración y la conservación son objetivos cruciales, no se debe ignorar la caracterización socioeconómica e incluso histórica de la población que habita el área de influencia de un ecosistema en conflicto. El ámbito social de la Laguna de Suesca es un eje del que no se cuenta con suficiente información, aparte de los datos netamente descriptivos que se presentaron en los estudios e informes técnicos, los cuales no están integrados con los demás ejes, a pesar de que lo social es un aspecto fundamental para la toma de decisiones y del cual depende en gran parte una gestión eficaz y adecuada de este territorio. La profundización en dicho aspecto no fue posible por las características del conflicto que se mencionaron previamente (capítulo 3.4), pues la mayoría de habitantes de la Laguna se niegan a colaborar de manera abierta con estudios académicos y técnicos debido a la relación tensa que se ha venido estableciendo entre ellos y los diferentes entes gubernamentales y ambientales. Esto genera desconfianza porque los habitantes creen, según los documentos revisados y las entrevistas realizadas, que existe un riesgo latente de eliminar sus prácticas económicas e incluso de ser sacados de sus predios. *“Cuando vienen a hacer visitas, nunca nos dan respuestas de las acciones o informes de los estudios que hacen, no se ha tomado autoridad verdadera para tomar control”, “no nos den más vueltas, sea sinceros con el problema que tenemos” (...)* (Unidad de desarrollo agropecuario, 2017). *“Eso por aquí ha venido un montón de gente de la CAR y algunas universidades a hacer estudios, hablaban con nosotros, nos sacaban información y nunca nos dejaban ver nada de eso... por eso nos cansamos de eso y no nos gusta que se aparezcan por aquí”* (con. pers. de la comunidad).

De esta forma, entre los pobladores de la vereda Ovejeras, tanto en documentos como durante las visitas realizadas para el presente estudio, se encontró cierta resistencia a colaborar, un malestar generalizado y una relación con lo gubernamental debilitada que reitera lo percibido anteriormente. Las familias entrevistadas expresan en su totalidad la poca o nula colaboración de las autoridades ambientales y de los entes territoriales frente

a la problemática que afrontan, aunque no todos desarrollen prácticas productivas en sus predios. Según los habitantes, estas entidades hacen presencia exclusivamente para informar y verificar el cumplimiento de algunas medidas que incluyen la restricción de sus actividades económicas, sin hallar evidencia alguna de iniciativas conjuntas que permitan establecer acuerdos: *“hasta la fecha ninguna de las autoridades municipales se había hecho presente, cuando acudíamos a la CAR para cualquier inconveniente o problema, me decían la CAR no es responsable, nosotros no tenemos nada que hacer vayásen, la CAR Choconta no nos da soluciones”* (...) (Unidad de Desarrollo agropecuario, 2017). *“En esas reuniones con la gente de la CAR y los de las alcaldías solo nos dicen que nosotros somos los que contaminamos la Laguna con lo que hacemos, que la ley dice que no lo podemos hacer y los certificados de libertad tienen limitación para no dejarnos vender la tierra... Pero para ayudarnos a cuidar la Laguna ahí si no están, nosotros somos los que la cuidamos”* (con. pers. de la comunidad).

Al lograr la colaboración de algunos habitantes en la visita a los terrenos localizados en la vereda Ovejeras para la caracterización de la actividad pecuaria, se confirmó que la ganadería bovina es la actividad dominante para el área al ser practicada en seis de los ocho predios encuestados, lo que representa el 75% del uso del suelo. En los predios restantes no se realizan actividades económicas pues son viviendas destinadas al descanso. La zona tuvo históricamente un uso por más de medio siglo destinado principalmente al cultivo de cereales y leguminosas, que se reemplazó porque ya no aseguraba el sustento y representaba más esfuerzo que ganancia (con. pers. con líder de la comunidad). No obstante, para las demás veredas (El Carrizal y La Laguna) la ganadería no es la actividad más representativa, pues en esas zonas el suelo se destina en su mayoría a la agricultura, como se evidenció en los análisis de los mapas de cobertura.

En la vereda Ovejeras la extensión de los terrenos en su mayoría no supera las 5 hectáreas, teniendo como mínimo dos cabezas por predio (Figuras 4-14 y 4-15), con lo cual se considera que la ganadería es intensiva, con razas como Holstein y Normando aptas para la producción de leche que se comercializa con diferentes empresas lecheras. No obstante, tan solo el 16,6% (predio 7) pertenece la Asociación de Distribuidores Lácteos de Suesca (ASOLAC), la cual ofrece ventajas comerciales, regula y garantiza la calidad de la producción. Este predio fue el que presentó la mayor cantidad de reses y de

hectáreas dedicado principalmente a la actividad ganadera, mientras que los demás predios modifican el uso de la tierra según sus capacidades y necesidades de producción. En cuanto al manejo dado al suelo para el pastoreo del ganado, el 66,6% permite el descanso de los suelos cada 7- 8 días, mientras que el 33,3% lo realiza cada 15 días. El consumo de pasto/día/individuo es aproximadamente de 30 kg; el pasto representa la forma principal de alimentación, aunque según su disponibilidad y la capacidad económica de los propietarios, se alterna con ensilaje. Por otra parte, se encontró que en el 83,4% de los predios no se hace ningún manejo de los residuos orgánicos producto de la actividad pecuaria; solo en el predio 7, por ser una finca certificada, se procesa el excremento en forma de abono para fertilizar las huertas caseras.

Otro aspecto que aumenta el deterioro de la misma y que casi no se menciona es la falta de acceso al servicio de alcantarillado y aseo por parte del Municipio de Suesca, que produce contaminación por la incorrecta disposición de residuos sólidos y vertimientos que terminan afectando directamente la calidad del aire, el suelo y el agua en la Laguna, siendo la falta de inversión por parte de los entes estatales uno de los factores que termina incidiendo en el incremento de la crisis ambiental en el país (Sánchez, 2002).

Las actividades agropecuarias que generan numerosos impactos y transformaciones en los suelos son prácticas tradicionales en las poblaciones que se asentaron dentro de áreas protegidas. Quienes llegaron a tales territorios naturales con el propósito de obtener una propiedad y encontrar la forma de subsistir optaron usualmente por un modo de explotación insostenible de los recursos que allí encuentran. Por lo tanto, son comunidades que presentan características de vulnerabilidad económica y social con derechos que frecuentemente no se reconocen a la hora de garantizar los objetivos de conservación propuestos por el estado (Cubillos, 2011; Lara, 2017; Fuentes, 2018), pues el marco legal existente posee numerosos vacíos y contradicciones que terminan creando un escenario de prevención, confusión, desconfianza y desarticulación que se refleja en conflictos ambientales altamente complejos y dinámicos (Lara, 2017; De Pourcq *et al.* 2018). Para la Reserva Hídrica Laguna de Suesca es evidente una gobernanza poco participativa y desigual que se presenta con respecto a la gestión del sistema, identificando fuertes contradicciones de las autoridades ambientales y las entidades territoriales que se adjudican responsabilidades entre sí. Por lo tanto, tampoco

existe una relación estable con la comunidad que fomente espacios de colaboración y conciliación.

Figura 4- 14. Extensión en hectáreas de los predios de la vereda Ovejeras aledaños a la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.

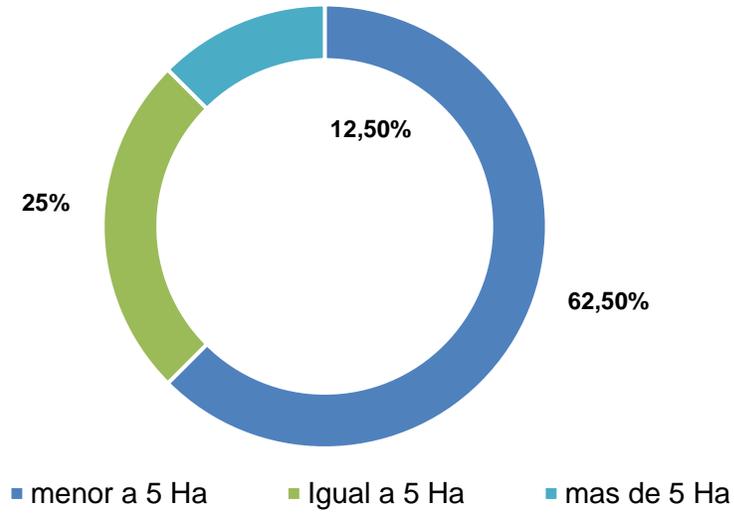
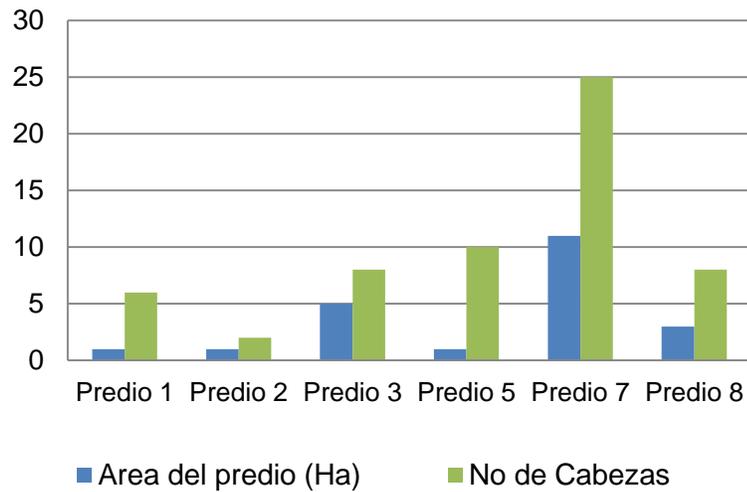


Figura 4- 15. Número de cabezas de ganado por predio según su extensión (hectáreas) en los terrenos de la vereda Ovejeras aledaños a la Reserva Hídrica Laguna de Suesca.



