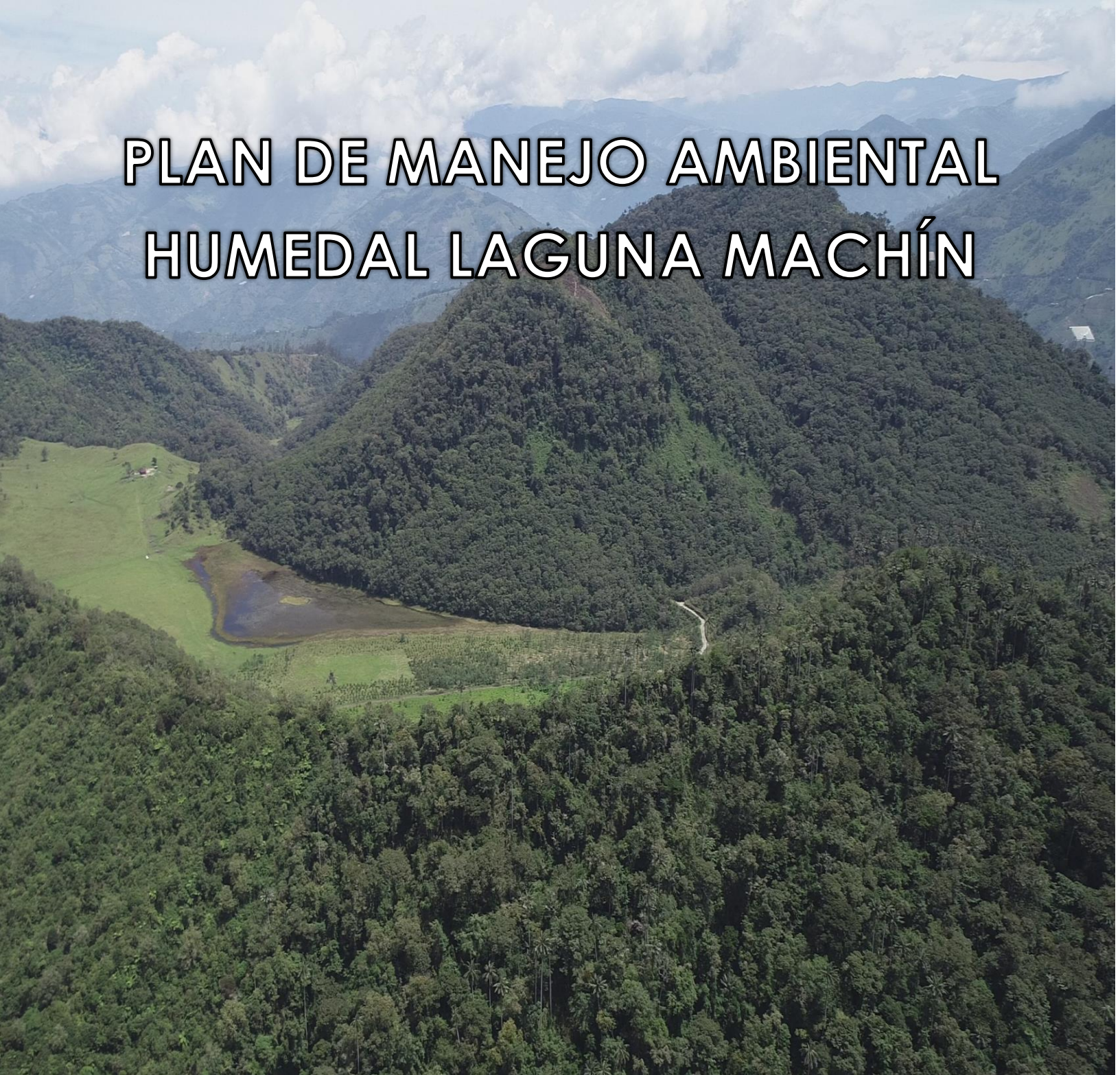


PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN



República de Colombia

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Corporación Autónoma Regional del Tolima, CORTOLIMA

JORGE ENRIQUE CARDOSO RODRIGUEZ

Director General

LUIS FERNANDO POVEDA

Subdirector planeación y gestión tecnológica

Supervisión

Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima

FRANCISCO ANTONIO VILLA NAVARRO

Coordinador del proyecto

GLADYS REINOSO FLÓREZ

Coordinadora General

SERGIO LOSADA PRADO

Coordinador

GIOVANY GUEVARA CARDONA

Coordinador

DIANA CAROLINA MONTOYA OSPINA

Coordinadora Técnica del Proyecto

Fotografías texto

Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima (GIZ, 2019)

Diseño y Diagramación

DIANA CAROLINA MONTOYA OSPINA

CORTOLIMA

Nit: 890.704.536-7.

PBX: +57(8) 265 5378 - 2654553

Dirección: Av. Ferrocarril Calle 44 Esquina - Ibagué, Colombia.

Universidad del Tolima

Nit 890.700.640-7

PBX +57(8) 2 771212

B. Santa Helena Parte Alta. A.A. 546 - Ibagué, Colombia.

EQUIPO TÉCNICO

Gladys Reinoso Flórez	Coordinadora Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima
Francisco Antonio Villa Navarro	Coordinador del Proyecto
Sergio Losada Prada	Coordinador
Giovanny Guevara Cardona	Coordinador
Diana Carolina Montoya Ospina	Coordinadora Técnica del Proyecto
Juan Diego Marín Herrera	Geomática
Julián Zúñiga Upegui	Área: Análisis Socioeconómico
Héctor Cruz	Área: Fotografías aéreas
Daniel Ramírez Cottes	Área: Flora
Gladys Reinoso Flórez Edison Jahir Duarte Ramos	Área: Plancton y Calidad del agua
Gladys Reinoso Flórez Diana Carolina Vargas	Área: Macroinvertebrados acuáticos
Francisco Antonio Villa Navarro Diana Carolina Montoya Ospina	Área: Ictiología
Andrés Viuche	Área: Herpetología
Sergio Losada Prado Jessica Nathalia Sánchez Guzmán	Área: Ornitología
Gladys Reinoso Flórez Katiuska Fonseca Prada	Área: Mastozoología
Juan Pablo García Poveda Fernando Poveda	Subdirección de Planeación. Áreas Protegidas. CORTOLIMA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
MARCO TEÓRICO	10
NORMATIVIDAD	18
OBJETIVOS	25
CAPÍTULO 1: LOCALIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN	26
1. LOCALIZACIÓN	27
1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	27
1.2. CLASIFICACION Y CATEGORIZACION DEL HUMEDAL.....	29
CAPÍTULO 2: COMPONENTE FÍSICO	31
2. COMPONENTE FÍSICO	32
2.1. GEOLOGIA DE SUELOS	32
2.2. GEOMORFOLOGÍA DE SUELOS.....	32
2.3. COBERTURA Y USO DE SUELOS	32
2.4. CLIMA	32
2.5. HIDROLOGÍA.....	33
CAPÍTULO 3: COMPONENTE BIÓTICO	34
3.1. FLORA.....	35
3.1.1. MARCO TEÓRICO	35
3.1.2. METODOLOGÍA	37
3.1.3. FLORA PRESENTE EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN.....	39
3.2. FAUNA.....	66
3.2.1. MARCO TEÓRICO	66
3.2.2. METODOLOGÍA	77
3.2.3. FAUNA PRESENTE EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN.....	87

CAPÍTULO 4: CALIDAD DEL AGUA	128
4. COMPONENTE CALIDAD DE AGUA	129
4.1. MARCO TEÓRICO.....	129
4.2. METODOLOGÍA	133
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	135
CAPÍTULO 5: COMPONENTE SOCIAL Y ECONÓMICO	139
5. COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	140
5.1. METODOLOGÍA	140
5.2. CONTEXTO POLÍTICO ADMINISTRATIVO DEL HUMEDAL	141
5.3. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA	143
5.4. CARACTERIZACIÓN SOCIAL.....	149
5.5. PROSPECTIVA.....	151
CAPÍTULO 6: COMPONENTE AMBIENTAL	155
6. COMPONENTE AMBIENTAL.....	156
6.1. INTRODUCCIÓN	156
6.2. METODOLOGÍA	157
6.3. CALIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	160
6.4. ANÁLISIS COMPONENTE AMBIENTAL	164
CAPÍTULO 7: VALORACIÓN Y EVALUACIÓN.....	166
7. VALORACIÓN Y EVALUACIÓN	167
7.1. EVALUACIÓN ECOLÓGICA	167
7.2. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL.	170
CAPÍTULO 8: ZONIFICACIÓN DEL HUMEDAL	173
8. ZONIFICACIÓN DEL HUMEDAL	174
8.1. Aspectos Conceptuales.....	175
8.2. Aspectos metodológicos.....	180
8.3. Zonificación Ecológica y Ambiental.....	184

CAPÍTULO 9: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	190
9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	191
9.1. INTRODUCCIÓN	191
9.2. METODOLOGÍA.	192
9.3. VISIÓN.	194
9.4. MISIÓN.	194
9.5. OBJETIVOS.	195
9.6. TIEMPOS DE EJECUCIÓN.	195
9.7. ESTRATEGIAS	195
9.8. PROGRAMAS Y PROYECTOS	200
9.9. EVALUACIÓN DEL PLAN DE MANEJO	214
9.10. PLAN DE TRABAJO ANUAL	216
BIBLIOGRAFÍA.....	219

INTRODUCCIÓN

Los humedales son considerados ecosistemas muy sensibles a la intervención de origen antrópico, en Colombia son vitales dentro de la amplia variedad de ecosistemas y al ofrecer distintos bienes y servicios, constituyen en un reglón importante de la economía nacional, regional y local (Ministerio del Medio Ambiente [MMA], 2002). Los humedales sirven para mitigar los impactos generados por el ciclo hidrológico de una región y, paralelamente, proveen de hábitat a distintos organismos, incluyendo aquellas especies que recurren a la migración como estrategia adaptativa. Proveen de hábitat, alimento, refugio, y áreas de crianza y reproducción a un elevado número de especies de peces, aves, anfibios, reptiles, mamíferos e invertebrados. Son reconocidos por su alto nivel de endemismos, en particular de peces e invertebrados, por su fauna altamente especializada y por ser refugio de una gran diversidad de especies de aves migratorias. Los humedales tienen también un papel ecológico muy importante en el control de la erosión, la sedimentación y las inundaciones; en el abastecimiento y depuración del agua, y en el mantenimiento de pesquerías. En la actualidad estos sistemas han reducido su extensión considerablemente debido al drenado y relleno de sus áreas para diferentes usos (Aguilar, 2003).

Su afectación obedece a distintos factores, generalmente antrópicos. Uno de ellos ha sido la inadecuada planificación y el uso de técnicas nocivas, así la ejecución de políticas de desarrollo sectorial inconsistentes y desarticuladas (MMA, 2002). Con el fin de detener la pérdida de humedales se han desarrollado distintas iniciativas, una de ellas es la Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, adoptada en Ramsar en 1971 (Sánchez, 1998). Igualmente, la Agenda 21 plantea como prioridad para los recursos de agua dulce la protección de los ecosistemas y la ordenación integrada de los recursos hídricos (MMA, 2002).

La declinación en la producción de las especies acuáticas en general se ha asociado a la pérdida de diversos tipos de hábitat estuarinos y ribereños, como la vegetación acuática sumergida, vegetación marginal halófila, sustratos someros lodosos, arrecifes ostrícolas y restos de vegetación arbórea. Sin embargo, la declinación en el tamaño de las poblaciones de

igual manera es causada por una serie de procesos biológicos, geológicos, físicos y químicos, tales como la alteración física de los hábitats, la modificación de los influjos de agua dulce y la contaminación crónica o accidental (Barba, 2004). Los humedales poseen atributos o valores intrínsecos que los distinguen de otros ecosistemas y es ahí donde reside su gran importancia en el sistema vital del planeta y el hecho de detentar la máxima consideración desde el punto de vista de la conservación (Viñals, 2004).

Situaciones como la agricultura intensiva, la urbanización, la contaminación, la desecación, sobreexplotación de recursos y la introducción de especies foráneas, han afectado los procesos naturales que se dan en los humedales convirtiéndolos en ecosistemas frágiles con pérdida de capacidad productiva. Las acciones antrópicas sobre los humedales tienen efectos negativos tanto en las especies silvestres, como en las mismas comunidades humanas, ya que se ven afectado los servicios ecosistémicos de los cuales se benefician (Lasso, Gutiérrez y Morales-B., 2014).

Debido a la alteración de estos ecosistemas el Estado propone su protección mediante la Ley 99 de 1993, en su artículo 5 numeral 24, donde establece la responsabilidad del Ministerio del Medio Ambiente en relación con los humedales, y menciona que: "le corresponde regular las condiciones de conservación y manejo de ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos continentales". El Ministerio del Medio Ambiente adopta esta responsabilidad por medio de la Resolución 157 del 12 de febrero de 2004, y en su artículo 4, dispone en relación con el Plan de Manejo Ambiental, que las Autoridades Ambientales competentes deberán elaborarlos y ejecutarlos para los humedales prioritarios de su jurisdicción, los cuales deberán partir de una delimitación, caracterización y zonificación para la definición de medidas de manejo, con la participación de los distintos interesados. Así mismo, el Plan de Manejo Ambiental deberá garantizar el uso sostenible y el mantenimiento de su diversidad y productividad biológica (Resolución 196 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 01 de febrero de 2006).

En el departamento del Tolima se registran como los humedales más importantes 300 lagunas de cordillera, de origen glaciar, localizadas en la cordillera central en áreas de los Parques Nacionales Naturales y numerosas lagunas y sistemas de humedales en las zonas bajas principalmente en la

zona de vida Bosque seco Tropical del departamento. A pesar de esta variedad de humedales en el departamento del Tolima, solo se han realizado evaluaciones iniciales de los humedales ubicados en el Parque Natural Nacional Los Nevados, en su área amortiguadora y en áreas bajas del departamento. Los relictos de humedales que se ubican en el Valle del Magdalena, con excepción de la valoración ecológica realizada por Camargo y Lasso (2002).

Teniendo en cuenta lo anterior y consciente de la importancia de los humedales, de la fauna y flora que los caracteriza, la Corporación Autónoma del Tolima CORTOLIMA y Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) ha considerado muy relevante desarrollar el proyecto de estudio de cinco humedales ubicados en las zonas bajas y altas del departamento del Tolima cuyo objetivo es la caracterización de la fauna y flora presente en ellos y generar la línea base para plantear el Plan de Manejo para su conservación.

MARCO TEÓRICO

LOS HUMEDALES.

Existen más de cincuenta definiciones de humedales (Dugan, 1992) y los expertos debaten la conveniencia de acuñar una de uso general (Scott y Jones, 1995). El Ministerio del Medio Ambiente ha adoptado la definición de la Convención Ramsar, la cual establece: “...son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, Lagunas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Scott y Carbonell, 1986).

Cowardin, Carter, Golet y LaRoe (1979) sugirieron que los humedales fueran reconocidos por su carácter de interfaz entre los sistemas terrestres y acuáticos. Por otro lado, Farinha et al. (1996) ofrecieron criterios operativos, como los siguientes: El límite entre tierra con cobertura vegetal predominantemente hidrofítica y aquella con cobertura mesofítica o xerofítica; el límite entre suelo predominantemente hídrico y aquel predominantemente seco; en aquellos sitios en donde no hay ni suelo ni vegetación, el límite entre la tierra que es inundada o saturada con agua en algún momento del año y aquella que no lo es.

Las funciones ecológicas y ambientales de los humedales colombianos representan numerosos beneficios para la sociedad. En primer término, son sistemas naturales de soporte vital, y base de actividades productivas y socioculturales, tales como economías extractivas basadas en el uso de muchas especies, a través de la pesca artesanal y de sustento, caza y recolección y el pastoreo y la agricultura en épocas de estiaje (Ministerio del Medio Ambiente - Instituto Alexander Von Humboldt, 1999). Sin embargo, los humedales no han merecido atención prioritaria, siendo entonces ignorada su contribución a la economía del país.

Por su naturaleza, los humedales son ecosistemas altamente dinámicos, sujetos a una amplia gama de factores naturales que determinan su modificación en el tiempo aún en ausencia de factores de perturbación. Sus atributos físicos, principalmente hidrográficos, topográficos y edáficos son constantemente moldeados por procesos endógenos tales como la

sedimentación y la desecación y por fenómenos de naturaleza principalmente exógena, tales como avalanchas, el deslizamiento de tierras, las tormentas y vendavales, la actividad volcánica y las inundaciones tanto estacionales como ocasionales.

Se puede decir que un humedal degradado es un humedal que ha perdido algunos de sus valores o funciones o todos ellos a causa de la desecación, por tanto, hay varias buenas razones para iniciar actividades de restauración y rehabilitación de humedales degradados. En esencia, se trata de las mismas razones para conservar los humedales naturales: las valiosas funciones y servicios que prestan. Vale la pena establecer una definición para los términos valores y funciones de los humedales. Las funciones son procesos químicos, físicos y biológicos o atributos del humedal que son vitales a la integridad del sistema y que operan sean o no considerados importantes para la sociedad. Los valores son atributos del humedal que no son necesariamente importantes a la integridad del sistema pero que son percibidos como de importancia a la sociedad. La importancia social de las funciones y valores de un humedal se define como el valor que la sociedad le asigna a una función o valor evidenciado por su valor económico o reconocimiento oficial (Adamus, Danielson y Gonyaw, 1991).

Pese a que es muy difícil restaurar humedales exactamente como eran antes de su conversión y que incluso puede ser imposible, existen muchos ejemplos de proyectos de restauración que han restablecido al menos algunas de estas funciones y valores. Debido a la dificultad que conlleva un proceso de restauración, es indispensable determinar el criterio de éxito de la misma desde un comienzo y en forma detallada. Otra limitante es la ausencia de información sobre el estado de los humedales antes de ser impactados.

LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y LA REHABILITACIÓN AMBIENTAL.

Las perturbaciones naturales son un elemento integral de los ecosistemas de todo tipo. Estas perturbaciones afectan la composición y estructura de los ecosistemas, generando cambios permanentes y una dinámica propia. La velocidad de recuperación de los ecosistemas depende de varios factores, pero principalmente de la magnitud y frecuencia. Muchos modelos extractivos y productivos de pequeña escala generan impactos

comparables con las perturbaciones naturales, de los cuales se recuperan fácilmente, la capacidad de un ecosistema para recuperarse de estos cambios se conoce bajo el término de resiliencia: entre mayor resiliencia mayor capacidad de recuperación a las perturbaciones (Samper, 1999).

Con la perturbación de un ecosistema se produce un cambio en la estructura, usualmente representada en una reducción en el número de especies y complejidad del ecosistema. Al mismo tiempo se puede producir un impacto sobre la función, por ejemplo, la reducción en la capacidad de reciclaje de nutrientes. En sentido estricto, la restauración de un ecosistema implica el retorno a la estructura y función original. El problema conceptual es como definir el ecosistema original, sobre todo si tenemos en cuenta que todos los ecosistemas cambian con el tiempo.

En el estudio de los ecosistemas se tiene en cuenta su composición de especies, su estructura y su funcionamiento (procesos), porque en últimas la restauración ecológica es un tipo de manejo de ecosistemas que apunta a recuperar la biodiversidad, su integridad y salud ecológicas. La biodiversidad es su composición de especies (principalmente de los productores primarios, las plantas), la integridad ecológica es su estructura y función y la salud ecológica es su capacidad de recuperación después de un disturbio (resistencia a disturbios y resiliencia), lo cual garantiza su sostenibilidad.

En consecuencia la capacidad de restaurar un ecosistema dependerá de una gran cantidad de conocimientos, como por ejemplo: el estado del ecosistema antes y después del disturbio, el grado de alteración de la hidrología, la geomorfología y los suelos, las causas por las cuales se generó el daño; la estructura, composición y funcionamiento del ecosistema preexistente, la información acerca de las condiciones ambientales regionales, la interrelación de factores de carácter ecológico cultural e histórico: es decir la relación histórica y actual entre el sistema natural y el sistema socioeconómico, la disponibilidad de la biota nativa necesaria para la restauración, los patrones de regeneración, o estados sucesionales de las especies (por ejemplo, estrategias reproductivas, mecanismos de dispersión, tasas de crecimiento y otros rasgos de historia de vida o atributos vitales de las especies), las barreras que detienen la sucesión y el papel de la fauna en los procesos de regeneración (Vargas, 2007).

El éxito en la restauración también dependerá de los costos, de las fuentes de financiamiento y voluntad política de las instituciones interesadas en la restauración; pero ante todo de la colaboración y participación de las comunidades locales en los proyectos.

- **Restauración ecológica.** La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SERI por sus siglas en inglés) define la restauración ecológica como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido” (SERI, 2004). En otras palabras, la restauración ecológica es el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región. Se entiende que las dinámicas naturales deben estar dirigidas a la recuperación, no de la totalidad sino de los componentes básicos de la estructura, función y composición de especies, de acuerdo a las condiciones actuales en que se encuentra el ecosistema que se va a restaurar (SERI, 2004).

La visión ecosistémica implica que lo que debe retornar a un estado predisturbio son las condiciones ecológicas que garantizan la recuperación de la composición estructura y función del ecosistema y que recuperan servicios ambientales. Desde este punto de vista la restauración es un proceso integral de visión ecosistémica tanto local, como regional y del paisaje, que tiene en cuenta las necesidades humanas y la sostenibilidad de los ecosistemas naturales, seminaturales y antrópicos (Vargas, 2007).

El valor de usar la palabra restauración desde el punto de vista ecosistémico es que nos ayuda a pensar en todos los procesos fundamentales de funcionamiento de un ecosistema, especialmente en los procesos ligados a las sucesiones naturales (Cairns, 1987), sus interacciones y las consecuencias de las actividades humanas sobre estos procesos.

- **Rehabilitación.** Varios autores utilizan la palabra rehabilitación como sinónimo de restauración. Pero en realidad su uso presenta diferencias. La rehabilitación no implica llegar a un estado original. Por esta razón la rehabilitación se puede usar para indicar cualquier acto de mejoramiento desde un estado degradado (Bradshaw, 2002), sin tener como objetivo final producir el ecosistema original. Es posible que podamos recuperar la función ecosistémica, sin recuperar completamente su estructura, en este caso se realiza una rehabilitación de la función ecosistémica, muchas veces incluso

con un reemplazo de las especies que lo componen (Samper, 2000). En muchos casos la plantación de árboles nativos o de especies pioneras dominantes y de importancia ecológica puede iniciar una rehabilitación.

- **Revegetación.** Es un término utilizado para describir el proceso por el cual las plantas colonizan un área de la cual ha sido removida su cobertura vegetal original por efecto de un disturbio. La revegetación no necesariamente implica que la vegetación original se reestablece, solamente que algún tipo de vegetación ahora ocupa el sitio. Por ejemplo, muchas áreas que sufren disturbios son ocupadas por especies invasoras que desvían las sucesiones a coberturas vegetales diferentes a las originales (Vargas, 2007).

ESTRATEGIA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE HUMEDALES

La restauración es un componente de la planificación nacional para la conservación y uso racional de los humedales. De acuerdo con la 8ª reunión de la Conferencia de las partes implicadas en la convención sobre humedales Ramsar (2002) se establecen principios y lineamientos para la restauración de humedales en el documento RAMSAR COP8 Resolución VIII.16.

A continuación, se enuncian algunos principios de consideración en los proyectos de restauración de humedales:

1. Comprensión y declaración clara de metas, objetivos y criterios de rendimiento.
2. Planificación detenida para reducir posibilidades de efectos secundarios indeseados.
3. Examen de procesos naturales y condiciones reinantes durante la selección, preparación y elaboración de proyectos.
4. No debilitar esfuerzos para conservar los sistemas naturales existentes.
5. Planificación a escala mínima de cuenca de captación, sin desestimar el valor de hábitats de tierras altas y los nexos entre estos y hábitats propios de humedales.

6. Tomar en cuenta principios que rigen la asignación de recursos hídricos y el papel que la restauración puede desempeñar en el mantenimiento de las funciones ecológicas de los humedales.
7. Involucrar a todos los interesados directos en un proceso abierto
8. Gestión y monitoreo continuos (custodia a largo plazo).

Lograr la restauración o rehabilitación de un humedal requiere en primer lugar del restablecimiento del régimen hidrológico, lo cual depende de actividades que consisten principalmente en eliminar obras de infraestructura que impidan el flujo de agua al humedal, o tubos y canales que drenan el agua de este. Sin embargo, la regulación hídrica del humedal también se relaciona con actividades que conciernen al control de la entrada de sedimentos, residuos sólidos y flujos contaminantes y la reconfiguración geomorfológica del sitio.

El régimen hidrológico puede recuperarse de manera indirecta si se controla la calidad del agua a partir de las concentraciones de nutrientes, la explotación de acuíferos y manantiales abastecedores, si se mantiene la cobertura vegetal en las partes altas de las cuencas. Dado que el aporte de sedimentos está relacionado con el régimen hidrológico, en ocasiones es necesario construir gaviones o estructuras de retención de suelo. En otros casos se deben quitar las presas que retienen el sedimento o construir playas y dunas protectoras (Vargas, 2010).

Otro de los factores relacionados con el ambiente físico es la restitución de la microtopografía del sustrato porque determina la variación de factores como el potencial de oxidoreducción y temperatura, y/o la distribución y establecimiento de las especies. Las especies vegetales de los humedales son susceptibles a variaciones pequeñas en el relieve del sustrato en escalas de centímetros a metros (Collins, Perino y Vankat, 1982; Titus, 1990). La reconformación física del humedal involucra técnicas de empleo de maquinaria y manuales para estabilizar la geoforma y al mismo tiempo propiciar la heterogeneidad en el relieve.

En segundo lugar, es necesario el control de especies invasoras acuáticas, semiacuáticas y terrestres. Esto puede realizarse a través de métodos como el entresacado manual o la remoción con maquinaria liviana. Es conveniente hacerlo antes del establecimiento de especies vegetales nativas ya que es otra de las barreras a la restauración. El establecimiento

de especies vegetales en los humedales tiene dos alternativas metodológicas (Lindig-Cisneros y Zedler, 2005):

- *Métodos de diseño*: Esta aproximación toma en cuenta la estrategia de historia de vida de las especies como el factor más importante en el desarrollo de la vegetación en un sitio.
- Esta estrategia enfatiza aproximaciones intervencionistas basadas en resultados predecibles ya que involucra la selección e introducción de especies con implementación de medidas necesarias para su permanencia.
- *Métodos de autodiseño*: Consisten en permitir que las comunidades vegetales se organicen espontáneamente dejando que las especies se establezcan de manera natural colonizando el sitio. El restaurador puede plantar especies vegetales o no, pero las condiciones ambientales naturales determinarán la permanencia de la vegetación (Middleton, 1999).

Al igual que los métodos de diseño la creación de hábitats para la fauna requiere de la selección de especies vegetales de acuerdo a las especies animales. Restablecer la vegetación de los alrededores del humedal involucra sembrar especies nativas que sirvan como barrera, perchas vivas y refugios. Al final del proceso es imprescindible restablecer también la vegetación de los alrededores. Algunos criterios para el manejo de la cobertura vegetal terrestre de un humedal son: diseño de las plantaciones, diversidad de especies, conectividad interna, atractivos (perchas y árboles de fructificación), condiciones edáficas, alternancia de corredores, estratificación, protección de la franja litoral, zonas de recreación y vegetación de transición.

Dentro de los atributos o variables de medición recomendables en el monitoreo de la restauración de humedales se reconocen los siguientes (Callaway, Sullivan, Desmond, Williams y Zedler, 2001):

- *Hidrología*: Régimen de inundación, nivel freático, tiempo de retención de agua, caudales de entradas y salidas, tasas de flujo, elevación, sedimentación y erosión.
- *Calidad del agua*: Temperatura del agua y oxígeno disuelto, pH, turbidez y estratificación de la columna de agua, nutrientes.
- *Suelos*: Contenido de agua, textura, salinidad, densidad aparente, pH, potencial de reducción, contenido de materia orgánica, nitrógeno total,

nitrógeno inorgánico, procesos del nitrógeno, descomposición, sustancias tóxicas.

- *Vegetación acuática*: Porcentaje de cobertura, composición de especies, etapas de sucesión.
- *Vegetación terrestre*: Mapeo, cobertura y altura de plantas vasculares, arquitectura del dosel, tamaño de parches y distribución de especies particulares, biomasa epigea, biomasa hipogea, estimación visual de algas y tipo dominante, concentración de nitrógeno en tejidos.
- *Fauna*: Tasa de colonización, composición de especies, densidad, estructura poblacional, crecimiento, periodos de migración, anidación y cuidado de crías, relación reptiles/mamíferos. Entre los grupos considerados como indicadores biológicos para realizar el seguimiento de estos parámetros se encuentran los Macroinvertebrados acuáticos, peces y aves acuáticas.

NORMATIVIDAD

Desde finales de la década de los 80 y principios de los 90 se empezaron a gestionar en Colombia los primeros pasos para la conservación de los humedales del país. En este sentido, en 1991, durante la Segunda Reunión de los Miembros Sudamericanos de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el Programa Mundial de Humedales de la UICN convocó un taller en donde se recomendó la realización de otros talleres de Humedales en cuatro países de la región para la elaboración de la Estrategia Nacional de Conservación de los humedales.

Posteriormente, en 1992 se llevó a cabo en Bogotá, el Primer Taller Nacional de Humedales, en el cual se construyó de manera informal un Comité *ad hoc* con el fin de canalizar acciones tendientes a la conservación de estos ecosistemas (Naranjo, 1997).