Tanto el manejo de los ecosistemas estratégicos y de las áreas protegidas en el país, como las entidades encargadas de su administración, enfrentan actualmente una crisis que se agudiza y apenas parece tomar relevancia. Algunos factores determinantes en la generación de esta crisis son el uso ineficiente de los recursos naturales renovables según determinados patrones de consumo, los bajos niveles educativos y la pobreza de gran parte de la población del país que influyen en la explotación intensa de estos recursos de una manera insostenible. También se pueden mencionar la alta demanda de la producción agropecuaria que ocasiona la deforestación de bosques y selvas, la ineficiencia de los mecanismos para regular la extracción y sobreexplotación de los recursos, así como la ineficiencia del cobro por daños ambientales, la poca investigación en conservación y la relación deteriorada entre el ser humano y su entorno natural que se basa en principios de uso indiscriminado y destrucción de los recursos (Departamento Nacional de Planeación, 1995; Sánchez, 2002).

A lo anterior se suma una legislación ambiental incompatible o confusa con respecto a las actividades de extracción y uso de los suelos que los habitantes pueden o no realizar en estos lugares (De Pourcq *et al.* 2018). Según lo estipulado para las zonas aledañas a Laguna en el acuerdo 48 del 2006, se espera que en ellas “*se prohíba o restrinja el ejercicio de actividades, tales como: vertimiento de aguas negras, uso de fertilizantes o pesticidas, cría de especies de ganado depredador y otras similares*” (...) (CAR, 2006). Por su parte, el EOT del Municipio de Suesca y el POT de de la Cuenca de los Ríos Ubaté y Suárez contemplan los usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos del suelo en el área circundante a la Laguna, por ser ésta un área protegida, disponiendo en la última categoría según el Acuerdo 16 de 1998 de la CAR, “*La prohibición de Usos agropecuarios, industriales y urbanos, loteo y construcción de viviendas, minería, disposición de residuos sólidos, tala y rocería de la vegetación, y cualquier otro que no se haya mencionado en los usos*” (...) (Alcaldía Municipal de Suesca Cundinamarca, 2002; CAR, 2005). De lo anterior, es importante destacar que la creación de las áreas protegidas no se realizó teniendo en cuenta sus particularidades sociales, culturales y económicas. Este esquema de conservación de áreas protegidas se cimentó en el modelo del Parque Yellowstone en Estados Unidos, que se basaba en la idea de conservar la naturaleza aislando al hombre de la misma (Rojas, 2014). Dicho

enfoque ocasiona el desplazamiento de las comunidades que habitan en zonas que poseen gran biodiversidad y de las que obtienen su medio de vida (McNeely, 1994), lo que establece un paradigma muy controvertido que genera fuertes discrepancias en los aspectos sociales, económicos, políticos y ecológicos.

Entonces, se presentan situaciones de disputa de terrenos, desalojos forzados o compensados y la prohibición de prácticas que afectan la integridad del sistema, que se tratan de resolver de acuerdo a las condiciones particulares que poseen algunos grupos sociales (De Pourcq *et al.* 2018). De este modo, si los campesinos hacen parte de una comunidad indígena o afrodescendiente disponen de un régimen particular que les garantiza cierta ventaja sobre la ocupación y disposición de dichas tierras, si las habitaban antes de la declaración del área protegida; esta condición es diferente para los campesinos que no pertenecen a determinados grupos étnicos (Fuentes, 2018). Sin embargo, como se puede corroborar en diversas situaciones, dichas garantías no siempre se reconocen; tal es el caso que exponen De Pourcq *et al.* (2018) sobre algunas comunidades indígenas y afrodescendientes que habitan en Parques Nacionales Naturales (PNNs) del Pacífico, a quienes administrativamente se les ha prohibido sus prácticas ancestrales y de subsistencia por ser actividades incompatibles con la conservación del ecosistema (Ley 70 de 1993, art. 22; Decreto 622 de 1977, art. 7). Esto viola claramente sus derechos (Tratado de la Organización Internacional del Trabajo de 1989, revalidado por Colombia a través de la Ley 21 de 1991), ya que se establecieron en esas áreas con anterioridad a la declaratoria de PNNs. De la misma forma, estos autores ponen en evidencia la falta de uniformidad y coherencia que se encuentra en las entidades públicas competentes a la hora de hacer cumplir la normatividad vigente en diferentes PNNs y áreas protegidas de todos los sectores del país; así por ejemplo, mencionan las numerosas propiedades en las tierras bajas del PPN Tayrona, con títulos legales otorgados por el Estado, que según el IGAG (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) dejarían de serlo próximamente, lo que provoca un conflicto inmediato por la disputa de la propiedad.

En este contexto, la delimitación de los predios, los linderos y los títulos de propiedad de los terrenos ubicados dentro del área de influencia de la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca es un tema sobre el que no hay claridad. Según la normatividad ambiental existente para la Reserva (Sentencia 619 de 2001 de la Corte Constitucional,

artículo 17 de la Ley 153 de 1887 y artículos 29-58 de la Constitución), el IGAC debe revisar y actualizar los títulos de propiedad en coordinación con la oficina de registro, pero algunos habitantes han ampliado la extensión de sus terrenos, al incluir áreas de la Laguna cuando se reduce su espejo de agua (CAR, 2001; CAR, 2008). Frente a esta circunstancia, los habitantes expresaron en las actas de las reuniones y en las entrevistas su total desconfianza y resistencia respecto a disposiciones como la modificación de sus títulos de propiedad o a la expropiación de sus tierras. Insinuaron que si es necesario responderían con violencia para no dejarse sacar de sus predios, de los que dependen para subsistir: *“¿Qué ha pasado porque en los certificados de libertad aun aparece con limitación al dominio?”* (...) (Unidad de desarrollo agropecuario, 2017). *“Aquí ya varios han tenido problemas para vender la tierra disque porque hicieron unos cambios en los títulos y como esto es ahora protegido ya esto no es de uno y no se puede vender”*. *“Yo y mi familia hemos vivido desde pequeñitos acá, mi papa cultivaba y ahora mi hermana y yo tenemos estos animales para vivir vendiendo la leche, por eso no nos vamos a dejar sacar de nuestra tierra así tenga que correr sangre”* (con. pers. con miembros de la comunidad).

En este aspecto, a través de conversaciones y de documentos facilitados por algunos habitantes, se encontró que en la Laguna ya se han propuesto y desarrollado programas de entidades gubernamentales y no gubernamentales para la modificación o el reemplazo de sus principales actividades económicas por prácticas que sean sostenibles ambientalmente y de las que puedan obtener ingresos.

Es aquí donde interviene el modelo de Pagos por Servicios Ambientales, que es un instrumento económico empleado frecuentemente para buscar una solución a diferentes conflictos dados por el uso del suelo en ecosistemas estratégicos del país (Albarracín, 2017; Rozo, 2017). Este mecanismo fue establecido, reglamentado y modificado por los Decretos 0953 de 2013, 870 de 2017 y 1007 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y busca la conservación de servicios de calidad y regulación hídrica, culturales y espirituales, la reducción y captura de gases de efecto invernadero y la conservación de la biodiversidad. El pago por servicios ambientales se define según el Artículo 4 del Decreto 870 de 2017 como *“El incentivo económico en dinero o en especie que reconocen los interesados de los servicios ambientales a los propietarios, poseedores u ocupantes de buena fe exenta de culpa por las acciones de*

preservación y restauración en áreas y ecosistemas estratégicos, mediante la celebración de acuerdos voluntarios entre los interesados y beneficiarios de los servicios ambientales” (...) (MADS, 2017). La intención de tal herramienta de gestión es ofrecer un acuerdo que permita favorecer tanto los intereses de conservación de los ecosistemas, al asegurar los beneficios de los servicios ecosistémicos que proveen, como los intereses de las comunidades que los habitan. Sin embargo, son pocos los casos en los que este modelo logra la intención planteada, pues surgen de nuevo elementos que no corresponden a la realidad de los sitios y de las comunidades implicadas, como el valor monetario asignado a los componentes naturales, la reducida extensión de los predios en estas poblaciones y el desconocimiento y falta de regulación general del esquema por parte de las instituciones del gobierno, entre otros (Albarracín, 2017). Por tal razón, para los habitantes de la Reserva Hídrica esta no fue una opción que consideraran viable o rentable, pues los ingresos obtenidos por año mediante esta propuesta dependen directamente de la extensión del área a conservar o restaurar y por ser en su mayoría minifundios, dichos ingresos son considerablemente bajos e insuficientes para sostenerse exclusivamente de tal mecanismo.

Por otra parte, también se ha considerado, y en algunos casos aplicado, la modificación de sus prácticas agropecuarias a modelos sostenibles a través de iniciativas silvopastoriles y sistemas de producción de agricultura ecológica a corto plazo. Aunque dichos programas fueron implementados y mostraron algunas ventajas sobre las prácticas tradicionales (p.e. mayor producción de leche), no fueron acogidos permanentemente por la comunidad ya que, como usualmente ocurre en esta zona, los programas municipales y de las entidades no gubernamentales y gubernamentales no tienen continuidad o incumplen los compromisos para el suministro o apoyo en la adquisición de los recursos necesarios y en la transferencia de tecnología. La falta de acompañamiento en el monitoreo de tales proyectos genera desconfianza e inseguridad en lo que representa para ellos la apuesta de reemplazar las prácticas que conocen, manejan y llevan desarrollando por décadas: *“han venido con proyectos para que cambiemos los cultivos o la cría del ganado, pero eso no dura mucho y cuando se acaba la plata se van, por eso se cansa uno menos y sale más barato seguirlo haciendo así”* (con. pers. con miembros de la comunidad).