Con la creación del Ministerio del Medio Ambiente mediante la Ley 99 de 1993, se reorganizó el sistema nacional encargado de la gestión ambiental y en la estructura interna del Ministerio se creó una dependencia específica para el tema de los humedales. En 1996, esta dependencia generó un documento preliminar de lineamientos de Política para varios ecosistemas, incluyendo los humedales. Un año más tarde, el Ministerio del Medio Ambiente realizó una consultoría con el Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt con el fin de proporcionar las bases técnicas para la formulación de una política nacional de estos ecosistemas acuáticos. Los resultados de dicha consultoría hacen parte de la publicación “Humedales Interiores de Colombia, Bases Técnicas para su conservación y Desarrollo Sostenible”. En este mismo sentido, el Ministerio realizó en 1999 un estudio que identificó las prioridades de gestión ambiental de varios ecosistemas, entre ellos los humedales.

Por otra parte, en el plano internacional, el Ministerio del Medio Ambiente realizó desde su creación las gestiones políticas y técnicas para que el Congreso de la República y la Corte Constitucional aprobaran la adhesión del país a la Convención Ramsar. Lo anterior se logró mediante la Ley 357 del 21 de enero de 1997, produciéndose la adhesión protocolaria el 18 de junio de 1998.

La Convención Ramsar (2000), plantea que la perturbación de los humedales debe cesar, que la diversidad de los que permanecen debe conservarse, y, cuando sea posible, se debe procurar rehabilitar o restaurar aquellos que presenten condiciones aptas para este tipo de acciones.

Por medio de la Resolución 196 de 2006 se adopta la Guía Técnica para la Formulación, Complementación o Actualización, por parte de las autoridades ambientales competentes en su área de jurisdicción de los Planes de Manejo para los humedales Prioritarios en Colombia y para la delimitación de los mismos. Así mismo, la conservación de estos ecosistemas es prioritaria para cumplir con los objetivos de protección contemplados en otros tratados internacionales de los cuales Colombia es parte, como por ejemplo el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

En el párrafo 1 del artículo 3 de la Convención Ramsar se estipula que **“Las Partes Implicadas deberán elaborar y aplicar su plantificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, y en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio”**.

Con este propósito, en la 7ª COP (Conferencia de las Partes) celebrada en Costa Rica en 1999, se aprobaron los *Lineamientos para Elaborar y Aplicar Políticas Nacionales de Humedales*, en los cuales se mencionan los siguientes elementos para lograr su conservación:

- Fijación de objetivos de conservación de humedales en las políticas gubernamentales
- Fortalecimiento de la coordinación y la comunicación entre los organismos gubernamentales
- Creación de más incentivos a la conservación de los humedales
- Fomento de un mejor manejo de humedales después de su adquisición o retención
- Conocimientos más elaborados y su aplicación
- Educación dirigida al público en general, a los decisores, los propietarios de tierras y al sector privado.
- Fomento de la participación de las organizaciones no gubernamentales y las comunidades locales.

Colombia cuenta con herramientas adecuadas para la protección y conservación de los humedales y es así como a partir de su Constitución

Política de 1991 se “eleva el medio ambiente a la calidad de derecho constitucional colectivo, estableciendo derechos y deberes de la sociedad en relación con el manejo y protección de los recursos naturales, instando como elemento constitucional el desarrollo sostenible y asignando funciones de protección ambiental a diferentes autoridades del poder público”.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Connotación Legal de los humedales	La ley les ha dado la connotación de espacio público, lo que los destina a satisfacer necesidades colectivas para su protección y los demás cuerpos de agua integrantes del sistema hídrico de las regiones; creándose la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental de la ronda, que también hace parte del espacio público.
Regulación de Carácter Nacional Decreto 1355 de 1970	Decreto 1355 de 1970. Art.1: Son ilegales los rellenos y la desecación de los humedales, por esto las autoridades ambientales, pueden solicitar a las alcaldías, entes municipales y distritales, detener los rellenos y la invasión de la zona de ronda o protección alrededor de estos sistemas, que es hasta de 30 m.
Convención RAMSAR, 1971 Comunidad Internacional	Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas
Decreto-Ley 2811 de 1974 Congreso de Colombia	Código de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente Art. 8 , literal f- considera factor de contaminación ambiental los cambios nocivos del lecho de las aguas. Literal g, considera como el mismo de contaminación la extinción o disminución de la biodiversidad biológica. Art.9 Se refiere al uso de elementos ambientales y de recursos naturales renovables. Art.137 Señala que serán objeto de protección y control especial las fuentes, cascadas, lagos y otras corrientes de agua naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección. Art 329 precisa que el sistema de parques nacionales tiene como uno de sus componentes las reservas naturales. Las reservas naturales son aquellas en las cuales existen condiciones de diversidad biológica destinada a la conservación. Investigación y estudio de sus riquezas naturales.

Plan de Manejo Ambiental (PMA) humedal Laguna Machín

Normas Sanitarias Sobre Residuos Sólidos de 1974 Art. 25, 31 y 33	Art.25: Se podrán utilizar como sitios de disposición de basuras, los predios autorizados expresamente por el Ministerio de Salud o la Entidad delegada. Art. 31: Quienes produzcan basuras con características especiales son responsables de su recolección, transporte y disposición final. Art. 33: Los vehículos destinados al transporte de basura, reunirán disposiciones técnicas que reglamente el Ministerio de Salud preferiblemente de tipo cerrado a prueba de agua y de carga a baja altura.
Código Nacional de Recursos Naturales, Decreto 2811 de 1974, Congreso De Colombia Arts. 193 al 197	Sobre conservación, defensa y toma de medidas para la protección del recurso flora
Decreto 1541 de 1978 Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta la parte III del libro II del Decreto Ley 2811 de 1974; «De las aguas no marítimas» y parcialmente la Ley 23 de 1973. Normas relacionadas con el recurso agua. Dominio, ocupación, restricciones, limitaciones, condiciones de obras hidráulicas, conservación y cargas pecuniarias de aguas, cauces y riberas.
Constitución Política de Colombia, 1991 Congreso de Colombia	Artículo 58: Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no podrán ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. Cuando de la aplicación de una ley expedida por motivo de utilidad pública o interés social, resultaren en conflicto los derechos de los particulares con la necesidad por ella reconocida, el interés privado deberá ceder al interés público o social. Artículo 63: Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, patrimonio arqueológico de la nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables. Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Artículo 366. El

	bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.
Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 1992 Comunidad Internacional	Convenio de la Diversidad Biológica (Río de Janeiro, 1992)
Ley 99 de 1993 Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones Art.1. Dentro de los principios generales ambientales dispone en el numeral 2 que la biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible. Art. 116 lit. g, autoriza al Presidente de la República para establecer un régimen de incentivos económicos, para el adecuado uso y aprovechamiento del medio ambiente y de los recursos renovables y para la recuperación y conservación de ecosistemas por parte de propietarios privados.
Ley 165 de 1994 Congreso de Colombia	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. En el que se reconoce la estrecha y tradicional dependencia de muchas comunidades locales y poblaciones indígenas con sistemas de vida tradicionales basados en los recursos biológicos y la conveniencia de compartir equitativamente los beneficios, además insta a los gobiernos nacionales, a que con arreglo a su legislación nacional, respeten, preserven y mantengan los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica.

Plan de Manejo Ambiental (PMA) humedal Laguna Machín

Lineamientos de Política para el Manejo Integral del Agua, 1995	El Ministerio de Ambiente elaboró el documento "Lineamientos para la construcción colectiva de una cultura del agua". Uno de sus objetivos es proteger acuíferos, humedales y otros reservorios importantes de agua.
Ley 357 de 1997 Congreso de Colombia	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar el dos (2) de febrero de mil novecientos setenta y uno (1971).
Resolución VIII.14 RAMSAR 2002	Por medio de la cual se establecen los nuevos lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales.
Resolución N° 0157 de 2004 MAVDT	Por la cual se reglamenta el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales, y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la convención Ramsar.
Resolución N° 196 de 2006 MAVDT	"Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia "
Resolución 1128 de 2006 MAVDT	Por la cual se modifica el artículo 10 de la resolución 839 de 2003 y el artículo 12 de la resolución 157 de 2004 y se dictan otras disposiciones.
Artículo 202 de la Ley del Plan de Desarrollo: Prosperidad para todos 2011- 2014 (Ley 1450 de 2011)	Por la cual se estableció la delimitación de los ecosistemas de páramos y humedales a escala 1:25.000 con base en estudios técnicos, económicos sociales y ambientales.
Ley 1753 de 2015 (9 de junio)	"Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018 "Todos por un nuevo país". Disposiciones relevantes: Art 172. Protección de humedales. Con base en la cartografía de humedales que determine el MADS, [...], las autoridades ambientales podrán restringir parcial o totalmente el desarrollo de actividades agropecuarias de alto impacto, de exploración y explotación minera y de hidrocarburos, con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales, conforme a los lineamientos definidos por el MADS[...] Parágrafo. En todo caso, en humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la Convención Ramsar, no se podrán adelantar las actividades agropecuarias de alto impacto ambiental ni de exploración y explotación de hidrocarburos y de minerales. Art. 174. Parágrafo Segundo. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible creará el Registro Único de Ecosistemas

Plan de Manejo Ambiental (PMA) humedal Laguna Machín

	y Áreas Ambientales, con excepción de las áreas protegidas registradas en el Registro Único Nacional de Área Protegidas (RUNAP) como parte de los sistemas de información del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en un término de un año a partir de la expedición de la presente ley. Harán parte del Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales áreas tales como los ecosistemas estratégicos, páramos, humedales y las demás categorías de protección ambiental que no se encuentren registradas en el RUNAP".
--	--

OBJETIVOS

Establecer medidas, estrategias y acciones necesarias para fomentar la conservación *in situ*, uso racional sostenible, evitar la degradación y potenciar algunas funciones del humedal Laguna Machín en el municipio de Ibagué, priorizando sus características ecológicas y socioeconómicas.

Diagnosticar los problemas ambientales y socioeconómicos que caracterizan el humedal y su zona de influencia, al igual que las oportunidades de servicios ambientales que pueden brindar este sistema para finalmente determinar las acciones de mitigación, compensación y de solución a la problemática presente en el municipio de Ibagué mediante el plan de acción.



CAPÍTULO 1: LOCALIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN

1. LOCALIZACIÓN

1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El humedal Laguna Machín se encuentra ubicado en la vereda de Toche del municipio de Ibagué, departamento del Tolima. Pertenece a la unidad hidrográfica río Coello, perteneciente a la subzona hidrográfica río Coello (IDEAM, 2013); comprende un área inundable aproximada de 3.77 has y una altura promedio de 2490 m s.n.m., los límites se encuentran definidos por las siguientes coordenadas geográficas (Tabla 1.1, Figura 1.1).

Tabla 1.1. Coordenadas geográficas del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

EXTREMO	NORTE	OESTE
NORTE	4° 29' 29.619"	75° 22' 56.496"
SUR	4° 29' 18.684"	75° 22' 48.541"
ORIENTE	4° 29' 21.2"	75° 22' 47.663"
OCCIDENTE	4° 29' 29.49"	75° 22' 56.86"

Fuente: GIZ, 2019.

Figura 1.1. Humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

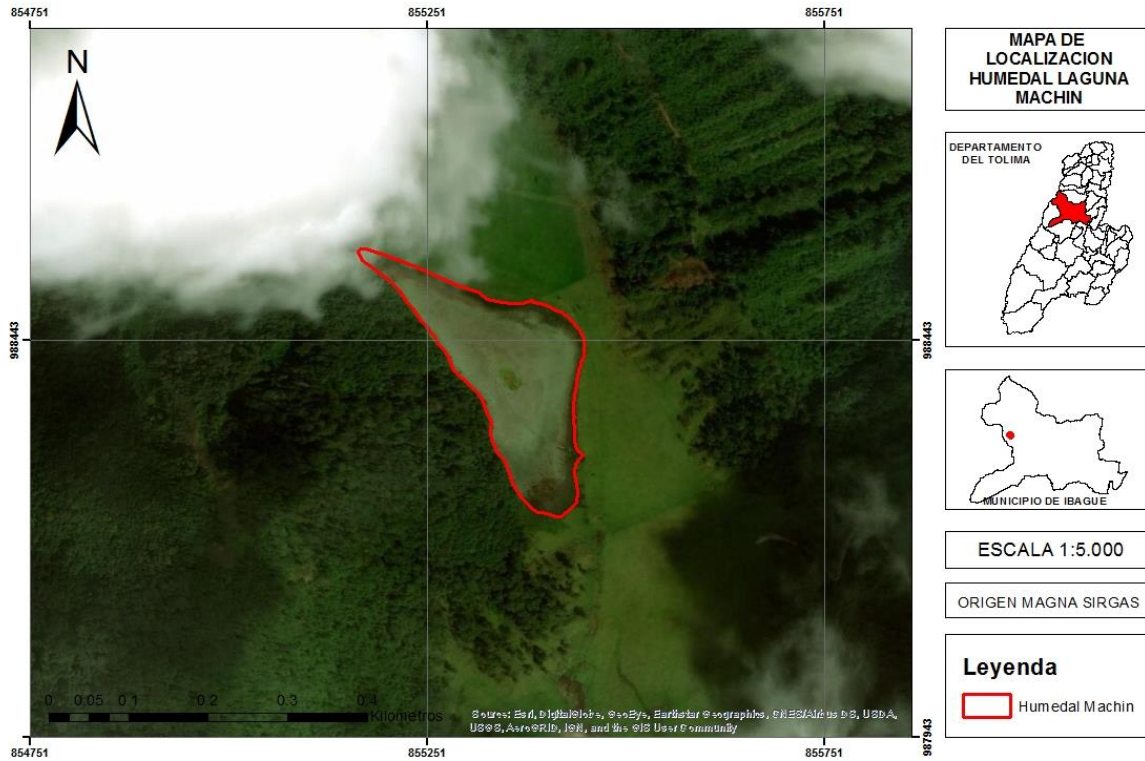


Fuente: GIZ, 2019.

El acceso al humedal se realiza desde el área urbana del municipio de Cajamarca, departamento de Tolima, por la vía que lleva al centro poblado de Toche del municipio de Ibagué; a partir de ahí se recorren 40 minutos sobre carretera destapada hasta el colegio de la zona, una vez en el colegio, se gira hacia la izquierda sobre una carretera que conduce al

cráter del volcán Machín en donde se encuentra ubicado el humedal (Figura 1.2).

Figura 1.2. Localización del Humedal Laguna Machín municipio de Ibagué.



Fuente: GIZ, 2019.

El humedal presenta alrededor vegetación típica de humedales, rodeado de pastizales para la ganadería y cultivos transitorios en menor proporción. Específicamente se ubica sobre el cráter del volcán Machín, con una extensión de aproximadamente 37796.5 m² y un perímetro de 1002.3 m. Por coloración y vegetación de menor porte que sobresale del cuerpo de agua, presenta poca profundidad, en el borde se observa que ha disminuido recientemente su espejo de agua, permitiendo que se visualice la vegetación característica del lugar, indicando que han ocurrido procesos de fluctuación del nivel del agua. Asimismo, por su topografía y pendiente del terreno, es posible que ocurran procesos de retención de sedimentos y amortiguación de inundaciones que pueden presentarse en el valle el cual se encuentra ubicado.

En el centro se observa una pequeña isla formada por gramíneas, el humedal también se encuentra rodeado por bosque secundario que crece sobre uno de los domos del Volcán.

Figura 1.3. Fotografía aérea del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

1.2. CLASIFICACION Y CATEGORIZACION DEL HUMEDAL

Teniendo en cuenta la Convención RAMSAR el humedal Laguna Machín se clasifica según sus cinco niveles jerárquicos (Tabla 1.2), basados en la Política Nacional para Humedales interiores de Colombia (2002).

Tabla 0.1 Clasificación del Humedal Laguna Machín según la Convención RAMSAR

Sistema jerárquico (niveles)	Clasificación Humedal Laguna Machín
Ámbito: Es la naturaleza ecosistémica más amplia en su origen y funcionamiento	Interior
Sistema: Los humedales naturales se subdividen según la influencia de factores hidrológicos, geomorfológicos, químicos o biológicos. Los artificiales se separan con base en el proceso que los origina o mantiene.	Lacustre
Subsistema: Los humedales naturales se subdividen dependiendo del patrón de circulación del agua.	Permanente
Subclase: Depende principalmente de aspectos biofísicos particulares de algunos sistemas o de la estructura y composición de las comunidades bióticas presentes.	Lagos Dulces Permanentes

Fuente: GIZ, 2019.



CAPÍTULO 2: COMPONENTE FÍSICO

2. COMPONENTE FÍSICO

2.1. GEOLOGIA DE SUELOS

La geología de los suelos referentes al humedal Laguna Machín se encuentran asociados en su mayor parte a Depósitos Coluviales (NgQI). Los depósitos coluviales son el producto de la desintegración e inestabilidad de laderas, taludes y escarpes, presentan una pendiente moderada; son de expresión geomorfológica pobre y su patrón de drenaje no está desarrollado. Están compuestos por materiales clásticos gruesos de tipo heterométrico. (IAvH, 2015).

2.2. GEOMORFOLOGÍA DE SUELOS.

El humedal Laguna Machín se encuentra asociado a un relieve fuertemente ondulado a quebrado, pendientes cortas y medias. Son los profundos, bien drenados de texturas medianas a finas, fuertemente ácidos, ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada. (IGAC, 2015).

2.3. COBERTURA Y USO DE SUELOS

El humedal Laguna Machín se encuentra asociado al Bosque Alto de Tierra Firme y Pastos Limpios.

2.4. CLIMA

El humedal se encuentra a una temperatura promedio anual entre los 12 y 18 °C y una precipitación media anual entre los 2000 y 4000 mm, mediante un sistema de lluvias bimodal y dentro de la clasificación de Ecosistemas según Holdridge se encuentra identificado como bosque muy húmedo

Montano Bajo (bmh-MB) (Corporación Autónoma Regional del Tolima [CORTOLIMA], 2014).

2.5. HIDROLOGÍA

El humedal Laguna Machín se encuentra ubicado en la unidad hidrográfica río Coello perteneciente a la subzona hidrográfica del río Coello; el cual, se encuentra situado dentro de la zona hidrográfica del Alto magdalena (IDEAM, 2013). El río Coello posee un caudal medio del orden de los 30.9 m³/s y una demanda del recurso hídrico Alta (CORTOLIMA, 2006). El humedal Laguna Machín se alimenta por la escorrentía de las lluvias.



CAPÍTULO 3: COMPONENTE BIÓTICO

3.1. FLORA

3.1.1. MARCO TEÓRICO

- **FITOPLANCTON**

El fitoplancton son organismos acuáticos de origen vegetal, sin embargo, su clasificación puede extenderse a más de un reino (Bacteria, Protozoo, Chromista y Plantae) se caracterizan principalmente por su capacidad fotosintética lo que los ubica como organismos autótrofos. En general son organismos microscópicos que viven en suspensión con un movimiento pasivo generado a por la acción del viento y la corriente en la columna de agua y cuya estructura anatómica es muy simple, dada esta simplicidad se reproducen con relativa facilidad, aumentando de forma considerable sus poblaciones (Oliva, Godinez y Zúñiga, 2014).

El fitoplancton se distribuye prácticamente en todos los ecosistemas acuáticos continentales, y son importantes porque forma parte de los productores primarios, donde cumplen funciones como fijar dióxido de carbono (CO_2) atmosférico para que este entre a formar parte de la cadena alimenticia de gran cantidad de seres vivos. Por el contrario, también puede presentar perjuicios al ecosistema, dado que son capaces de producir toxinas que afectan la calidad del agua y pueden acarrear problemas de salud (Roldan y Ramírez, 2008).

Una de las propiedades del plancton es la coexistencia simultánea de numerosas poblaciones de especies en un mismo hábitat. Aunque se presentan variaciones en la densidad de una u otra comunidad de algas, rara vez se presenta la exclusión competitiva dada la alta polimixis predominante en la zona fótica de los ecosistemas lacustres, además en algunos casos, la presencia de productos orgánicos liberados por unas algas puede influenciar el metabolismo de otras (Ramírez, 2000).

Taxonómicamente el fitoplancton es un grupo artificial, compuesto de representantes de varios reinos de seres vivos, con la particularidad de que convergen en su capacidad autotrófica y de llevar a cabo la fotosíntesis, de este modo se compone por algas verde azules (Cyanophyceae), euglenoides (Euglenophyceae), algas pardo-amarillas (Chrysophyceae),

diatomeas (Bacillariophyceae), dinoflagelados (Dinophyceae) y algas verdes (Chlorophyceae, Conjugatophyceae, Trebouxophyceae), entre otros (Ramírez, 2000; Ruggiero et al. 2015).

- **FLORA**

De acuerdo con Rangel (2005), Colombia es considerado uno de los países con mayor diversidad vegetal en el mundo, en estudios realizados sobre diversidad biológica se han registrado para musgos, 928 especies pertenecientes a 265 géneros y 74 familias, en hepáticas se han registrado 840 especies pertenecientes a 140 géneros y 38 familias, se han registrado para los líquenes 1515 especies pertenecientes a 253 géneros y 74 familias, en helechos y plantas afines se han registrado 1400 especies pertenecientes a 115 géneros y 32 familias. Los registros de 26.500 especies de plantas con flores significan el 12% de la riqueza vegetal mundial.

La región Andina colombiana debido a su formación montañosa, diversidad de paisajes y condiciones climáticas, presenta la mayor variabilidad de ecosistemas de humedales dulceacuícolas (Donato, 1998). Los ecosistemas de humedal se caracterizan por ser espacios muy productivos, una de sus principales particularidades es la presencia de agua de manera constante o temporal a lo largo de periodos de tiempo, con ello se asocian organismos con características únicas tales como, plantas, aves, peces, mamíferos entre otros, los cuales se relacionan entre si y permiten un normal funcionamiento y regulación (Castellanos, 2006).

Referente a la vegetación, la composición florística de los humedales se determina por especies adaptadas a las condiciones del ecosistema, en su gran mayoría son de porte herbáceo o fibroso, portes tales como arborescente o arbóreo son poco frecuente (Rangel et al. 1997).

La vegetación predominante para este tipo de ecosistemas esta generalmente caracterizado por especies pertenecientes a las familias, Alismataceae, Araceae, Bromeliaceae, Commelinaceae, Cyperaceae, Hydrocharitaceae, Iridaceae, Juncaceae, Juncaginaceae, Lemnaceae, Lycopodiaceae, Maranthaceae, Melastomataceae, Poaceae, Pontederiaceae, Potamogetonaceae, Selaginellaceae, Sparganiaceae, Sparganiaceae, Sphagnaceae, Xyridaceae, entre otras (Bonilla y Novelo,

1995; Moreno y Retana, 1995; Molina, 1996; Cirujano y Medina, 2014; Fernández et al. 2015; Sánchez et al. 2015).

Este tipo de vegetación dependiendo de sus características adaptativas, se encuentran como hidrófitas o freatófitas, las cuales llegan a ser organismos altamente productivos generando alimento para la fauna, fibras, o cumpliendo funciones como fitorremediadores (Carranza-Medina et al. 2003; Vitieri y Velasteguí, 2014; Granja y Ramírez, 2015).

La familia Melastomataceae, en especial los integrantes del género *Miconia*, juegan un papel fundamental como vegetación asociada a los humedales ya que sus frutos se consideran como una fuente de alimento para la avifauna y fauna circundante (Marcondes, 2002; Maruyama et al. 2007). El género *Tibouchina*, se caracteriza por ser melífero y tener especial relación con los agentes polinizadores (Ramírez et al. 1990), sin embargo, su población y viabilidad se ve afectada por efectos antrópicos.

Los humedales, siendo espacios de importancia ecológica como amortiguadores y reguladores hídricos, ambientalmente se han visto afectados por la extracción del material vegetal, vertimiento de basuras y/o sustancias tóxicas, proyectos de construcción, expansión de la frontera agrícola e implementación de sistemas pecuarios, lo que genera preocupación por su falta de conservación, pues se alteran los ciclos biológicos de las especies asociadas a este ambiente, generando desplazamiento y/o pérdida de la biodiversidad.

La afectación de un humedal puede llegar a tener efectos negativos sobre el abastecimiento de agua de la localidad de influencia, ya que se altera un ciclo natural de conservación y captación del preciado líquido, este a su vez podría afectar los niveles de agua subterráneas que dependen de este para su normal regulación (Lambert, 2003).

3.1.2. METODOLOGÍA

- **FITOPLANCTON**

Métodos de campo. Se seleccionaron cuatro puntos donde se encontraba el espejo de agua despejado, en cada uno de los puntos establecidos, se realizó el filtrado de 100 L de agua utilizando redes planctónicas (poro de

mallá estándar de 25 y 55 μ) (Figura 3.1). Las muestras filtradas se almacenaron en frascos de 250 ml y fueron fijadas en solución Transeau (Vercellino y Bicudo, 2006).

Métodos de laboratorio. La determinación y conteo de la comunidad fitoplanctónica se realizó haciendo uso de un microscopio invertido OLYMPUS, usando la cámara de sedimentación Sedgwick-Rafter (McAlicie, 1971). Los individuos fueron contados en la totalidad de campos de la cámara.

Los valores de densidad fueron convertidos por unidad de área (ind/L), de acuerdo a lo establecido por la APHA (2005) (10200F-10200G). Para la determinación taxonómica, se revisaron claves específicas de fitoplancton (Kudo, 1980; Alves da Silva, Pereira, Moreira y Friedrich, 2011; Oliveira, Bicudo y Moura, 2011; Oliveira, Bicudo y Moura, 2013; Da Silva, Ruwer, Nogueira y Dunck, 2016; Tremarin, 2005; Tremarin, Moreira-Filho, Ludwig, 2010; Bellinger y Sigee, 2015; Bicudo y Meneses, 2006; Ruggiero et al. 2015). Se soportó con las bases de datos electrónica Algaebase (Guiry y Guiry, 2018), ITIS, GBIF y CoL.

Análisis de datos.

Densidad. Se hizo el cálculo de la densidad de organismos por unidad de volumen siguiendo la fórmula:

$$\text{Ind/L} = (C \times V') / (V'' \times V''')$$

Dónde,

C= número de organismos contados

V'= volumen de la muestra concentrada

V''= volumen contado (1ml)

V'''= volumen de la muestra observada

Análisis de Correspondencia. Se analizaron las posibles asociaciones entre las variables fisicoquímicas evaluadas y la comunidad fitoplanctónica del humedal Laguna Machín, con el programa Canoco (Braak y Smilauer, 1998), unido a esto se realizó la prueba de Monte Carlo con 1000 permutaciones.

- **FLORA**

Métodos de Campo. Para la colecta del material vegetal en el humedal, se utilizó la técnica propuesta por Villareal et al. (2004), RAP (Rapid Assessment Program), en el cual se trazó un perímetro de 50 x 2 metros, teniendo presente a los individuos con DAP ≥ 1 cm a lo largo. Se colectaron especies arbustivas y herbáceas, a las cuales se les realizó la descripción morfológica y el registro fotográfico, posterior a ello se conservó el material vegetal mediante la utilización de prensa (Esquivel, 1997), lo que permitió su transporte hasta el Herbario Toli de la Universidad del Tolima (Figura 3.1).

Figura 3.1. Colecta en campo del material vegetal en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Método de Laboratorio

Las muestras colectadas en campo, luego de reposar en el laboratorio del Herbario Toli se secaron, montaron y se determinaron taxonómicamente utilizando claves botánicas de Mahecha y Echeverri (1983), Barrera y Murillo (1996), González y López (2012), consultas con expertos y bases de datos de herbarios digitales.

3.1.3. FLORA PRESENTE EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN

- **FITOPLANCTON**

Se registró una densidad de 6185 Individuos/L, distribuidos en siete filos, nueve clases, 16 órdenes, 22 familias y 29 géneros de fitoplancton (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica registrada en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Clase	Orden	Familia	Género	Densidad
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthesiaceae	<i>Rosithidium</i>	50
	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	310
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragillaria</i>	700
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	650
		Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	1390
		Stauroneidaceae	<i>Stauroneis</i>	485
	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i>	5
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlorococcaceae	<i>Chlorococcum</i>	225
		Sphaerocystidaceae	<i>Sphaerocystis</i>	190
	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum</i>	50
		Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i>	5
			<i>Scenedesmus</i>	215
Conjugatophyceae	Desmidiaceae	Closteriaceae	<i>Closterium</i>	310
		Desmidiaceae	<i>Arthrodesmus</i>	105
			<i>Cosmarium</i>	150
			<i>Euastrum</i>	60
			<i>Staurastrum</i>	10
	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>	10
Conjugatophyceae	Desmidiaceae	Peniaceae	<i>Penium</i>	250
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	100
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	30
	Spirulinales	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i>	5
Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i>	50
Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	85
			<i>Lepocinclis</i>	85
			<i>T. volvosina</i>	350
			<i>Trachelomonas</i>	225
		Phacaceae	<i>Phacus</i>	25
Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Closteriopsis</i>	60

Fuente: GIZ, 2019.