La agroecología, el enfoque ecosistémico, la producción agroforestal y la agricultura ecológica son ciencias, estrategias y sistemas de gestión holísticos alternos al modelo de desarrollo actual, que favorecen la armonía y estrechan la relación entre la naturaleza y la actividad del hombre. Se basan en prácticas de manejo compatibles con la conservación y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, lo que a su vez optimiza la producción e incrementan el rendimiento de los agroecosistemas. Están implicados múltiples principios como la interacción de especies diversas, el diálogo y transmisión de saberes, el entendimiento de ciclo de nutrientes, el manejo eficiente de desechos, la reducción o restricción de pesticidas y fertilizantes, el manejo integrado de cultivos-ganado-bosque y la conservación del suelo y el agua, entre otros, que integran aspectos sociales, económicos y culturales en una sola dimensión (Palacios, 2001; Sicard, 2009; IDEAM, 2011; Álvarez *et al.*, 2016; Farrely, 2016). Sin embargo, se ha comprobado que para lograr la implementación exitosa de estos sistemas es vital la generación de redes, el fortalecimiento, el compromiso, la voluntad y la participación tanto de las instituciones públicas y privadas como de la comunidad, así como del apoyo, la contribución y los aportes de la academia y el aparato científico. Todos estos actores internos y externos tienen intereses económicos y sociales que convergen o se oponen y hacen parte de un conflicto complejo (ASOPECAM, S.F.; Sicard, S.F.; Villanueva *et al.*, 2011).

De acuerdo a lo expuesto con respecto a los elementos y aspectos de la gestión ambiental, en la Reserva Hídrica se identificó que, si bien se han realizado algunos esfuerzos para implementar políticas y acciones de mejora por parte de las entidades administrativas y ambientales del Estado, estas no han tenido el impacto, duración, ni el alcance suficiente para lograr el gobierno, el manejo y la gestión eficiente del ecosistema. Esto se debe en gran parte a que las políticas y normativas establecidas siguen modelos e ideales que no se ajustan a la realidad del contexto en el que se pretenden aplicar, lo que genera vacíos legales e incoherencias que producen un ambiente de tensión, incertidumbre y desconfianza entre los actores involucrados en este conflicto. A esto se suma la identificación de debilidades dentro y entre las mismas entidades responsables (falta presencia, compromiso, recursos e interés), que reflejan una fuerte desarticulación entre aquellos garantes de una gobernanza responsable y sostenible en este el territorio.

Por lo mismo, más allá de la implementación de medidas y planes de manejo ambiental, es necesario el fortalecimiento de las capacidades de los entes y la generación de

políticas y acciones basadas en una visión integral incluyente que reconozca la sociedad-naturaleza como un solo sistema, así como las particularidades del mismo, para fomentar espacios de discusión y participación colectiva, incluyente y real que generen vínculos fuertes entre quienes hacen parte del conflicto para iniciar el camino hacia una co-gobernanza y gestión exitosa del territorio.

4.3.2 Integración de los aspectos biofísicos en el análisis teórico de tipo ambiental

La crisis socioambiental que se enfrenta actualmente ha dejado entrever el desacierto de la visión con la que se han construido los modelos de desarrollo de las civilizaciones actuales. Es así que se encuentra una relación principalmente oportunista e inconsciente entre el ser humano y todo aquello que lo rodea, en la que protagoniza un papel de dominio, transformación y apropiación desnaturalizada e irracional de su entorno.

Según la información obtenida para la Reserva Hídrica Humeda Laguna de Suesca, tal conflicto resulta de la confluencia de diversos factores, entre los cuales se identificó, a través de las entrevistas con los habitantes, el establecimiento histórico de la comunidad en el área previo a su delimitación como área protegida en el 2006. Algunas familias llevan más de medio siglo habitando y desarrollando actividades económicas en el área, como cultivos y ganadería para su subsistencia, e igualmente han hecho un manejo y disposición de residuos con prácticas que han transformado y afectado el ecosistema de la Reserva Hídrica. Esto viene ocasionando una lucha de poderes e intereses entre los entes gubernamentales por una parte, como la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las Alcaldías Municipales, que tratan de implementar políticas ambientales que limitan los impactos de quienes que la habitan para procurar mantener la conservación del ecosistema, y la comunidad de otro lado, que se encuentra dentro del área de Reserva, donde subsisten a partir del uso de sus recursos, pero a costa de su degradación. De esta forma, se planteó un análisis de la relación entre el estado del cuerpo de agua, la matriz de suelo circundante (sus usos en las actividades económicas representativas que sus habitantes practican, confiriendo mayor importancia a la ganadería, ya que según las autoridades ambientales es la responsable principal del deterioro que sufre la Reserva en la

actualidad) y el componente de gestión ambiental que incluye algunas características históricas, culturales, sociales, económicas y políticas que se presentan en la cuenca.

Los resultados encontrados en el sistema acuático para el componente biológico evaluado (fitoplancton) indicaron una baja condición de deterioro en la calidad del agua en el periodo observado, lo que contradijo las expectativas de contaminación crítica esperada. Incluso se vio una leve mejoría de algunos factores fisicoquímicos, que en conjunto mantienen cierta estabilidad en la Laguna. Esto otorga resiliencia a las comunidades hidrobiológicas productivas ante las perturbaciones en el tiempo del sistema. En parte dichas perturbaciones tienen como origen las actividades antrópicas (agricultura y ganadería) que practican históricamente sus habitantes, con la respectiva modificación de la estructura y el uso del suelo, pero influyen también las características hidrológicas, climáticas y geomorfológicas naturales de la zona. En consecuencia, se identificó algún grado de degradación de la cuenca, reflejada en la drástica reducción en el espejo de agua, en la disminución de cultivos y en el aumento de áreas en pastos, con la concentración en el tiempo de la actividad pecuaria en áreas específicas, pero a su vez se observó el incremento notable de coberturas nativas que son fundamentales para la mejora en las condiciones del suelo y para la permanencia de la Laguna.

Las transformaciones vistas en la zona de estudio están relacionadas estrechamente con la historia, la cultura y las condiciones económicas de sus pobladores, quienes representan en gran parte al campesinado mestizo, que practicó por mucho tiempo la agricultura pero que por razones ya expuestas diversificó sus ingresos con la introducción de la actividad pecuaria. Ambas prácticas se desarrollan de manera convencional con el uso de escasa tecnología, que implica un modelo de producción insostenible ambientalmente, pues erosiona, contamina y agota los recursos, pero que es finalmente el que los campesinos conocen y manejan y que está dentro de sus posibilidades económicas y técnicas, pues fueron métodos afianzados por algunos proyectos de diferentes gobiernos. A pesar de ser un ecosistema habitado por décadas, cercano a la capital y a los municipios que tienen su jurisdicción, la presencia de los entes del estado en el territorio ha sido escasa y el apoyo para suplir las necesidades de sus pobladores ha sido mínimo, como se expuso previamente. Se reconoce la aparición en los últimos 20 años de un interés por parte de las entidades gubernamentales que tiene como objetivo principal la conservación del ecosistema, pues fue declarado como

área protegida bajo términos internacionales y estudios técnicos, pero sin considerar detenidamente los demás aspectos que actúan en esta dimensión y que son fundamentales para implementar unas medidas e instrumentos de manejo ambiental efectivos.

Al explorar y visibilizar las interconexiones que emergen de las relaciones entre los diferentes actores de este conflicto ambiental, se puede hacer un acercamiento a la comprensión de las causas, los efectos y las interacciones involucradas. Así, al despojarse de una visión utilitaria y fragmentada del sistema se logra comprender la diversidad que existe en esta dinámica entre individuo, sociedad y naturaleza bajo el enfoque del pensamiento ambiental y la ecología política.

La apropiación de la naturaleza por parte de los habitantes de la reserva Hídrica mediante el uso de sus recursos para la producción agropecuaria, refleja en las entrevistas realizadas una visión en la que reconocen su entorno natural como un elemento aparte de sí mismos. A pesar de que algunos propietarios mencionan que se preocupan por la conservación y protección del ecosistema, no hay control en la disposición de residuos en las inmediaciones por parte de extraños. Igualmente, ante la extracción de agua con carrotanques, la ampliación la frontera hacia la Laguna y la reforestación, en muchos caso con especies exóticas, no consideran que esto produzca impactos sobre el ecosistema acuático. Otro tanto se puede decir de la deforestación, las quemas, la contaminación por residuos y vertimientos, acciones que no creen que los afecte, pues no alteran su vida ni su bienestar directamente, a pesar de que dicen tener conocimiento del deterioro que enfrenta el ecosistema: *“Los que cuidamos la Laguna somos nosotros, hemos sembrado algunos árboles, vigilamos cuando viene gente extraña a tirar basura y le informamos a la CAR o a la Alcaldía de los que vienen a sacar el agua en las noches, pero nunca hacen presencia”*. *“Como la Laguna se ha secado, pues nos toca dejar a las vacas más abajo en el suelo nuevo para que aprovechen el pasto y el agua, pero igual las estamos moviendo entre potreros”*. *“Nosotros dejamos el estiércol de las vacas ahí, porque imagínese recoger todo eso, igual es abono para el suelo y si llega a la Laguna pues nosotros no tomamos de esa agua...”* (con. pers. con miembros de la comunidad). Esta perspectiva deja ver que en el escenario investigado ocurre una ruptura de la relación entre el ser humano y su entorno natural, que ocurre al asumir un pensamiento utilitarista, en el que se usan y se extraen los recursos con

desconexión del vínculo fundamental con la naturaleza. Dicha crisis se da en parte como resultado de la aplicación de un modelo de producción convencional que degrada los ecosistemas bajo un supuesto de desarrollo, ajeno a los modelos de producción ancestrales sostenibles ambientalmente de múltiples comunidades indígenas y afrodescendientes de Colombia y América, los cuales se deberían retomar o al menos adaptar a las condiciones locales.