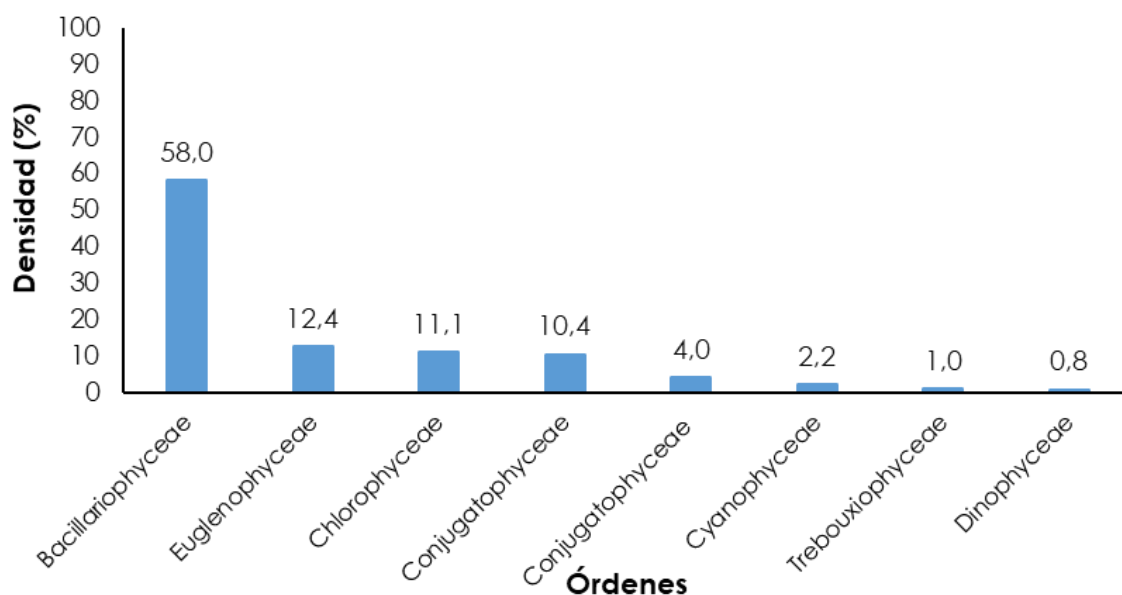
La composición del humedal Laguna Machín es relativamente alta debido a la gran cantidad de vegetación que se presenta dentro del ecosistema (helofitos e hidrofitos), los organismos aquí encontrados son en su mayoría de amplia distribución, generalistas y muy resistentes a cambios en la composición química y física del agua, en especial cuando se presentan eventos de estiaje (Ramírez, 2000).

Este humedal presenta una dinámica particular, es estacional y su cuerpo de agua varía por temporadas, durante la colecta el humedal se encontraba desbordado, abarcando gran parte de territorio de plantas netamente terrestres y de pastizal. Dentro del cuerpo de agua existe una gran cantidad de plantas acuáticas y juncos que limitan las áreas abiertas, además la incidencia de la radiación es alta y presenta cambios de temperatura ambiente y se presentan afectaciones por agricultura y turismo. Sin embargo, el ecosistema en general se encuentra en buen estado.

Bacillariophyceae con 3590 ind/L (58%) y siete géneros y Euglenophyceae con 770 ind/L (12.4%) y cuatro géneros, fueron las clases más abundantes. Contrario a esto, la de menor abundancia fue Dinophyceae con 50 ind/L (0.6%) y un solo género (Figura 3.2).

Bacillariophyceae, conocida como diatomeas, son los organismos unicelulares que constituyen la forma más común de plancton, son organismos ubicuos y de amplia distribución y presentan importancia como productores primarios (Round y Crawford, 1990). Son organismos en su mayoría generalistas y se caracterizan por poseer un frústula que les provee una barrera de protección y permite la interacción eficiente con su medio externo en el desecho de sustancias y producción de mucilagina (Lozano, Vidal y Navas, 2010).

Figura 3.2. Densidad relativa de las clases de la comunidad fitoplanctónica para el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



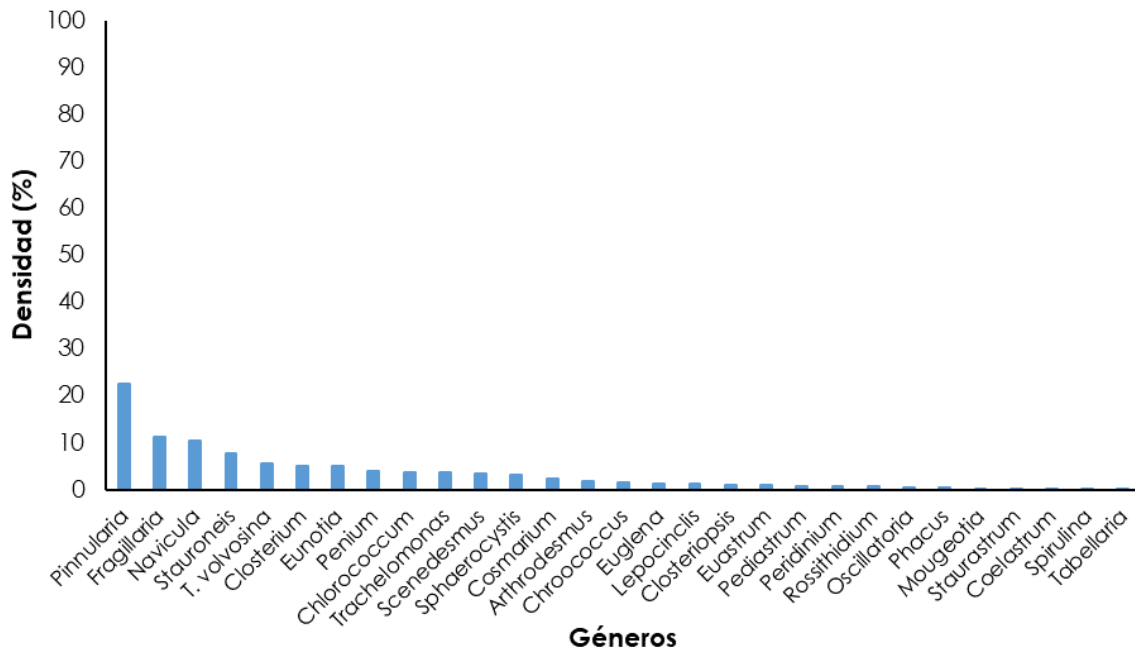
Fuente: GIZ (2019)

A nivel de géneros, *Pinnularia* fue las más abundante con una densidad de 1390 ind/L (22.5%), seguido por *Fragillaria* con 700 ind/L (11.3%) (Figura 3.3). Contrario a esto, *Coelastrum*, *Spirulina* y *Tabellaria* (0.1%) fueron menos abundantes.

Pinnularia y *Fragillaria* son organismos bastante comunes y extensamente distribuidos en ecosistemas de agua dulce, donde son predominantes. Son comunes en ecosistemas con alta disposición de materia orgánica y temperaturas altas (Sala et al., 2002).

Desmidiáles y Euglenales presentaron una gran cantidad de géneros, en una gran variedad de formas. Este humedal en particular presenta ciertas condiciones que proveen los recursos necesarios para albergar una cantidad de biota considerable, incluyendo este tipo de organismos que proliferan en este ecosistema, a pesar de su continua reducción del cuerpo de agua.

Figura 3.3. Densidad relativa de los géneros de la comunidad fitoplanctónica para el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Análisis de Correspondencia Canónica. El análisis multivariado no mostró una relación directa de las variables fisicoquímicas con la densidad de la comunidad fitoplanctónica, las variables oxígeno disuelto y DBO presentaron efectos condicionantes, sin embargo, ninguno muestra diferencia estadísticamente significativa (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Efectos condicionales de las variables fisicoquímicas del Análisis de Correspondencia Canónica en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Variable	Var N	χ^2	p	F
Oxígeno disuelto	7	0.5	0.1	2.14
DBO	9	0.05	0.09	1.16

Fuente: GIZ, 2019.

Las condiciones fisicoquímicas de este humedal, varían frecuentemente debido a que presenta agua en ciertas temporadas, por lo que el terreno en general se recubre de vegetación que se convierte en materia orgánica, cuando existe nuevamente agua en el ecosistema, por lo tanto, los niveles

de oxígeno varían, y se destinan en la reducción de esta materia y tienen a acidificar el agua.

FITOPLANCTON REGISTRADO EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN, IBAGUÉ (TOLIMA).

Orden: Naviculales

Familia: Pinnulariaceae

Género: *Pinnularia*

Descripción: Células solitarias, valvas muy grandes o muy pequeñas, lineares o linear-lanceoladas, con extremos redondeados o capitados. Rafe mediano, filamentosa o con estructura más compleja. Valvas ornamentadas con cámaras transversales abiertas hacia el interior. Corrientemente hay dos grandes cloroplastos por células (Rivera, Parra, González, Dellarossa y Orellana, 1982).

Aspectos ecológicos: asociadas a aguas limpias y pH bajo (Toledo y Comas, 2011). es una diatomea relativamente común tanto en los cursos de agua dulce como en las aguas estancadas, es de vida libre, (Penalta-Rodríguez y López-Rodríguez, 2007).



Orden: Euglenales

Familia: Euglenaceae

Género: *Trachelomonas*

Descripción: algas unicelulares del grupo de los Euglénidos caracterizado por la presencia de una cubierta protectora denominada lorica, La cubierta de *Trachelomonas* presenta unos poros muy pequeños, invisibles con el microscopio óptico, y una coloración que va del amarillo al marrón oscuro y que se debe a las sales de hierro y manganeso que la impregnan (Adl, 2012).

Aspectos ecológicos: Vive en el agua dulce, en aguas ácidas a neutras (pH 4.5-7), a menudo en piscinas de agua turbia (Guiry Y Guiry, 2019).



Orden: Fragilariales

Familia: Fragilariaceae

Género: *Fragilaria*

Descripción: *Fragilaria* es una diatomea alargada, de paredes finas y de aspecto frágil, quizá, por esa aparente fragilidad, vive en grupos formando filamentos de células unidas mecánicamente por protuberancias en la cara y en el centro de sus válvulas (Rivera & Cruces 2002).

Aspectos ecológicos: el género crece como plancton y como especies bentónicas, vida libre en colonias o epífitas. Algunas especies son diatomeas formadoras de la floración en lagos eutróficos, Las diatomeas son algas que viven encerradas en su estuche de cristal (Rivera y Cruces 2002).



Orden: Euglenales

Familia: Phacaceae

Género: *Lepocinclis*

Descripción: nada con ayuda de un solo flagelo emergente, es rígido con crestas longitudinales que se extienden a lo largo de la célula, estigma presente (Guillen, 2010).

Aspectos ecológicos: Habita en aguas dulce con gran cantidad de materia orgánica (Guillen, 2010).



Orden: Desmidiiales

Familia: Closteriaceae

Género: *Closterium*

Descripción: Son alargadas y cilíndricas, unicelulares a menudo con forma semilunar compuesta de dos semicélulas simétricas individuales, los cloroplastos axiales con muchos pirenoides en cada semicélula. Las vacuolas muy visibles en los extremos de la célula con CaSO_4 (yeso) y con los cristales girando dentro (Takashi et al. 2001).

Aspectos ecológicos: habita en Lagos de agua dulce, plancton y bentos (Takashi et al. 2001).



Orden: Naviculales

Familia: Stauroneidaceae

Género: *Stauroneis*

Descripción: Se encuentra en células individuales o en colonias. El contorno de la válvula puede ser elíptico o lineal con polos redondeados. La cara de la válvula es plana con dos costillas longitudinales y en el centro forma un nódulo central engrosado expandido que puede aparecer en forma de corbata de lazo. En algunas células, las estrías son visibles y forman la forma de los estauros en el centro de la célula (Guiry y Guiry. 2012).

Aspectos ecológicos: Se encuentra tanto en hábitats marinos como de agua dulce (Guiry y Guiry. 2012).



Orden: Euglenales

Familia: Phacaceae

Género: *Phacus*

Descripción: Natación libre aplanada unicell verde con un flagelo emergente. La película es rígida, por lo que la célula no presenta metabolismo. Muchos pequeños cloroplastos discoides. La forma celular es "similar a una hoja" en la mayoría de las especies (Guiry y Guiry, 2013).

Hábitat: Planctónico en estanques de agua dulce eutróficos. Tienden a ser más abundantes en las cuencas ricas en nutrientes, incluidas las lagunas de tratamiento de aguas residuales (Guiry y Guiry, 2013).



Orden: Euglenales

Familia: Euglenaceae

Género: *Euglena*

Descripción: Natación libre, unicelular, ovoide o alargada con un flagelo emergente y un segundo de longitud tan reducida que no es visible ni funcional. Las células tienen forma de huso y una sección transversal cilíndrica, aunque la mayoría de las especies pueden cambiar la forma de las células por contracción, un proceso llamado metabolismo. Gran parte de la longitud del flagelo emergente está engrosada y endurecida por una varilla paraflagellar,



de modo que solo el extremo distal es propulsivo (Guiry y Guiry, 2013).

Aspectos ecológicos: Existe reproducción asexual mediante la fisión binaria longitudinal de las células. (Guiry y Guiry, 2013).

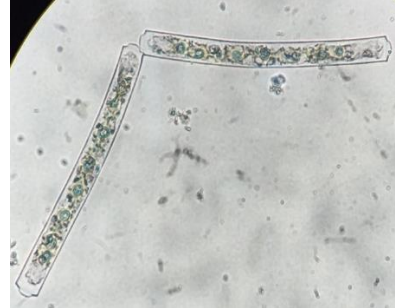
Orden: Zygnematales

Familia: Zygnemataceae

Género: *Mougeotia*

Descripción: talo sin ramificar, formando filamentos entrelazados. Células cilíndricas, de 5 a 30 μm de diámetro, mucho más largas que anchas; pared celular de dos capas con celulosa interna, capa de mucílago externa. No hay etapas flageladas; unas pocas especies con ramas basales de una o dos celdas que anclan el filamento (Guiry y Guiry 2013).

Aspectos ecológicos: Extendida en hábitats de agua dulce en todo el mundo. Los filamentos generalmente se encuentran como masas flotantes o "nubes" que descansan sobre los sedimentos (Guiry y Guiry 2013).

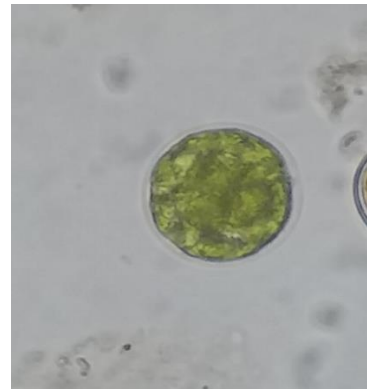


Orden: Chlorococcales

Familia: Chlorococcaceae

Género: *Chlorococcum*

Descripción: es unicelular con células esféricas o ligeramente oblongas de tamaño variado. Las celdas pueden ser solitario o en grupos irregulares, a veces formando películas en superficies húmedas o sumergidas. El mucílago es delgado y discreto (Silva, 1980). **Aspectos biológicos:** Este género de vida libre es cosmopolita. La capacidad para producir ciertas enzimas y carotenoides secundarios también se ha determinado (Silva, 1980).



Orden: Eunotiales

Familia: Eunotiaceae

Género: *Eunotia*

Descripción: es un género de diatomeas, constituido por especies de aspecto muy heterogéneo y cuya vista ecuatorial es muy diferente a su vista polar. Formas agregados coloniales filamentosas curvados hacia el lado ventral de la valva, posee contorno dorsiventral, con margen ventral linear a levemente cóncavo y márgenes dorsales convexos; extremos en forma de nariz con los ápices (Vouilloud et al. 2016).