Un referente importante se puede encontrar en las prácticas de algunas comunidades indígenas suramericanas, que han demostrado ser sistemas agroforestales dinámicos que involucran y manejan sus recursos disponibles con estrategias que se adaptan a sus condiciones naturales (Briñez, 2002). Según Acosta y Zoria (2012), las comunidades de la Amazonía colombiana poseen espacios para procesos productivos diversos llamados chagras, que lejos de ser primitivos y sencillos, son a la vez símbolos culturales en los que se intercambian saberes ancestrales y se mantiene una armonía con los ecosistemas donde se practica. Así también, los indígenas Ese'ejá de la Amazonía peruana, en sus chacras o espacios para la producción agropecuaria, desarrollan sus prácticas en áreas con alta diversidad en las que se conforman redes complejas de actividades que enriquecen las actividades productivas debido a las interacciones ecológicas dadas por las especies de fauna y flora que allí habitan. De tal manera obtienen los productos que les aseguran su autonomía, pero que a su vez comercializan e intercambian con el mundo occidental para diversificar sus ingresos manteniendo sus rasgos culturales (Ocampo y Rader, 2019). Por otra parte, en Buenaventura, algunas comunidades afrodescendientes han logrado mantener sus conocimientos ancestrales de producción agrícola solidaria mediante el manejo de sus suelos (zocala), rotando lotes y controlando plagas, que les asegura la conservación de sus sistemas naturales, el acervo genético y la autodependencia en su territorio (Rivas, 2012). Por supuesto, estos modelos de producción tradicional se han desarrollado en otro tipo de ecosistemas y bajo otras condiciones ambientales, pero sería posible al menos analizar las formas en que se podrían mejorar las prácticas agropecuarias en la Laguna de Suesca a la luz de estas experiencias sostenibles.

El modelo productivo actual en la Reserva Hídrica se asemeja al modelo convencional que desarrollan numerosas comunidades en el país, donde los sistemas de producción generan impactos que alteran el ecosistema, adoptado por la introducción de políticas,

programas y proyectos por parte de las instituciones gubernamentales basadas en su visión de “desarrollo”, en los que prevalece el trabajo individual, el uso de agroquímicos y paquetes tecnológicos, entre otros aspectos que han ido en detrimento no solo de los ecosistemas, sino de las mismas comunidades (Rivas, 2012, Loyola, 2016). Al respecto Yacoub *et al* (2005), resaltan cómo dichas políticas de desarrollo generan y refuerzan las condiciones de desigualdad en las comunidades más vulnerables, pues fueron establecidas para beneficiar a grandes empresas aun con el detrimento que causan sobre los recursos naturales, por lo cual resaltan la necesidad de reflexionar bajo el enfoque de la ecología política los costos económicos, sociales, la injusticia y la inequidad, realizando una crítica hacia las posiciones estáticas y positivistas que separan el conocimiento científico del ambiente.

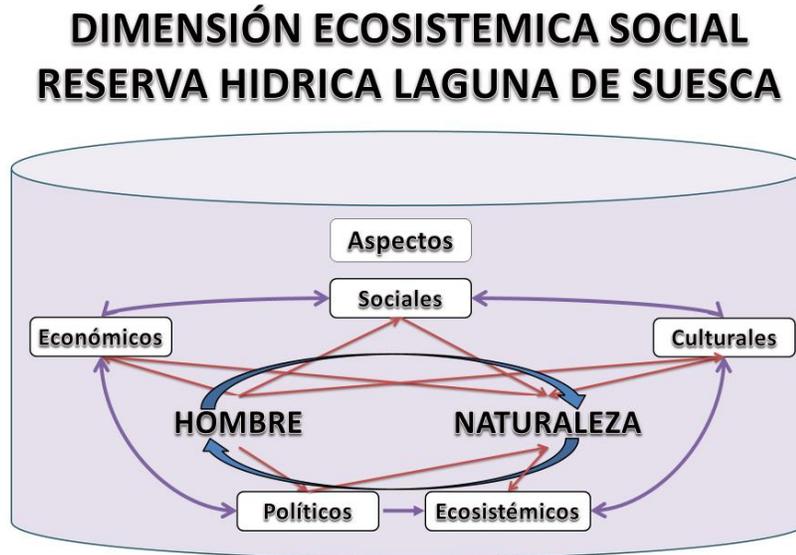
El gobierno, las entidades públicas y privadas, la academia y la sociedad en sí, no pueden continuar ignorando la crisis ambiental de la que en gran parte son responsables, entendida como la crisis misma del pensamiento (Benavidez *et al.*, 2015). Desde el pensamiento ambiental y desde la complejidad se requiere el planteamiento de un modelo de sostenibilidad ético, responsable, consciente, participativo, solidario, comprensivo y conciliador con la naturaleza, en el que el reconocimiento del otro debe ser uno de sus principales elementos (Juárez y Comboni, 2012). Desde los diferentes puntos de la ecología política, se contemplan y comparten varios aspectos que son fundamentales considerar, como la necesidad de una justicia socioeconómica, política y cultural que reduzca la desigualdad en términos de distribución de costos y beneficios, contemplar los aspectos históricos y las raíces, el manejo de la transdisciplinariedad e interdisciplinariedad, la construcción de alternativas por medio de la deconstrucción de la dicotomía naturaleza-sociedad, contextualizar las explicaciones ecológicas y políticas del comportamiento humano entorno al ambiente y mantener a la vista los discursos y la problematización de las políticas que afectan la realidad ambiental (Yacoub *et al.*, 2015).

De tal manera las comunidades podrán empoderarse de su territorio, con el cual han de generar nuevas relaciones de poder, resignificando los símbolos y el concepto de dominio por el de conocimiento, es decir, deben asumir nuevas formas de pensar, sentir y actuar. Desde lo normativo, es necesario replantear la imposición de legislaciones construidas bajo marcos políticos foráneos de otras escalas geográficas de actores estatales y no estatales, intransigentes, poco participativas y excluyentes, de dominio

absoluto y poder centralizado, para dar paso al planteamiento de nuevas políticas que se construyan desde la ética y justicia ambiental, con participación colectiva, inclusión e igualdad social (Leff, 2003; Peet y Watts, 2004, Benavidez *et al.*, 2015). Con ellas sería posible el acceso, manejo y control de los recursos en los territorios de las comunidades que dependen de estos, que son identificados como los factores que ocasionan conflictos de tipo ambiental (Martínez, 2002) y al mismo tiempo se garantizaría el reconocimiento de los derechos de las culturas a ser, existir y permanecer en armonía con la naturaleza.

Finalmente, con este estudio se encontró un entramado de múltiples aspectos sociales, políticos, administrativos, ecológicos, culturales y económicos que se contraponen e interactúan entre sí, formando parte de una dimensión (ecosistémica-social) en la que se establece una red que no es homogénea y se halla en constante cambio (Figura 4-16). Aquí se establece como característica fundamental el ser humano y naturaleza dentro de una misma dimensión (cilindro azul), donde se conectan y mantienen relaciones que cambian constantemente entre sí (flechas azules), de las cuales emergen diferentes aspectos económicos, sociales, culturales, políticos y ecológicos que interactúan entre ellos (flechas moradas), encontrando que a su vez dependen e influyen en las dinámicas del ser humano y la naturaleza (flechas rojas). Por lo tanto, el estudio y comprensión de este sistema complejo debe abordarse transdisciplinariamente y bajo el foco de las nuevas ciencias y enfoques emergentes (agroecología, ecología política, entre otras) que admiten el diálogo y el intercambio de saberes entre lo ancestral y lo científico, para que aporten al desarrollo de políticas que concedan justicia e igualdad a aquellos actores que hacen parte de la red, en especial los más vulnerables y así se logren unos objetivos de gobernanza participativa que permita la preservación de estos ecosistemas estratégicos de gran importancia para la región.

Figura 4- 16. Modelo de red para las dinámicas del conflicto en la Reserva Hídrica Laguna de Suesca, en la cual ser humano y naturaleza hacen parte de una misma dimensión ecosistémica social.



Desde esta perspectiva, aunque el grado del conflicto de la Reserva Hídrica Laguna de Suesca pueda considerarse de menor escala en comparación con los conflictos de otras áreas del país, es innegable que las condiciones de deterioro ambiental, desigualdad de poder, limitación al acceso y uso de los recursos, exclusión y tensión entre la comunidad y las instituciones del gobierno, expuestas en el presente trabajo, son hechos críticos que hacia el mediano plazo podrían traer implicaciones graves para esta región.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

A partir del análisis de la composición, abundancia, distribución e índices ecológicos del fitoplancton se pudo establecer que la Laguna de Suesca se encuentra en estado de mesotrofia, con una leve tendencia hacia la eutrofia debido a procesos naturales y antrópicos que históricamente se presentan en ella.

Las comunidades hidrobiológicas como el fitoplancton son buenas indicadoras de las condiciones y del estado trófico de un ecosistema acuático, ya que reflejan directamente los cambios en las condiciones físicas, químicas y ecológicas, tanto de la calidad del agua como de los elementos circundantes o externos a la misma.

El desarrollo de actividades antrópicas, especialmente de la agricultura y la ganadería, ha incidido directamente en la transformación, distribución, área de cobertura y condiciones del suelo de la Reserva Hídrica Laguna de Suesca a través del tiempo, al contribuir con los procesos de degradación (erosión, deforestación, contaminación hídrica y pérdida de área de la laguna) de la cuenca. Sin embargo, existen otros procesos que se vienen dando en el tiempo, como el incremento de las coberturas boscosas y de vegetación arbustiva nativa que pueden tener un efecto positivo sobre el ecosistema y la región. Desafortunadamente, estos cambios positivos solo ocurren algunos en sectores muy localizados de la cuenca que rodea la laguna

Si bien la actividad pecuaria ha influido en la modificación del ecosistema, es importante destacar que no es la única ni la principal responsable de las perturbaciones y el estado de deterioro que presenta la Laguna de Suesca, pues históricamente otras prácticas como la agricultura convencional se han llevado a cabo en la cuenca por tiempos más prolongados, lo que origina una fuerte alteración en las coberturas vegetales naturales.