Aspectos ecológicos: Son diatomeas de agua dulce, especialmente comunes en los lagos, y también son comunes en los registros fósiles, habitan principalmente ultras oligotróficas y oligotróficas (Vouilloud et al. 2016).



Orden: Chlorococcales

Familia: Scenedesmaceae

Género: *Scenedesmus*

Descripción: Células elipsoidales o fusiformes en series lineares, para formar una colonia plana. Las células están dispuestas unas al lado de las otras con sus ejes mayores paralelos. Los cenobios de ocho células están a menudo alternados por dos hileras de cuatro células (Rivera et al. 1982).

Aspectos ecológicos: se reporta frecuentemente en aguas ricas en nutrientes (especialmente altas en nitrógeno inorgánico) (Wehr y Sheath, 2003).

Distribución: En la cuenca del río Magdalena presentó una distribución de 304 a los 3785 m.s.n.m. (CORTOLIMA y GIZ, 2010).



Orden: Peridinales

Familia: Peridiniaceae

Género: *Peridinium*

Descripción: La mayoría de los dinoflagelados tienen un tamaño entre 50 y 500 μm , por lo que se los considera parte del fitoplancton. Son unicelulares, aunque como excepción, algunas especies pueden formar colonias o pseudocolonias. El rasgo más característico de los dinoflagelados es la presencia de dos flagelos disimilares que les proporcionan movimientos característicos (Gómez, 2012).

Aspectos ecológicos: La reproducción de los dinoflagelados es principalmente asexual. puede llegar a ser tóxica (Freer y Vargas, 2003)



Orden: Naviculales

Familia: Naviculaceae

Género: *Navicula*

Descripción: Las células son solitarias y tienen forma elíptica a lanceolada con extremos redondeados, planos o capitulares. El área central puede estar engrosada, pero sin una forma de bandas estaurosas. Cada celda contiene dos plastos que son empujados contra la faja de la frústula (Wehr y Sheath, 2003).

Aspectos ecológicos: Las diatomeas (organismos fotosintéticos eucariotas, acuáticos, unicelulares) desempeñan un papel importante, produciendo alrededor de una cuarta parte de todo el oxígeno dentro de la biosfera de la Tierra, a menudo como organismos fundamentales o especies clave en la cadena alimentaria de muchos entornos donde Proporcionan un alimento básico para las dietas de muchas especies acuáticas (Wehr y Sheath, 2003).



Orden: Desmidiiales

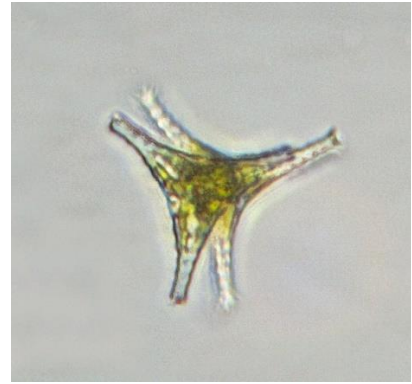
Familia: Desmidiaceae

Género: *Staurastrum*

Descripción: Célula simétricamente bilateral (generalmente) con dos hemicélulas (mitades) separadas por un istmo estrecho. Cada hemi celda tiene una cantidad de "brazos" que parecen ser

específicos de una especie, de 2 a más de 10. Cada brazo tiene "dedos de los pies" (espinas cortas), así como ornamentación ("obras") en la pared de celulosa. (Gómez, 2017).

Aspectos ecológicos: Hábitats de agua dulce. Varias especies seleccionan un rango de pH estrecho, extiende su cuerpo en brazos largos para sujetarse en el agua (Gómez, 2017).



Orden: Desmidiiales

Familia: Desmidiaceae

Género: *Cosmarium*

Descripción: Placodermo unicelular. Las células están profundamente divididas en el medio que contiene el núcleo. Las dos semicélulas se redondean cuando se ven desde el frente y se aplanan, se ven ovaladas o elípticas cuando se ven desde el lado. La mitad mayor de la pared celular segrega mucílago. El mucílago se hincha al absorber agua y propulsar la célula hacia adelante. La pared celular puede ser lisa con poros o adornada con gránulos, fosas o verrugas. Las células vegetativas no suelen tener espinas (Guiry y Guiry 2013).



Aspectos ecológicos: Reproducción asexual por división celular. Vive principalmente en ambientes ácidos, oligotróficos, acuáticos (Guiry y Guiry 2013).

Orden: Desmidiiales

Familia: Peniaceae

Género: *Penium*

Descripción: Células solitarias, cilíndricas cortas a cilíndricas alargadas rectas, con extremos ampliamente redondeados o truncados; constricción media superficial a veces presente. Pared celular con o sin bandas de faja, lisa o con estrías, poros, gránulos o espinas. Pared celular ultra estructuralmente de dos capas, con capa externa perforada y capa interna continua (Guiry, 2013).



Aspectos ecológicos: Reproducción asexual por división celular transversal. Algunas especies se dividen solo en la sutura media y producen

semicélulas nuevas en cada célula hija. Generalmente en estanques o lagos ácidos oligotróficos o en pantanos (Guiry, 2013).

Orden: Chlorellales

Familia: Chlorellaceae

Género: *Closteriopsis*

Descripción: Talo unicelular, no incrustado en envoltura de mucílago. Células con paredes celulares lisas, uninucleadas; Pirenoides múltiples (2-14) en una serie; en las especies estudiadas, los tilacoides atraviesan los pirenoides. Reproducción asexual desconocida en especies tipo, en otras especies por autosporas, 2-8 por esporangio en una serie lineal; Liberado por rotura de la pared celular parental. Fases flageladas (Guiry, 2013).

Aspectos ecológicos: planctónica en agua dulce; cosmopolita (Guiry, 2013).



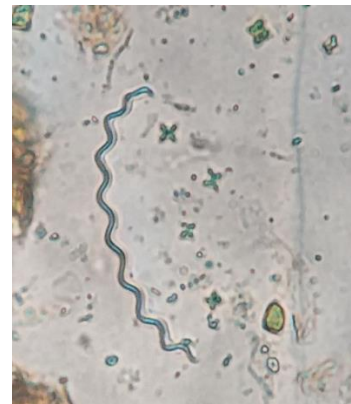
Orden: Spirulinales

Familia: Spirulinaceae

Género: *Spirulina*

Descripción: filamentos no ramificados, siempre sin vainas, raramente solitarios (flotación libre), generalmente en grupos o en esteras finas que son visibles macroscópicamente y cubren el sustrato, regularmente en forma de tornillo enrollado a lo largo de toda la longitud del tricoma, con un ancho de tornillo sin cambiar (Guiry, 2013).

Aspectos ecológicos: Varias especies son de agua dulce, agua salobre, marina y manantiales minerales. Varias especies son bentónicas en agua dulce (Guiry, 2013).



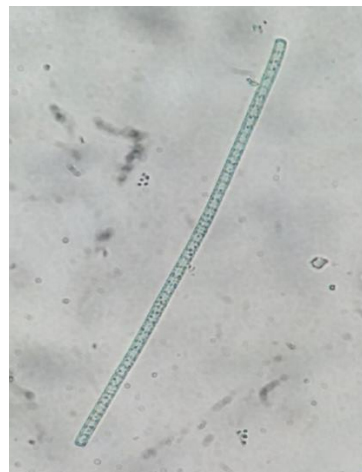
Orden: Oscillatorales

Familia: Oscillatoraceae

Género: *Oscillatoria*

Descripción: Tricomas azul verdoso a marrón verdoso, ocasionalmente púrpuras cuando son viejos, muy móviles, no o ligeramente constreñidos en las paredes transversales, a veces estrechándose hacia los extremos a menudo curvados, sección central de los tricomas (19) de 22-80 µm de ancho (Guiry, 2013).

Aspectos biológicos: habita en una amplia gama de entornos, desde agua dulce hasta marina, desde plancton hasta bentos. En hábitats altamente orgánicos, como las marismas, a menudo se pueden encontrar cepas incoloras (Guiry, 2013).



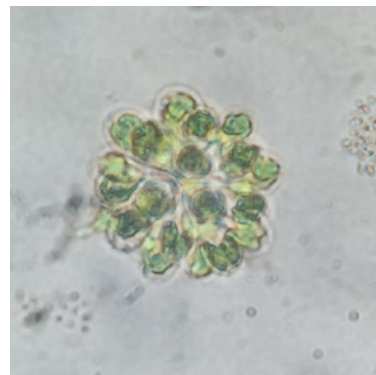
Orden: Chlamydomonadales

Familia: Sphaerocystidaceae

Género: *Sphaerocystis*

Descripción: Unicelular-colonial; Colonias microscópicas, esféricas o irregulares, comúnmente compuestas de varias colonias hijas, de vida libre (principalmente en el metafitón), generalmente envueltas por mucílagos estrechos, indistintos, finos y difluentes (Komárek y Anagnostidis, 1999).

Aspectos ecológicos: La mayoría de las especies viven libremente en el litoral de los lagos y en los pantanos y charcos, entre otras algas y plantas acuáticas (una en pantanos salinos), generalmente con áreas limitadas de distribución (Komárek y Anagnostidis, 1999).



Orden: Chroococcales

Familia: Chroococcaceae

Género: *Chroococcus*

Descripción: Unicelular-colonial; colonias generalmente microscópicas, solo de células poco formadas, más o menos esféricas, raramente de células múltiples, formando matas gelatinosas macroscópicas; lodo colonial fino, difluente, homogéneo e incoloro o laminado, limitado y (rara vez) de color; alrededor de las células recolectadas,



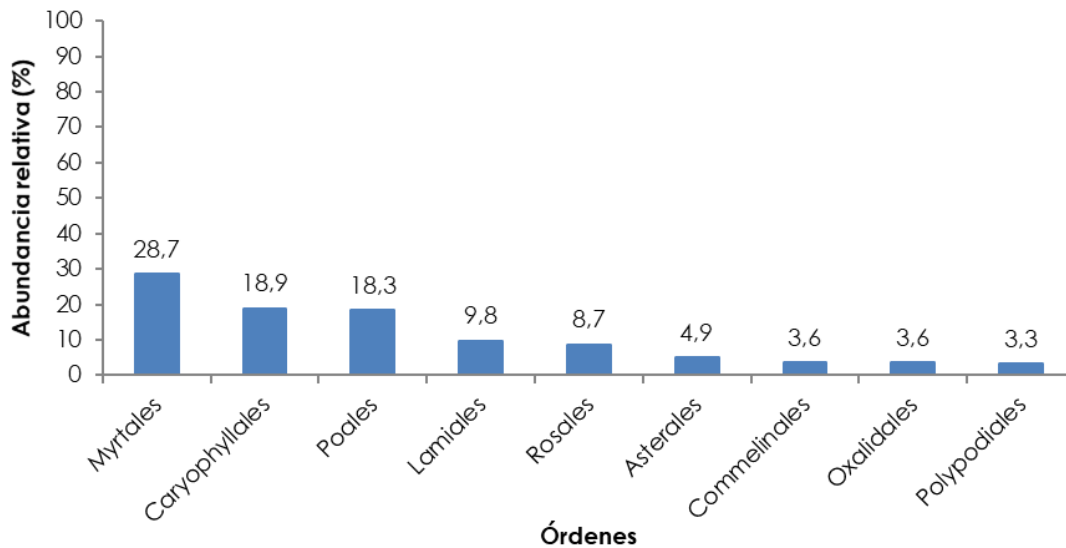
sobres especiales, usualmente copiando la forma de las células, homogéneas o laminadas (hasta ricos laminados) o las envolturas antiguas difluyen y las células permanecen distantes unas de otras. (Guiry y Guiry, 2013).

Aspectos biológicos: Planctónico, pero también alrededor de plantas acuáticas en agua dulce. También en aguas marinas (Guiry y Guiry, 2013).

- **FLORA**

En el humedal Laguna Machín, se registraron 16 especies, distribuidas en 12 familias y nueve órdenes. Los órdenes más abundantes fueron Myrtales (28.7%), Caryophyllales (18.9%) y Poales (18.3%); los menos abundantes fueron Oxalidales (3.6%) y Polypodiales (3.3%) (Figura 3.4).

Figura 3.4. Abundancia relativa de los órdenes de las plantas colectadas en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ (2019)

Polygonaceae, Onagraceae, Lamiaceae y Melastomataceae, fueron las más abundantes y registraron la mayor cantidad de géneros. Los géneros con mayor número de especies fueron *Polygonum* y *Ludwigia*. La especie

más abundante fue *Alchemilla* sp. (8.7%) seguida de *Polygonum nepalense* Meisn. con (8.2%) (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Especies vegetales registradas en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Familia	Especie	AB%	Uso
Asteraceae	<i>Bidens</i> sp.	4.9	Protección suelo
Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i> sp.	3.6	Protección suelo
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium</i> sp.	3.3	Protección suelo
Juncaceae	<i>Juncus</i> sp.	6.6	Protección suelo y agua
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp.	6.3	Protección suelo
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i> L.	1.7	Medicinal, alimento
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp.	1.7	Medicinal, alimento
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.	5.1	Medicinal, alimento
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i> sp.	4.7	Melífera
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i> sp.	4.2	Melífera
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp.	4.4	Protección suelo y agua
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp.	5.7	Protección suelo y agua
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp.	4.7	Protección suelo y agua
Poaceae	<i>Panicum</i> sp.	4.2	Protección suelo
Polygonaceae	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	8.2	Protección suelo y agua
Polygonaceae	<i>Polygonum</i> sp.	4.2	Protección suelo y agua
Polygonaceae	<i>Polygonum punctatum</i> Elliott.	6.6	Protección suelo y agua
Pontederiaceae	<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz & Pav.	3.6	Protección agua
Rosaceae	<i>Alchemilla</i> sp.	8.7	Protección suelo
Xyridaceae	<i>Xyris</i> sp.	4.7	Protección suelo y agua
Xyridaceae	<i>Xyris</i> sp.	2.9	Protección suelo y agua

Fuente: GIZ, 2019.

Myrtales está compuesto por la familia *Melastomataceae*, registra los géneros *Miconia* sp. y *Tibouchina* spp. los cuales se caracterizaron por tener especies de importancia ecológica, ya que producen alimento para la fauna (especialmente avifauna), posee propiedades medicinales para el hombre, aporta protección al suelo y conserva el agua del humedal, sus características adaptativas en el sistema radicular le permiten desarrollar

funciones vitales en suelos muy húmedos, es por ello que se consideran algunas de sus especies como promisorias (Higuchi 2011).