El uso de herramientas de información geográfica (sensores remotos) resulta un elemento valioso y práctico, no solo para determinar las condiciones de suelo, la

variación de las coberturas y la conectividad del paisaje, sino para estimar otras características específicas (por ejemplo, las condiciones fisicoquímicas y biológicas) útiles para indicar la calidad de un ecosistema acuático. De esta manera, es factible hacer comparaciones y establecer posibles relaciones a través del tiempo entre el paisaje y los cuerpos de agua insertos en él, como se evidenció en la Laguna de Suesca.

La Laguna y la matriz circundante de la Reserva Hídrica han sufrido fuertes modificaciones naturales y antrópicas a través del tiempo. Sin embargo, el sistema en general presenta cierto grado de recuperación y resiliencia frente a las perturbaciones que han afectado sus condiciones naturales. Aun así, es necesario un cambio en las prácticas agropecuarias que allí se desarrollan y en las políticas que se implementan para su gestión.

Es evidente la desarticulación e incongruencia de las entidades territoriales y ambientales del Estado en la gestión ambiental del ecosistema Laguna de Suesca y de su cuenca. Esto se refleja en una gobernanza poco participativa y discontinua que intensifica el conflicto ambiental originado por la urgencia de implementar políticas de conservación, lo que termina vulnerando o ignorando los derechos de sus habitantes.

La falta de confianza y el poco acercamiento entre la comunidad y los entes del Estado son aspectos que influyen directamente en el conflicto ambiental de la Laguna de Suesca, pues incrementa la tensión entre los implicados y no permite establecer espacios de conciliación que habiliten la construcción de acuerdos justos y reales entre los actores para la gestión.

La desconexión y disociación del ser humano con la naturaleza es una de las razones que permite comprender la falta de equilibrio frente al uso y el manejo razonable de los bienes y servicios de los ecosistemas. Aunque los habitantes de la Reserva Hídrica Laguna de Suesca son conscientes del estado de deterioro de este ecosistema y reconocen los factores potenciales que lo degradan, no existe una relación sociedad-naturaleza estrecha y equilibrada, pues las actividades antrópicas que desarrollan tienden a romper el balance y a degradar la cuenca.

El conflicto ambiental que se presenta en el sistema Humedal Laguna de Suesca es una realidad compleja que debe abordarse bajo una visión amplia y transdisciplinaria. Es

necesario analizar las interrelaciones entre los aspectos sociales, culturales, económicos, ecológicos y políticos que allí intervienen, para lograr una priorización concertada que conduzca a una gestión del territorio participativa e inclusiva (redes de cooperación), que reconozca además los derechos e intereses del ecosistema, la comunidad y el Estado.

Si el modelo político, administrativo y económico del país se enfocara en el desarrollo realmente sostenible, en las potencialidades del territorio y en la construcción y el fortalecimiento de redes de apoyo, se podrían generar cambios trascendentales en la realidad que enfrentan numerosas comunidades que habitan en áreas protegidas o en ecosistemas estratégicos.

5.2 Recomendaciones

Se sugiere realizar un estudio más amplio en el área de interés que incluya varios puntos estratégicos de la laguna. De esta manera se tendría la representación de una mayor área del cuerpo de agua, pues las condiciones físicas, químicas y biológicas de este lago pueden ser muy diferentes según el lugar de muestreo.

De la misma forma, es recomendable incluir en los muestreos hidrobiológicos más factores fisicoquímicos y microbiológicos y otras comunidades como el zooplancton, los macroinvertebrados y las plantas acuáticas. Con esta inclusión de otros componentes del ecosistema se podría establecer la calidad del agua de una manera más certera y confiable y se podría conocer con mayor claridad la incidencia de otro tipo de actividades antrópicas que puedan afectar el estado de la Laguna.

Se sugiere validar y estandarizar los registros de las variables fisicoquímicas obtenidas *in situ* en el cuerpo de agua, con los datos estimados a través de sensores remotos con el fin de darle mayor robustez estadística a los resultados.

Sería conveniente profundizar en el uso de las herramientas de información geográfica (sensores remotos) para la estimación de la calidad del agua y el monitoreo de ecosistemas acuáticos, pues a través de los mismos se puede realizar un seguimiento eficiente de sus condiciones. Esto podría incluir numerosos aspectos físicos, químicos y

biológicos que no siempre es posible medir, pues requieren cierto grado de dificultad o pertenecen a un periodo de tiempo del cual no hay registros *in situ* previos.

Así también, la delimitación de las áreas protegidas debe realizarse bajo la concepción de las realidades y aspectos múltiples que convergen en una determinada región. En este sentido, los usos del suelo pueden ser determinantes en el estado de los ecosistemas y por ende en los conflictos ambientales que se presentan en todo el territorio colombiano.

Para lograr la gestión ambiental eficaz de un territorio o área protegida se hace necesario fortalecer las relaciones de los actores gubernamentales, de los gestores y veedores ambientales y de la sociedad civil, que para el caso de Suesca corresponde a las comunidades de campesinos. De esta manera será posible establecer espacios de discusión, inclusión y conciliación para la construcción de políticas justas y estables en el tiempo que tenga en cuenta los aspectos particulares de cada conflicto.

Para una gestión viable y acertada del territorio de interés es fundamental tener en cuenta el análisis, la integración y priorización de los aspectos económicos, culturales y sociales en la toma de decisiones y en la construcción de políticas ambientales del Estado.

Se recomienda para próximos estudios con enfoque ambiental, la profundización de los aspectos sociales y económicos de la comunidad, mediante la inclusión y cooperación con los que habitan el área protegida, empleando metodologías participativas que puedan dar mejores elementos de juicio y un panorama más detallado para la toma de decisiones en la gestión de su territorio, pues esto generaría un escenario de confianza y equidad entre los actores involucrados que podría afianzar sus relaciones.

Es urgente el apoyo, acompañamiento y atención de las entidades gubernamentales hacia las comunidades que se ven involucradas en conflictos ambientales, pues solo a través de acciones y proyectos económicos estables y rentables financiados o gestionados por el Estado se podrá generar la oportunidad del cambio en las prácticas

degradativas de dichas comunidades y en la recuperación o conservación de los ecosistemas.

6. Bibliografía

- ADESSA. (2006). *Plan de Manejo Humedal de Jaboque*. Bogotá: Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá.
- Acosta, L., & Zoria, J. (2012). Conocimientos tradicionales Ticuna en la agricultura de chagra y los mecanismos innovadores para su protección. *Revista del Museo Paranaense Emilio Goeldi*, 417-433.
- Agoglia, O. (2010). *La crisis ambiental como un proceso. Un análisis reflexivo sobre la emergencia, desarrollo y profundización desde la perspectiva de la teórica crítica. (Tesis de Doctorado)*. Universidad de Girona, Girona.
- Albarracín, O. (2017). *Análisis de los pagos por servicios ambientales como una herramienta para el fortalecimiento de la gestión ambiental en la Amazonia colombiana. El caso del Parque Nacional Natural Cahuinarí. (Tesis de Maestría)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Alcaldía Municipal de Suesca Cundinamarca. (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial Suesca Cundinamarca*. Suesca: Alcaldía Municipal de Suesca.
- Almanza, M., Parra, B., Bicudo, C., Figueroa, J., Urrutia, P., Lara, S., . . . González, S. (2016). *Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del Gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia*. Chile: Trama Impresiones.
- Alvarez, P., David, E., & Ojeda, P. (2016). La agroecología en Colombia: Bondades, Retos y Perspectivas. *Revista Agroecología Leisa*, 28-35.
- Angel, A. (1990). *Hacia una sociedad ambiental*. Bogotá: Labrador.

- Angel, A. (1995). *La fragilidad ambiental de la cultura*. Bogotá: Universidad Nacional - Instituto de Estudios Ambientales IDEA.
- Angel, A. (2004). *El enigma de Parménides: los laberintos de la metafísica: hacia una filosofía ambiental*. Manizales: Universidad Nacional - Instituto de Estudios Ambientales IDEA.
- APHA. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. New York: American Public Health Association.
- ASOPECAM. (s.f.). *Alianza Agroecologica*. Obtenido de <http://alianzaagroecologia.redelivre.org.br>
- Ba Diao, M. (2006). Producción ganadera y conservación en zonas protegidas y sus alrededores: Proyecto de ordenación integrada de ecosistemas en Senegal. *Revista internacional de silvicultural e industrias forestales*, 16-21.
- Banks, R., & Herrera, F. (1977). Effect of wind and rain on surface aeration. En R. Banks, & F. Herrera, *Lago de Chapala: Factores que controlan la producción de fitoplancton* (págs. 17-29). Mexico: Ingeniería - Hidráulica en México.
- Benavides, D., Gomez, J., G, M., & Vallejo, A. (2015). *Interconexión hombre-naturaleza vista desde la complejidad ambiental: un estudio sobre las epistemologías emergentes expresadas en narrativas sobre el saber y la práctica pedagógica de docentes de la Universidad Santo Tomás*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Bhatti, A., Nasu, S., Takagi, M., & Nojiri, Y. (2008). Assessing the potential of remotely sensed data for water quality monitoring of coastal and inland waters. *Bulletin of Kochi University of Technology*, 201-207.
- Bicudo, C., & Menezes, M. (2017). *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. Sao Carlos: RIMA.
- Blaikie, P., & Brookfield, H. (1987). *Land Degradation and Society*. Londres: Methuen.
- Blaikie, P., & Brookfield, H. (1987). *Land degradation and society*. London: Routledge.
- Botello, A., Rendon Von Osten, J., Gold, G., & Agraz, C. (2005). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. 2da Edición.

México: Universidad Autónoma de Campeche - Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.

Briñez, A. (2002). *Casabe: símbolo cohesionador de la cultura Uitoto*. Bogotá: Ministerio de Cultura.

Bryant, R., & Bailey, S. (1997). *Third World Political Ecology*. Londres: Routledge

Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agronomicas*, 117-124.

Calvachi, B., & Galindo, G. (2009). Lineamientos para el manejo y monitoreo de los humedales en la jurisdicción CAR. En CAR, *Humedales del territorio CAR, consolidación del sistema de humedales de jurisdicción CAR* (págs. 157-184). Bogotá: CAR.

CAR. (1998). *Proyecto de manejo ambiental de la Laguna de Suesca. Municipio de Cucunubá, Cundinamarca, Colombia*. Cucunubá: CAR.

CAR. (2001). *Plan de manejo ambiental de los sitios con potencial ecoturístico del municipio de Suesca*. Suesca: CAR.

CAR. (2004). *Proyecto de Restauración Ecológica de la Microcuenca Santa Helena en el Municipio de Suesca*. Suesca: CAR.

CAR. (2005). *Elaboración de los estudios de diagnóstico prospectiva y formulación para la Cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez (Departamento de Cundinamarca) Cuenca Laguna de Suesca 2401-01. Informe de la fase de diagnóstico Contrato de consultoría no. 800 d*. Bogotá: Unión Temporal Audicon, Ambiotec.

CAR. (2006). *Acuerdo no. 48 del 20 de noviembre de 2006*. Bogotá: CAR.

CAR. (2008). *Plan de manejo ambiental de la Reserva Hídrica de Suesca*. Bogotá: Brain.

CAR. (s.f.). *Proyecto de control de erosión laguna de Suesca vertiente occidental*. Bogotá: CAR.

- Cardenas, C. (2013). *El fuego y el pastoreo en el páramo húmedo de Chingaza (Colombia): efectos de la perturbación y respuestas de la vegetación. (Tesis de Doctorado)*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Carrasco, J. (2007). La ecología política como respuesta al problema medioambiental. *IX Coloquio Internacional de Geocritica 28 de mayo al 1 de junio* (págs. 1-14). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Caucalí. (1995). *Caracterización estructural y funcional de la comunidad perifítica de la Laguna de Suesca (Cundinamarca-Colombia). (Tesis de Pregrado)*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Caucalí, A. (1995). *Caracterización estructural y funcional de la comunidad perifítica de la laguna de Suesca (Cundinamarca-Colombia). Tesis de Pregrado*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Clarke, K., & Warwick, R. (2001). *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. United Kindom: Plymouth Marine Laboratory.
- Cockburn, A., & Rideway, J. (1979). *Political Ecology*. New York: Times Books.
- Coma, J., & Bonet, J. (2004). Producción ganadera y contaminación ambiental. *Nutrición y Alimentación Animal. XX Curso de Especialización FEDNA* (págs. 237-272). Barcelona: Sitio Argentino de Producción Animal.
- Corporación Ecológica SIE. (s.f.). *Proyecto diagnóstico y plan de recuperación y manejo de la cuenca de la Laguna de Suesca*.
- Cubillos, A. (2011). *El proceso de transformación del páramo de guerrero por sistemas de ganadería bovina. (Tesis de Maestría)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (1995). Crisis ambiental en Colombia. *Revista Planeación y Desarrollo*, 125-150.

-
- De Pourcq, K., Thomas, E., Van Dammme, P., & León, T. (2018). Análisis de los conflictos entre comunidades locales y autoridades de conservación en Colombia. Causas y recomendaciones. *Gestión y ambiente*, 122-139.
- Díaz, M. (2008). Conflicto de ocupación en áreas protegidas. Conservación versus derechos de comunidades. *Opinión Jurídica*, 53-69.
- Diniz, M., Oliveira, J., Trompieri, N., & Dniz, M. (2009). Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. *Nova Economia*, 121-151.
- Dirección de Desarrollo Territorial. (2004). *Información práctica para formulación de planes de ordenamiento territorial*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Donato, J. (2001). *Fitoplancton de los lagos andinos del norte de Sudamérica (Colombia). Composición y factores de distribución*. Bogotá: Guadalupe.
- Eastmond, A., & García, A. (2010). *Impacto de los sistemas agropecuarios sobre la biodiversidad*. México: Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente.
- Escobar, B. (1991). *Fitoplancton y aspectos fisicoquímicos de la laguna de Suesca (Departamento de Cundinamarca). (Tesis de Pregrado)*. Universidad Javeriana, Bogotá.
- Espitia, J. (2010). *Análisis de la aplicación del enfoque ecosistémico en la Estrategia de manejo ambiental de la cuenca Ubaté-Suárez implementada en la laguna de Fúquene durante el período 2007-2009*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, facultad de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad Programa de Relaciones Internacionales y Estudios Políticos.
- FAO. (2002). La agricultura mundial hacia los años 2015/2030. Informe resumido. Perspectivas por sectores principales. ROMA. Roma: FAO.
- FAO. (2002). *La agricultura mundial hacia los años 2015/2030. Perspectivas Para El Medio Ambiente*. Roma . Roma: FAO.

- FAO. (2006). *Livestock impacts on the environment*. New York: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farrely, M. (2016). La contribución de la agroecología a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Agroecología Leisa*, 19-83.
- Fuentes, A. (2018). *Alternativas para la formalización de derechos sobre la tierra para campesinos en parques nacionales naturales. (Tesis de Maestría)*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Galleros, R. (s.f.). *UNAM*. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3074/10.pdf>
- Garza, R., & Orio, A. (2016). Valoración de potencial ecológico en los embalses de la cuenca hidrográfica del Tajo (2008-2010), Confederación hidrográfica del Tajo. En A. Vélez, S. Lozano, & K. Cáceres-Torres, *Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la Cuenca Baja del Río Lurín, Lima, Perú* (págs. 69-79). Lima: Ecología Aplicada.
- Gomez, G., & Garcia, D. (1994). *Análisis geográfico y ambiental de la Laguna de Suesca con fines de planificación. (Tesis de Maestría)*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Gómez, J., & García, D. (2014). Determinación del parámetro sólidos sus-pendidos totales (sst) mediante imágenes de sensores ópticos en un tramo de la cuenca media del río Bogotá (Colombia). *UD y la Geomática*, 19-27.
- Greenpeace. (2008). Impacto de la ganadería en la Amazonia: Mato Grosso: estado de destrucción. *Revista Greenpeace*, 1-8.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica*, 1-9.
- Henao, A. (1987). El disco secchi y el estado trófico. *Revista Ainsa*, 67-79.

- Hernandez, S., & Carrizosa, F. (1965). *Estudio Batimétrico de la Laguna de Suesca*. Bogotá: CAR.
- Hydrocerón Ltda; Geoamérica Ltda; CAR. (2006). *Estudio hidrogeológico con el fin de establecer la posible interacción entre las aguas subterráneas y la laguna de Suesca, para determinar si existen fugas que originen descensos en los niveles de agua y desecamiento en la laguna*. Bogotá: CAR.
- Ibañez, G. (2012). *Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la sub cuenca del Río San Pablo en el canton La Mana, provincia de Cotopaxi. (Tesis de Pregrado)*. Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Colombia: IDEAM.
- IDEAM. (2011). *Sistemas agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña, Caso piloto, Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático –INAP– componente B*. Bogotá: IDEAM.
- IGAC & CORPOICA. (2002). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. Capítulo IV Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia*. Bogotá: Corpoica - IGAC.
- IGAC. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca: Mapas Técnicos*. Bogotá: IGAC.
- INFOAGRO. (1999). *Recuperación de la Laguna de Suesca Provincia de Almeidas. Contrato de obra pública No. 008 – 99*. Bogotá: Gobernación de Cundinamarca, Secretaría de Medio Ambiente de Bogotá.
- Jaramillo, U, Cortés, J., & Florez, C. (2015). *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Jiménez, P., Toro, B., & Hernández, E. (2014). Relación entre la comunidad de fitoperifiton y diferentes fuentes de contaminación en una quebrada de los Andes