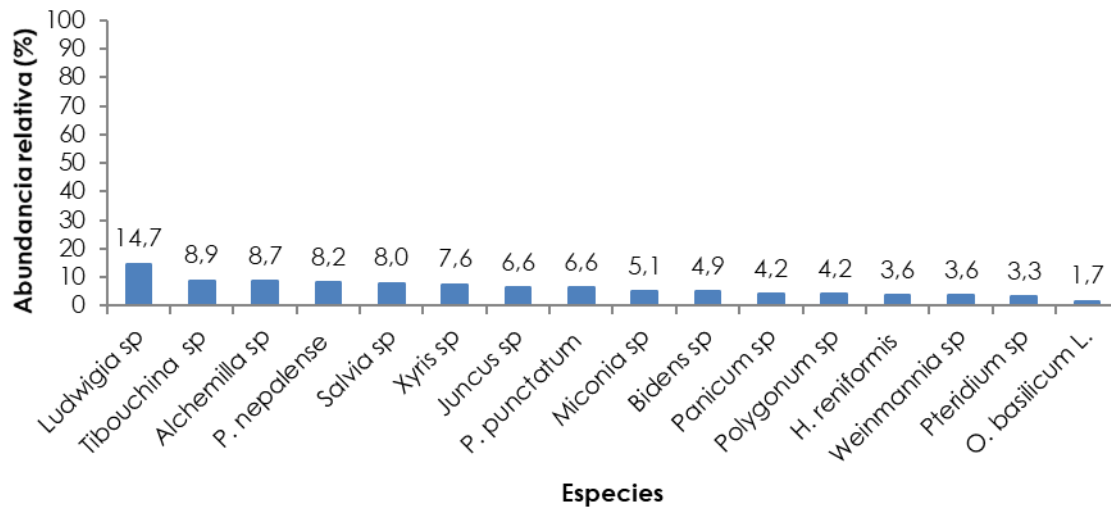
El humedal Laguna Machín, se compone en su gran mayoría de especies vegetales de bajo porte (herbáceas), con una alta presencia del genero *Alchemilla* sp. y las especies *Polygonum nepalense* Meisn., y *Polygonum punctatum* Elliott., estos taxones lo bordean, se extienden ampliamente por la zona y en ocasiones lo cubren en su totalidad, cabe resaltar que el humedal Laguna Machín es estacional, pues el espejo de agua se observa mediante las fluctuaciones dependiendo de la disponibilidad y abundancia de agua que contiene.

Este tipo de vegetación regula el proceso de abastecimiento de agua en el humedal y cumple función de fitorremediación (Maldonado y Bianyth, 2015; Bernal 2017). La vegetación de porte arbórea y arborescente se encuentra distante de la zona antes mencionada, esta condición se debe posiblemente a las características del humedal (Hernández y Rangel 2009).

Onagraceae, con el género *Ludwigia* siendo macrófitas en ocasiones emergentes, se caracterizó por expresar vegetación ubicada en las riberas del humedal, con tallos semileñosos, rígidos consistentes y raíces fuertemente ancladas al suelo, aportando de esta manera, protección evitando posibles procesos de erosión, igualmente estas plantas se han considerado de importancia como fitorremediadoras, en la actualidad son objeto de múltiples investigaciones en Bioprospección (Sanclemente y Peña, 2008).

Los géneros *Weinmannia* (3.6 %) y *Pteridium* (3.3 %), y *Ocimum basilicum* L., (1.7%) se encontraron con poca abundancia en las parcelas de estudio. Sin embargo, estas plantas revisten de importancia por su aporte de biomasa al suelo, propiedades medicinales y características adaptativas, cubriendo en ocasiones la totalidad del suelo y protegiéndolo de la erosión y pérdida de la humedad (Macedo et al. 2015) (Figura 3.5).

Figura 3.5. Abundancia relativa de las especies colectadas en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

De las 21 especies colectadas en el humedal Laguna Machín, nueve están reportadas como protectoras de suelo y agua, seis como protectoras de suelo, tres presentan propiedades medicinales y alimenticias y dos como melíferas; lo que demuestra las potencialidades del material vegetal presente en la zona.

Melastomataceae, Poaceae, y Juncaceae también son empleadas en la zona como fuente de fibra para la elaboración de construcciones, ornamentos y utensilios ampliamente utilizados por los lugareños. Es por ello la importancia de generar estrategias de conservación de este tipo de ecosistemas y diversidad biológica.

Especies en categoría UICN: Para la vegetación del humedal Laguna Machín, solo una especie se encuentra categorizada por la IUCN, *P. punctatum*, la cual posee la categorización “preocupación menor” (LC). Las demás especies vegetales poseen datos insuficientes (DD).

Conclusión.

Actualmente el humedal se encuentra con cierto grado de conservación, esto posiblemente se debe a la poca intervención antrópica, producto de

las condiciones de orden público, los cuales indirectamente han ayudado con su conservación (Simp, 2016).

ESPECIES DE FLORA REGISTRADAS EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN, IBAGUÉ (TOLIMA).

Orden: Oxalidales

Familia: Cunoniaceae

Género: *Weinmannia*

Especie: *Weinmannia* sp.

Descripción: plantas hermafroditas. Hojas opuestas e imparipinnadas, estípulas interpeciolares connadas. Inflorescencias racemosas con flores blancas o rojizas (Tropicos, 2019).

Hábitat: se encuentra en bosque pluvial premontano (Tropicos, 2019).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución nacional: entre los 920-3230 m.s.n.m. En las Cordilleras de los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta (Bernal et al. 2014).



Orden: Caryophyllales

Familia: Polygonaceae

Género: *Polygonum*

Especie: *Polygonum* sp.

Descripción: plantas herbáceas a veces leñosas. Hojas con borde liso y variada forma como lanceoladas, ovaladas, triangulares o punta en forma de flecha. Vástagos generalmente rojizos. Flores pequeñas que forman racimos densos (Decraene Y Akeroyd, 1988).

Hábitat: bosque húmedo montano bajo, Bosque húmedo premontano y Bosque pluvial premontano (Tropicos, 2019).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución nacional: entre 200-3200 m.s.n.m. En los Andes, Orinoquía y el Pacífico (Bernal et al. 2014).



Orden: Caryophyllales

Familia: Polygonaceae

Género: *Polygonum*

Especie: *Polygonum punctatum*

Nombre común: Chilillo

Descripción: hierba perenne semiacuática o acuática de hojas alternas, glabras con ápice agudo, borde entero y punteada en el envés. Tallo erguido finamente estriado verde a verdoso rojizo. Inflorescencias en racimos laxos y delgados, brácteas translúcidas en forma de embudo. Fruto en aquenio de superficie brillante (Fassett, 1949).

Hábitat: común en bancos de arena cercanos a ríos y en terrenos inundados (Fassett, 1949).

Categoría: Preocupación menor (LC) (UICN, 2019).

Distribución nacional: 700-2400 m.s.n.m. Andes, Pacífico, Sierra Nevada de Santa Marta, Valle del Cauca y del Magdalena (Bernal et al. 2014).



Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: *Salvia*

Especie: *Salvia* sp.

Nombre común:

Descripción: Hierbas anuales, bienales y perennes, así como sub-arbustos leñosos. Los tallos son típicamente angulares. Las inflorescencias nacen en racimos o panículas que producen flores de color azul o rojo. Muchas de las especies tienen tricomas sobre la superficie de las hojas, tallos y flores (Cornejo Y Ibarra, 2001).

Hábitat: Se encuentran en bosques templados, bosques tropicales caducifolios, zonas áridas y desérticas (Cornejo Y Ibarra, 2001).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Se distribuye extensamente tanto por el viejo como por el Nuevo Mundo, con tres regiones de biodiversidad diferenciadas: América Central y Sudamérica, Asia central (Cornejo Y Ibarra, 2001).



Orden: Caryophyllales

Familia: Polygonaceae

Género: Polygonum

Especie: *Polygonum nepalense* Meisn.

Descripción: Es una hierba anual, de 20 a 40 cm, con tallos algo carnosos, flojos, decumbentes o ascendentes, ramificados y enraizando en los nudos. Las hojas inferiores tienen pecíolos alados de 2–3 cm de largo, Las láminas son ovadas a triangulares, La base de la hoja es ampliamente cuneada y decurrente a lo largo del pecíolo, formando el ala; el margen es entero (Vibrans y Hanan, 2008).

Hábitat: Crece sobre todo a lo largo de canales de riego, también en bosques de alta montaña, bosques templados húmedos, orillas de ríos y pantanos (Vibrans Y Hanan, 2008).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Se encuentra ampliamente distribuida en Asia, desde Afganistán hasta China y las Filipinas, pasando por India, Tailandia e Indonesia. También existe en África tropical. En Colombia se distribuye en Antioquia y Huila (Vibrans y Hanan, 2008).



Orden: Commelinales

Familia: Pontederiaceae

Género: Heteranthera

Especie: *Heteranthera reniformis* Ruiz y Pav.

Descripción: Presenta tallos alargados flotantes o procumbentes en aguas dulces poco profundas. Alcanzan hasta 13 cm de longitud. Hojas acorazonadas, emergentes o flotantes, de 1 a 4 cm de diámetro. Inflorescencia espigada con hasta 8 flores blancas.

Hábitat: crece aguas estancadas y eutrofizadas, también en pantanos (Galán Y de Castro, 2003).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: América tropical, en Colombia en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caquetá,



Casanare, Chocó, Huila, Meta, Nariño, Putumayo, Santander, Tolima, Valle (Galán Y de Castro, 2003).

Orden: Myrtales

Familia: Onagraceae

Género: Ludwigia

Especie: *Ludwigia* sp.

Nombre común:

Descripción: Hierbas o arbustos con hojas simples, alternas u opuestas. Presenta estipula ausente o reducida. Flores axilares, solitario o en inflorescencia, bisexual, actinomorfa. Cáliz Adnado al ovario. Pétalos 4 o 5, distintos, contorsionados, caduco. Estambres iguales o el doble que sépalos; anteras 2 loculadas. Ovario inferior; óvulos en la placenta axil; estilo esbelto. Cápsulas. Semillas exalbuminosas, con más o menos prominente, a veces incrustado en endocarpio en polvo o leñoso (Gallego y Laguna, 2009).

Hábitat: Plantas acuáticas, crecen en pantanos y lagos (Gallego y Laguna, 2009).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Presentan una distribución cosmopolita pero principalmente tropical (Gallego y Laguna, 2009).



Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Panicum

Especie: *Panicum* sp.

Descripción: Plantas herbáceas anuales o perennes, cespitosas; culmos huecos, rara vez sólidos, herbáceos a sub-leñosos, erectos o decumbentes, con o sin rizomas, simples o ramificados; entrenudos y nudos glabros o pilosos, las flores están en panículas bien desarrolladas, frecuentemente de más de 60 cm de longitud con numerosas semillas, de 3 a 6 mm de largo y 1 a 2 mm de ancho. Los frutos se desarrollan en



racimos. Ambas glumas están presentes y bien desarrolladas (Valdés et al. 2009).

Hábitat: Crecen en praderas, cerca de lugares húmedos, ríos y quebradas, algunas veces en zonas áridas (Valdés et al. 2009).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Son nativas de regiones tropicales del mundo, con pocas especies en las zonas templadas (Valdés et al. 2009)

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: *Ocimum*

Especie: *Ocimum basilicum* L.

Nombre común: Albaca

Descripción: es una planta aromática y medicinal, herbácea, anual, de tallos erectos y ramificados, frondosa, que alcanza de 30 a 50 cm de altura. Las hojas de 2 a 5 cm, suaves, oblongas, opuestas, pecioladas, aovadas, lanceoladas y ligeramente dentadas. Las flores son blancas, dispuestas en espigas alargadas, asilares, en la parte superior del tallo o en los extremos de las ramas (Bareño, 2006).

Hábitat: Crece bien en sitios con tierra fresca, ligera y bien drenada (Bareño, 2006).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: nativa de Irán, India, Pakistán y otras regiones tropicales de Asia, aunque se considera cosmopolita (Bareño, 2006).



Orden: Poales

Familia: Xyridaceae

Género: *Xyris*

Especie: *Xyris* sp.

Descripción: Planta perenne con hojas de hasta 28 cm Largo, 2 mm amplio; Vainas hasta 8 mm de Ancho en la base, marrón pálido, con márgenes más pálidos más delgados, además las hojas son dísticas en su mayoría, lineales, planas y delgadas o redondas con una envoltura visible en la base.



Están dispuestas en una agregación basal. Las flores son pequeñas y amarillas son dioicas, nacidas en una espiga o cabeza esférica o cilíndrica (inflorescencia). Cada flor crece desde la axila de una bráctea coriácea. El fruto es una cápsula no carnososa, dehiscente (Xyris, 2008).

Hábitat: Presente en zonas pantanosas cercanas a Lagunas y humedales (Xyris, 2008).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Generalizadas en gran parte del mundo, con el centro de distribución en las Guayanas (Xyris, 2008).

Orden: Poales

Familia: Juncaceae

Género: Juncus

Especie: *Juncus* sp.

Nombre común:

Descripción: Hierbas anuales o perennes, éstas generalmente rizomatosas, con menor frecuencia estoloníferas, rara vez con tuberobulbos de escaso desarrollo o con tubérculos intercalados en las raíces, glabras. Tallos erectos o ascendentes, sus hojas son cilíndricos, alargados, rectos y flexibles. Florece de abril a julio. Su tamaño habitual es de 90 cm de altura, pequeña y de color pardo. El fruto es ovalado de color marrón (Juncus, 2010).

Hábitat: Vive en suelos húmedos, en riberas y cerca de pantanos (Juncus, 2010).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Se distribuyen principalmente por las zonas templadas y frías de ambos hemisferios, siendo raras en las zonas tropicales (Juncus, 2010).



Orden: Myrtales

Familia: Melastomataceae

Género: Miconia

Especie: *Miconia* sp.

Nombre común:

Descripción: Es el género de plantas leñosas de las angiospermas más diverso con distribución restringida al neotrópico, La mayoría de las especies son arbustos y pequeños árboles de hasta 2 metros de altura. Las hojas se caracterizan por tener el haz verde oscuro y el envés púrpura. Algunas especies están consideradas en peligro debido a pérdida de hábitat (Mendoza & Posada, 2018).

Hábitat: Crece en una alta variedad de hábitats, desde los bosques tropicales hasta los bosques montanos (Mendoza y Posada, 2018).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Son nativos de zonas cálidas y tropicales de América principalmente en Brasil (Mendoza y Posada, 2018).



Orden: Polypodiales

Familia: Dennstaedtiaceae

Género: *Pteridium*

Especie: *Pteridium* sp

Nombre común: Helecho

Descripción: Se caracterizan por ser helechos grandes y gruesos, poseen frondas grandes, triangulares desde una muy expandida zona radicular, y puede formar densas matas. Las raíces pueden moverse 1 m o más entre frondas; y estas crecer a 2,5 m de largo o más con soporte, pero lo típico es el rango de 0,6-2 m de altura. En ambientes fríos, es decidua en invierno (Marrs y Watt, 2006).

Hábitat: Es típica de ambientes fríos y húmedos, es decidua en invierno. Requiere suelo bien drenados, generalmente se la halla en laderas de montañas (Marrs y Watt, 2006).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).