- colombianos. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 49-66.
- Juárez, J., & Comboni, S. (2012). Epistemología del pensamiento complejo. *Reencuentro*, 38-51.
- Krejcie, R., & Morgan, D. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 607-610.
- Ladino, G. (2011). Dinámica del Carbono en estanques de peces. *Orinoquia*, 48-61.
- Lara, D. (2017). *El enfoque socio-ecosistémico aplicado a la evaluación de conflictos en los humedales interiores de Colombia. (Tesis de Maestría)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Leff, E. (2003). La ecología política en América Latina. Un campo en construcción. *Revista Latinoamericana*, 1-24.
- Leff, E. (2009). Pensamiento Ambiental Latinoamericano: Patrimonio de un Saber para la Sustentabilidad. *Sección Filosofía Ambiental Sudamericana*, 1-15.
- Lim, J., & Choi, M. (2015). Assessment of water quality based on Landsat 8 operational land imager associated with human activities in Korea. *Environmental Monitoring Assessment*, 187-384.
- Lipietz, A. (2008). *Food or Fuel?* Obtenido de <http://lipietz.net/Food-or-fuel>
- Loyola, J. (2016). Conocimientos y prácticas ancestrales y tradicionales que fortalecen la sustentabilidad de los sistemas hortícolas de la Parroquia de San Joaquín. *Revista, de Ciencias de la Vida*, 29-42
- MADS. (2012). *Conflictos ambientales en Colombia: retos y perspectivas desde el enfoque de DDHH y la participación ciudadana*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- MADS. (2013). *Decreto 0953 de 2013. Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, modificado por el artículo 210 de la Ley 1451 de 2011*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- MADS. (2017). *Decreto 870 de 2017*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. (2018). *Decreto 1007 de 2018. Por el cual se modifica el Capítulo 8 del Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1076 de*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Marquéz, G. (1996). *Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental*. Bogotá: FEN.
- Marquez, G., & Acosta, L. (1994). *Programa de Protección de ecosistemas estratégicos*. Obtenido de <http://www.ocaribe.org/pdcaribe/proteccion-de-ecosistemas>
- Martínez, J. (2002). *The Environmentalism of the Poor. A Study of Ecological Conflicts and Valuation*. Ginebra: Naciones Unidas.
- Martínez, D., & Pinto, D. (2018). *Evaluación de la pérdida del espejo de agua en la Laguna de Suesca a través de imágenes satelitales. (Tesis de Pregrado)*. Universidad de la Salle.
- McNeely, J. (1994). Áreas protegidas para el siglo XXI: Trabajando para proporcionar beneficios a la sociedad. *Unasylva*, 1-7.
- Mora, M., Ríos, L., Ríos, L. y Almario, J. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería Y Región*,; 1-12.
- Morin, E. (1998). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Morin, E. (1999). *La epistemología de la complejidad*. París: L'Harmattan.
- Muñoz, C., Aranguren, N., & Duque, S. (2017). Morfología funcional del fitoplancton en un lago de alta montaña tropical: Lago de Tota (Boyacá-Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 669-683.
- Murgueitio, E. (2003). *Murgueitio E. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución*. Cali: Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles.

- Nava, C. (2012). *El pensamiento ambientalista. En Ciencia, ambiente y derecho*. México: UNAM.
- Nava, C. (2013). *Ciencia, ambiente y derecho. Capítulo Séptimo: El pensamiento Ambientalista*. México: Universidad Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Noguera, P. (2009). AUGUSTO ANGEL MAYA: Poeta-Filósofo del Pensamiento Ambiental Latinoamericano. *Sección Filosofía Ambiental Sudamericana*, 1-9.
- Nygaard, G. (1949). Hydrobiological studies in some ponds and lakes. Part II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter*, 1-293.
- Ocampo, C. (2019). ¿TIERRAS OCIOSAS O PRODUCTIVAS? (El impacto y el significado cultural de la agricultura indígena de la Amazonía peruana). *Debate Agrario*, 44-195.
- O'Connor, J. (2002). ¿Es posible el capitalismo sostenible? En H. Alimonda, *Ecología política* (págs. 22-52). Buenos Aires: Clacso.
- Palacio, C. (2006). Breve guía de introducción a la Ecología Política (Ecopol): orígenes, inspiradores, aportes y temas de actualidad. *Gestión y Ambiente*, 7-20.
- Palacios, M. (2001). La Agricultura Ecológica y la Red Nacional de Agricultura Ecológica (REDAE). En T. Sicard, *Relaciones Agricultura – Ambiente en la degradación de tierras en Colombia* (págs. 1-15). Bogotá: IDEA.
- Paredes, G. (2012). *Diagnóstico sobre los factores que afectan la participación del Sistema de Parques en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Bogotá: MADS.
- Parques Nacionales de Colombia. (20 de 04 de 2013). *ABC del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP. Parques Nacionales*. Bogotá: Parques Nacionales de Colombia. Obtenido de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/porque-el-sistema-nacional-de-areas-protegidas-es-un-sistema/>

-
- Parra, O., Dellarossa, M., Rivera, P., & Orellana, M. (1982). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de aguas Continentales. Volumen III: Cryptophyceae, Dynophyceae, Euglenophyceae*. Concepción: Universidad de Concepción, Chile.
- Parra, O., González, M., Dellarossa, V., & Orellana, M. (1983). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de aguas Continentales. Volumen V: Chlorophyceae. Parte II: Zygnematales*. Concepción: Universidad de Concepción, Chile.
- Parra, O., Gonzalez, M., & Dellarossa, V. (1983). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de aguas Continentales. Volumen V: Chlorophyceae. Parte I: Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales y Ulothricales*. Concepción: Universidad de Concepción, Chile.
- Parra, O., González, M., Dellarossa, V., Rivera, P., & Orellana, M. (1982). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de aguas Continentales. Volumen I: Cyanophyceae*. Concepción: Universidad de Concepción, Chile.
- Pérez, J., Vekasco, J., & Reyes, L. (2014). *Estudios sobre Agricultura y conocimiento tradicional en México*. Mexico: Universidad Autónoma del estado de México.
- Peet, R., & Watts, M. (2004). Liberating Political Ecology. En R. Peet, & M. Watts, *Liberation Ecologies* (págs. 1-47). Londres: Routledge.
- Pinilla, G. (2017). *Prácticas de Limnología: guías de laboratorio y campo*. Bogotá: Universidad Nacional .
- Pinilla, G., Canosa, A., & Niño, J. (2002). Gradientes físicos y químicos del fitoplancton de los embalses de Neusa y Prado y la Laguna de Fùquene. (Colombia). *Boletín Ecotrópica*, 9-26.
- Porras, H. (2014). *Amazonas libre de ganadería: incoherencia entre las políticas públicas y la normatividad. (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional, Bogotá.
- Porras, Y. (2015). Representaciones sociales sobre la crisis ambiental de profesores de química en formación inicial de la Universidad Pedagógica Nacional. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 37-55.

- Pulido, P. (2015). *El fitoplancton en la determinación del estado trófico del Humedal el Salitre (Bogotá D.C., Colombia) en épocas climáticas contrastantes*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Pulido, P., & Pinilla, A. (2017). Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. *Revista de la Academia de Ciencias Exactas, físicas y Naturales*, 41-50.
- Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce, aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Ramírez, A., & Plata, Y. (2008). Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta Biológica Colombiana*, 199-216.
- Reynolds, C. (1997). Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 919.
- Ritchie, J., Zimba, P., & Everitt, J. (2003). *Remote Sensin techniques to Assess Water Quality: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Houston: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Rivas, A. (2012). *Azoteas y huertos de las mujeres de la comunidad Veneral del Carmen del río Yurumanguí*. Bogotá: SENA.
- Rivera, C., Pérez, M., Morales, D., Ovalle, H., & Álvarez, J. (2010). Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 1-16.
- Rivera, P., González, O., Dellarossa, V., & Orellana, M. (1982). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de aguas Continentales. Volumen IV: Bacillariophyceae*. Concepción: Universidad de Concepción, Chile.
- Robbins, P. (2007). *Encyclopedia of Environmento and Society*. Los Ángeles: Sage Publications.
- Robbins, P. (2012). *Political ecology: a critical introductions to geography*, Wiley-Blackwell, West Sussex.

-
- Rodríguez, P., Delgado, J., & Briñez, A. (2016). Cambios en el paisaje inducidos por dinámicas Socioeconómicas: un estudio de caso cartográfico en una Microcuenca del norte del Tolima (1955 a 2010). *Luna Azul*, 3-14.
- Rojas, Y. (2014). La historia de las áreas protegidas en Colombia, sus firmas de gobierno y las alternativas para la gobernanza. *Revista Sociedad y Economía*, 155-176.
- Roldan, P. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia, Colección Ciencia y Tecnología.
- Romero, J. (2009). *Calidad del agua (3ra ed.)*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rozo, Y. (2017). *Pago por Servicios Ambientales como alternativa para la conservación del servicio ambiental hídrico provisto por el Páramo de Rabanal. (Tesis de Maestría)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Salazar, M., Naundorf, G., & Medina, M. (2011). Composición, dinámica y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de una laguna con aguas de origen volcánico. *Revista Luna Azul*, 46-60.
- Sánchez, G. (2002). *Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia*. Bogotá: Fundación Universitaria Autónoma de Colombia.
- Secretaría de la Convención Ramsar. (2006). *Manual de la convención Ramsar: Guía de la convención sobre los humedales (Ramsar. Irán, 1971), 4a. Edición*. Gland: Secretaría de la Convención Ramsar.
- Sejenovich, H., Slutzky, B., Cabrera, S., & Aguirre, P. (2012). *Rescatando la historia perdida. El pensamiento ambiental latinoamericano a la luz de las contradicciones actuales del desarrollo*. Buenos Aires: ENGOV.
- Serrato, O. (2007). *Seguimiento a la restauración de la vegetación en las parcelas experimentales establecidas en la microcuenca Santa Helena, laguna de Suesca, con el fin de identificar tratamientos de restauración de la vegetación exitosos para replicar en otras microcuenc.* Bogotá: CAR.

- Sicard. (2009). Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. *Agroecología*, 7-17.
- Sicard, T. (s.f.). *Relaciones Agricultura – Ambiente en la degradación de tierras en Colombia*. Bogotá: IDEA.
- Simons, T. (1984). *Effect of outflow diversión on circulation and water quality of Lake Chapala*. México: Report Project MKX CWS-01.
- Szott, L., Ibrahim, M., & Beer, J. (2000). *The hamburger connection hangover: cattle pasture and land degradation and alternative land use in Central america*. Costa rica: CATIE.
- Toledo Jt, A., Talarico, M., Chinez, S., & Agudo, E. (1983). *A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais*. CAmboriú: Anales del 12° congreso de ingenieria sanitaria y ambiental .
- Unidad de Desarrollo Agropecuario. (2017). *Acta n° 1 de reunion Laguna de Suesca del 27 de mayo de 2017*. Suesca: Alcaldía de Suesca.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen desInternationalen. Limnologie*, 1-38.
- Vasquez, C., Ariza, A., & Pinilla, G. (2006 a). Descripción del estado trófico de diez humedales del Altiplano Cundiboyacense. *Universitas Scientarum*, 61-75.
- Vasquez, G., Castro, G., Pérez, I., & Castro, T. (2006 b). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *Contactos*, 41-48.
- Vélasquez, J., Jimenez, G., & Sepulveda, M. (2007). Determinación de la calidad ambiental de la Ciénaga Colombia. Caucasia-Antioquia-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 187-199.
- Vélez, A., Lozano, S., & Caceres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la Cuenca Baja del Río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 69-79.

Villanueva, C., Sepúlveda, C., & Ibrahim, M. (2011). *Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería*. Turrialba: CATIE.

Wetzel, R., & Likens, G. (2000). *Limnological analyses*. New York: Springer-Verlag.

Wetzel, R. (2001). *Limnology: lake and river ecosystem*. San Diego: Academic Press.

Wolf, E. (1987). *Las luchas campesinas del Siglo XX-siglo XXI*. México: Instituto de Desarrollo Económico Y Social.

Yacoub, C., B, .., & Boelens, R. (2015). *Agua y ecología política. El extractivismo en la agroexportación, la minería y las hidroeléctricas en Latinoamérica*. Quito: Justicia Hídrica

Conflictos ambientales por uso del suelo en un ecosistema estratégico:
Actividad pecuaria en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca

Chlorophyta	<i>Volvox sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
Euglenophyceae	<i>Euglena sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2
Euglenophyceae	<i>Euglena sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7
Euglenophyceae	<i>Phacus sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas sp 1</i>	0,0	7,6	8,9	1,0	1,3	2,0	41,7	10,6	0,0	5,7	0,0	0,0	28,2	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,5
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	2,4	0,0	2,8	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,1	3,0	18,5
Ochrophyta	<i>Achnanthes sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	0,0	101,2	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	2,0	109,9	
Ochrophyta	<i>Anomoeoneis sp cf</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	1,1	1,0	1,1	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	
Ochrophyta	<i>Aulacoseira sp</i>	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
Ochrophyta	<i>Ceratoneis sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	19,0
Ochrophyta	<i>Ceratoneis sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	9,5
Ochrophyta	<i>Cocconeis sp</i>	0,0	0,0	2,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	9,1	
Ochrophyta	<i>Cymatopleura sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,0	
Ochrophyta	<i>Cymbella sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,3	
Ochrophyta	<i>Cymbella sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	10,5	
Ochrophyta	<i>Encyonema sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	0,0	0,0	22,3	
Ochrophyta	<i>Epithemia sp</i>	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	
Ochrophyta	<i>Eunotia sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,9	1,1	0,0	9,1	
Ochrophyta	<i>Eunotia sp 2</i>	0,0	2,5	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	3,4	1,4	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	
Ochrophyta	<i>Eunotia sp 3</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	4,0	
Ochrophyta	<i>Frustulia sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	
Ochrophyta	<i>Gomphonema sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	8,3	
Ochrophyta	<i>Gomphonema sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	
Ochrophyta	<i>Gyrosigma sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	
Ochrophyta	<i>Melosira sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	10,5	
Ochrophyta	<i>Navicula sp 1</i>	0,0	1,3	0,0	3,9	1,3	2,0	1,3	5,9	17,2	0,0	0,0	2,2	9,1	7,4	0,0	4,5	6,1	4,0	1,0	3,3	3,0	73,4
Ochrophyta	<i>Navicula sp 2</i>	0,0	2,5	0,0	1,0	0,0	0,0	7,8	5,9	0,0	15,6	6,8	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,9	1,1	0,0	56,3
Ochrophyta	<i>Navicula sp 3</i>	0,0	1,3	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	16,7	
Ochrophyta	<i>Navicula sp 4</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	
Ochrophyta	<i>Navicula sp 5</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	
Ochrophyta	<i>Nitzschia sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	3,1	1,3	0,0	2,3	21,3	10,2	0,0	22,1	11,6	0,0	11,4	3,0	2,0	63,7	0,0	5,0	163,9
Ochrophyta	<i>Nitzschia sp 2</i>	2,1	0,0	0,0	5,9	1,3	0,0	5,2	22,3	3,4	2,8	11,3	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	30,9	0,0	103,4	
Ochrophyta	<i>Nitzschia sp 3</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	0,0	2,3	0,0	3,4	0,0	1,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	12,7
Ochrophyta	<i>Nitzschia sp 4</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	
Ochrophyta	<i>Nitzschia sp 5</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	4,3	0,0	8,6	5,0	1,1	0,0	3,4	0,0	1,0	0,0	0,0	25,6	

Ochrophyta	<i>Nitzschia sp 6</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
Ochrophyta	<i>Pinnularia sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	2,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
Ochrophyta	<i>Pinnularia sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
Ochrophyta	<i>Pseudostaurosira sp cf</i>	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	1,3	0,0	178,2	0,0	1,1	3,2	0,0	0,0	1,5	9,1	10,1	0,0	3,8	3,3	0,0	214,6
Ochrophyta	<i>Rhoicosphenia sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	164,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2107,1	0,0	0,0	2271,9
Ochrophyta	<i>Rhoicosphenia sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1157,7	0,0	0,0	1157,7
Ochrophyta	<i>Surirella sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
Ochrophyta	<i>Surirella sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
Ochrophyta	<i>Surirella sp 3</i>	0,0	1,3	0,0	3,9	0,0	8,2	1,3	0,0	12,6	0,0	0,0	3,2	4,0	0,0	1,5	3,4	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	41,4
Ochrophyta	<i>Synedra sp 1</i>	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	1,3	2,4	0,0	1,4	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
Ochrophyta	<i>Synedra sp 2</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
Ochrophyta	<i>Ulnaria sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Ochrophyta	<i>Morfoespecie 1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
Pyrrophytophyta	<i>Peridinium sp cf</i>	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
Xanthophyta	<i>Tribonema sp cf</i>	23,8	14,0	0,0	4,9	0,0	11,2	7,8	0,0	4,6	2,8	1,1	0,0	6,0	2,1	0,0	6,8	2,0	0,0	0,0	0,0	11,1	98,3
Morfoespecie	<i>Morfoespecie 2</i>	0,0	0,0	0,0	4,9	1,3	0,0	0,0	2,4	8,0	0,0	4,5	4,3	0,0	3,2	1,5	4,5	2,0	5,0	0,0	0,0	1,0	42,6
Morfoespecie	<i>Morfoespecie 3</i>	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7
Morfoespecie	<i>Morfoespecie 4</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
Morfoespecie	<i>Morfoespecie 5</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	1,1	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	23,8	0,0	0,0	2,0	36,5
Morfoespecie	<i>Morfoespecie 6</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
Morfoespecie	<i>Morfoespecie 7</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0
	Total	47,5	34,4	566,9	122,6	195,4	153,2	600,6	73,1	634,7	75,4	56,5	61,3	101,6	49,5	14,8	60,2	35,5	47,5	3430,4	47,4	29,4	6438,1

B. Anexo: Variables físicas y químicas medidas en la Reserva Hídrica Humedal Laguna de Suesca

Los números corresponden a los sitios a lo largo del litoral de la laguna y las letras a las estaciones en el sentido perpendicular a la línea de costa (ver Figura 3-2).

Sitio	Disco Zecchi (cm)	Conductividad	Solidos suspendidos	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Saturación oxígeno (mg/L)	pH	Redox	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Amonio (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO ₅
1A	50	495	786	15,6	5,38	75,7	8,1	227	0,018	0,03	0,55	2,1	30	0,15
1B	55	489	769	15,5	5,7	80,2	7,7	222,3	0,014	0,05	0,48	2,07	21	0,08
1C	59	493	779	15,1	6,52	92	7,8	228,8	0,013	0,03	0,46	2,15	26	0,28
2A	70	492	779	15,8	5,82	82,2	7,7	221,4	0,013	0,03	0,56	2,09	30	0,16
2B	72	493	777	16,5	6,43	90,3	7,8	227,8	0,007	0,03	0,6	2,17	30	0,08
2C	90	493	763	15,7	6,62	93,4	7,8	225,6	0,011	0,03	0,52	2,02	28	0,27
3A	100	496	777	16	6,43	91,2	8	232,8	0,01	0,05	0,45	2,15	32	0,27
3B	110	493	776	15,5	6,87	96,5	8,1	321	0,009	0,02	0,41	2,07	30	0,28
3C	89	498	793	15,7	6,87	96,9	8	232,2	0,009	0,07	0,44	2,15	31	0,1
4A	57	492	777	16,1	6,9	98,2	8	246,8	0,01	0,05	0,39	2,12	31	0,21
4B	100	492	766	15,9	6,92	98,1	8	239,1	0,015	0,03	0,42	2,18	32	0,07
4C	115	495	774	16	7	99,5	8,2	230,3	0,012	0,04	0,44	2,1	31	0,13
5A	100	492	771	17,8	6,56	97	8	256,3	0,013	0,07	0,49	2,13	34	0,1
5B	135	494	788	16,7	6,78	97,9	8	253	0,017	0,06	0,48	2,1	33	0,13
5C	156	495	781	16,1	6,91	98,3	8,6	250	0,011	0,04	0,44	2,06	32	0,09
6A	75	492	793	16,2	6,69	95,4	8,9	243,7	0,012	0,04	0,49	2,09	33	0,17
6B	100	493	788	15,8	6,97	98,5	8,1	237,4	0,01	0,07	0,47	2,17	32	0,03
6C	78	496	805	15,6	6,98	98,31	8,1	234,7	0,013	0,04	0,5	2,12	31	0,06
7A	60	495	799	15,8	6,81	96,2	8,1	236,6	0,009	0,04	0,4	2,1	32	0,15
7B	82	497	804	14,7	7,03	96,8	8,2	274,3	0,009	0,05	0,44	2,07	32	0,26
7C	100	498	809	15,1	7,12	98,8	8,2	235,8	0,007	0,04	0,43	2,03	32	0,48