Distribución: Este género es probablemente el más distribuido de cualquier género de helechos en el mundo, aparece en todos los continentes excepto Antártica y en todos los ambientes exceptos los cálidos y los fríos de desiertos. Así es considerado con una distribución cosmopolita (Marrs y Watt, 2006).

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Alchemilla*

Especie: *Alchemilla* sp.

Nombre común: manto de dama

Descripción: La mayoría de las especies de *Alchemilla* son de formación de grupos o montículos, perennes con hojas basales que surgen de los rizomas leñosos. Algunas especies tienen hojas con lóbulos que irradian de un punto común y otras tienen hojas divididas, ambas tienen forma de abanico con dientes pequeños en las puntas. Las hojas de color gris-verde a verde, de tallo largo (Alchemilla, 2008).

Hábitat: La mayoría de las especies son nativas de las regiones frías y subárticas, también de zonas montañosas tropicales (Alchemilla, 2008).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: La mayoría de las especies son nativas de las regiones templadas y subárticas de Europa y Asia, con algunas especies nativas de las montañas de África y América (Alchemilla, 2008).



Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Bidens*

Especie: *Bidens* sp.

Descripción: Son hierbas anuales, trepadoras ligeramente leñosas o arbustos débiles; tallos variadamente angulados. Hojas opuestas en la parte inferior, a veces volviéndose alternas en la superior, simples o pinnatisectas o pinnaticompuestas; pecioladas. Capitulescencias de cimas simples o compuestas o capítulos solitarios; capítulos radiados o radios ausentes; involucros campanulados; filarias en 2 series, dimorfas, las exteriores herbáceas, las internas paleáceas (Bidens, 2012).

Hábitat: Crecen en terrenos húmedos, cercanos a humedales y lagunas (Bidens, 2012).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Se distribuye a lo largo de las regiones tropicales y templadas del mundo. La mayoría de las especies se encuentran en América, África y Polinesia, y hay algunas en Europa y Asia (Bidens, 2012).



Orden: Myrtales

Familia: Melastomataceae

Género: *Tibouchina*

Especie: *Tibouchina* sp.

Nombre común: Siete cueros

Descripción: Son árboles, tipo arbusto o semiarbusto, que crecen de 0.5 a 25 metros de alto, Las flores son autogamas o xenogamas, frecuentemente polinizadas por escarabajos (Ruilova, 2016).

Hábitat: Son nativos de las selvas de México, el Caribe y América del Sur, especialmente en Brasil (Ruilova, 2016).

Categoría: No evaluada (NE) (UICN, 2019).

Distribución: Está ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales de América (Ruilova, 2016).



3.2. FAUNA

3.2.1. MARCO TEÓRICO

- **ZOOPLANKTON**

El zooplancton se conforma de organismos sésiles heterótrofos que se encuentran representando varios reinos de seres vivos como Protozoa, Chromista y Animalia (dentro de este reino comprende múltiples phyla como rotíferos, cladóceros, copépodos y ostracodos). Tradicionalmente se asigna la clasificación de holoplancton a organismos netamente planctónicos durante todo su ciclo de vida y meroplancton que incluye algún estadio del ciclo de vida (larva, huevo, etc) de algún animal (Shanks y Walters, 1997).

Con respecto a las especies que habitan las aguas dulces, se ha observado una característica muy peculiar y es que la mayoría son cosmopolitas; por tanto, es frecuente encontrar algunas especies en latitudes y climas muy diferentes (Conde, Ramos y Morales, 2004).

Estos organismos hacen parte de la producción secundaria de los cuerpos de agua. La producción secundaria puede definirse como la biomasa acumulada por las poblaciones heterotróficas por unidad de tiempo. Esta definición se refiere a la producción neta, el incremento puede medirse como número y biomasa o puede expresarse como energía o cantidad de un elemento constituyente, por lo general en carbono. La medición exacta de la biomasa es básica para calcular la producción secundaria, lo que se hace es estimar el volumen tomando las dimensiones del animal. Por último, para la biomasa el volumen se expresa como peso (Thorp y Mantovani, 2005).

Los grupos que componen en zooplancton de mayor interés son:

Rotíferos: Los rotíferos son un phylum de metazoarios invertebrados, microscópicos, con simetría bilateral, segmentación aparente, porción caudal ahorquillado y cubierta de una cutícula endurecida, la lorica. Lo más llamativo de estos animales es un órgano distorsional en el extremo anterior,

con muchas pestañas o cilios, que produce un movimiento aparentemente rotatorio y que utiliza para nadar o atraer el alimento. Abundan en las aguas estancadas y atraviesan, cuando las condiciones son desfavorables, estados de enquistamiento y vida latente (Wallace y Snell, 2010).

Cladóceros: se han denominado comúnmente pulgas de agua y son predominantemente dulceacuícolas. Abundan en la zona litoral de los lagos, pero también ampliamente representados en el plancton, se reproducen partenogenéticamente por desarrollo directo a partir de un número variable de huevos; también poseen uno o varios periodos de reproducción sexual, ciclomorfosis muy evidentes y gran capacidad migratoria. Son filtradores y son dominantes en aguas eutróficas (Dodson, caceres y Rogers, 2010).

Copépodos: se distribuyen tanto a nivel litoral como pelágico bentónico, presentan metamorfosis completa, huevo, larva naupliar con tres pares de apéndices y que sufre mudas sucesivas (diez en los ciclopoides). Los cinco o seis primeros estadios larvales se denominan nauplios y los restantes copepoditos, siendo el último de ellos en adulto. Los organismos de este orden se pueden dividir en tres subordenes: Calanoides, Ciclopoides y Harpaticoides, estos tres se distinguen por la estructura del primer par de antenas, por el urosoma y el quinto par de patas (Sendacz y Kubo, 2018).

- **MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

Definidos, como aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 μm , dentro de los cuales se pueden encontrar diferentes agrupaciones de organismos tales como esponjas, oligoquetos, moluscos y cuyo grupo más representativo corresponde a los Insectos; el cual se destaca principalmente por su amplia distribución, sus formas de vida tanto de hábito acuático como terrestre, así como su abundancia (Fernández, 2012; Roldán y Ramírez, 2008).

Estos individuos habitan diferentes micro-hábitats entres los cuales se encuentran tanto la columna de agua, así como el fondo de los ríos , lagos, troncos, rocas y vegetación sumergida, hábitos que los agrupa en diferentes categorías según el lugar que ocupan en el ecosistema acuático, tales como bentos (organismos que viven en el fondo de los ecosistemas),

pleuston (organismos que flotan y nadan en la superficie) y neuston (organismos que nadan libremente en la columna de agua) (Roldán, 1996; Roldán y Ramírez, 2008).

Dentro de los principales grupos de macroinvertebrados acuáticos, se encuentra, el phylum Arthropoda el cual constituye el grupo más abundante, donde se ubica la clase insecta, agrupa alrededor de 70 familias y más de 150 géneros distribuidos en los órdenes Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera y Diptera, que constituyen la fauna más representativa de lagos y ríos (Roldán y Ramírez, 2008).

El uso de macroinvertebrados acuáticos, predomina como una de las metodologías más ampliamente utilizadas, en la vigilancia y control de la contaminación o perturbación del ecosistema acuático, ya que exhiben diferentes ventajas como lo son, su tamaño relativamente grande, su amplia distribución y abundancia, ciclos de vida relativamente largos y hábito sedentario, amplio rango de sensibilidad, taxonomía bien conocida, muestreo de carácter sencillo (Bonada et al. 2006; Roldán y Ramírez, 2008).

Asimismo, a diferencia de los análisis fisicoquímicos estos indicadores biológicos, reflejan tendencias a través del tiempo, lo cual permite hacer comparaciones de condiciones tanto pasadas como presentes, que se ven reflejadas en el cambio de la estructura y composición de la comunidad, al integrar información espacial como temporal, lo cual genera la necesidad de desarrollar estudios complementarios, que integren indicadores biológicos como análisis fisicoquímicos (Springuer, 2010; Ladrera et al. 2013).

Además de su papel bioindicador, esta comunidad de organismos, juega un papel importante, puesto que constituye el componente de biomasa animal más importante dentro del ecosistema, facilitando la transferencia de energía entre las redes tróficas, de igual forma participa, en la degradación y consumo de la materia orgánica del sistema proveniente tanto de los organismos fotosintéticos como del ecosistema terrestre, interviniendo así como control de la productividad primaria (Ladrera et al. 2013; Hanson et al. 2010).

- **ICTIOFAUNA**

Colombia posee una enorme diversidad de especies ícticas, en total 1.494, convirtiéndolo en uno de los cinco países con mayor diversidad de peces en el mundo, en cuanto a las regiones hidrográficas, el Amazonas es la más diversa con 706 especies, seguida del Orinoco con 663 especies, en su orden le siguen Caribe con 223, Magdalena-Cauca con 220 y Pacífico con 130 (DoNascimento et al. 2017).

Respecto a la diversidad de peces del Tolima, algunos de los principales estudios ícticos han evaluado aspectos de diversidad, composición, ecología trófica y reproductiva de especies de Trichomycteridae, Characidae, Sternopygidae, Cichlidae, Astroblepidae y Loricariidae (García-Melo, 2005; Villa-Navarro y Losada-Prado, 1999; Villa-Navarro y Losada-Prado, 2004; Briñez-Vásquez, Villa-Navarro, Ortega-Lara, Reinoso-Flórez y García-Melo, 2005; Zuñiga-Upegüi, Villa-Navarro, Ortega-Lara y Reinoso-Flórez, 2005; Castro-Roa, 2006).

Adicionalmente, se han llevado a cabo algunas investigaciones de interés pesquero (Martínez-Covaleda y González-Rodríguez, 2005; García-Melo, Pardo-Pardo, Villa-Navarro, Reinoso-Flórez, García-Melo, Briñez-Vásquez y Flórez-Delgado, 2010).

Por otra parte, se destacan estudios en los cuales fue evaluada la diversidad, distribución y aspectos ecológicos de las especies de los órdenes Characiformes y Siluriformes, la mayoría de los resultados obtenidos en ellos, concuerdan con que la distribución de las especies parece estar relacionada con factores altitudinales y cambios en las variables fisicoquímicas (García-Melo, 2005; Zuñiga-Upegüi et al. 2005; Castro-Roa, 2006; Briñez-Vásquez, 2004; Lozano-Zárate, 2008; López-Delgado, 2013; Albornoz-Garzón y Conde-Saldaña, 2014; Montoya-Ospina, 2014).

La diversidad de especies ícticas se encuentra determinada por diferentes factores, entre los que se encuentran, alteraciones hidrológicas, temperatura del agua, altitud (Anderson y Maldonado-Ocampo, 2010). La altitud es una de las variables que tiene más influencia sobre las comunidades de peces, se correlaciona frecuentemente con cambios en la diversidad, así, el número de especies aumenta a medida que disminuye la altitud, posiblemente debido a la mayor disponibilidad de nichos

ecológicos y una mayor cantidad de nutrientes en las zonas bajas (Cassatti et al. 2012).

La deforestación de los bosques de ribera, la pérdida de los cuerpos de agua por contaminación, la introducción de especies exóticas y el desarrollo de hidroeléctricas (Anderson y Maldonado-Ocampo, 2010), son factores responsables de la vulnerabilidad de muchas especies ícticas en el país.

- **HERPETOFAUNA**

Anfibios: vertebrados condicionados en su mayoría a presentar dos etapas de vida bien diferenciadas, la primera ligada al agua durante los estadios larvarios, en donde se producirán cambios fisiológicos a través de una metamorfosis gradual, hasta adquirir las condiciones adecuadas para habitar la tierra en sus estadios maduros, permitiendo una locomoción en dos medios, ampliando las oportunidades reproductivas, alimenticias y territoriales (Pough et al. 2004).

Son organismos clave en los procesos tróficos de diversas especies de animales, este grupo se caracteriza por presentar una respiración cutánea, lo cual hace necesario que exista constantemente niveles adecuados de humedad, determinante en conductas como la locomoción, el cortejo y la reproducción (Wells, 1977; Gerhardt, 1994).

Pueden encontrarse en distintos ecosistemas, desde bosques xerofíticos, humedales, selvas, hasta llegar a ambientes de paramo, mostrando cambios en las poblaciones de acuerdo al grado de intervención en el ambiente, llegando a considerarse como organismos indicadores del bienestar de un ecosistema, siendo dependientes de la calidad del agua, las coberturas vegetales, niveles de biomasa (hojarasca) y oferta alimenticia presente (Heyer et al. 1994).

Los anfibios se encuentran agrupados en tres grandes ordenes: Anura, Caudata y Gymnophiona. Los primeros incluyen los llamados ranas y sapos, caracterizados morfológicamente por carecer de cola, presentar extremidades traseras muy desarrolladas que les permiten huir y capturar sus presas con gran agilidad (Ročková y Roček, 2005).

Los caudata, también denominados salamandras, poseen un cuerpo formado por cuatro extremidades cortas y una cola, organismos susceptibles a cambios bruscos en el ambiente, dependientes de la variación de la temperatura y la humedad, algunos grupos carecen de pulmones y su respiración se ve limitada a la cutánea (Cruz, Galindo y Bernal, 2016). Gymnophiona es un grupo con hábitos principalmente fosoriales, son animales alargados carentes de extremidades, poseen un sistema de detección a través tentáculos dispuestos lateralmente en el rostro, que les permite encontrar alimento como insectos, moluscos o anélidos bajo la tierra (Lynch, 1999).

Reptiles: agrupa a organismos vertebrados ectotermos, dependientes de la temperatura ambiental para regular su metabolismo. Presentan un desarrollo ligado a huevos, llegando a presentar especies ovíparas, ovivíparas y vivíparas, determinación sexual embrional ligada a la temperatura ambiental (Packard, Tracy y Roth, 1977).

Este grupo posee la piel cubierta de escamas, como principal característica, lo cual les permite protegerse del abrasividad del ambiente, así como establecer una impermeabilidad y resistencia a ecosistemas extremos, condicionándose a mudas periódicas de su piel de acuerdo a la tasa de crecimiento, permitiendo a su vez la eliminación de toxinas. Adaptados a distintos ambientes, condicionados por la oferta alimenticia y recursos hídricos, algunos grupos poseen estructuras especializadas para la inyección de sustancias químicas destinadas a la protección y depredación (Hill, 1979).

Los reptiles en Colombia se agrupan en cuatro grupos base Crocodylia (caimanes y cocodrilos), Testudines (Tortugas) y Squamata (lagartos y serpientes), los cuales poseen diversas adaptaciones morfológicas especializadas en la detección y captura de su alimento y amplia motilidad (Sánchez, Castaño, y Cárdenas, 1995).

Diversidad

A nivel mundial se registran unas 8006 especies de anfibios en el mundo, el orden Anura con 7057 especies, seguido por Caudata con 738 y Gymnophiona 212, siendo América del Sur y África del Oeste tropical las áreas con mayor diversidad (Frost, 2019). A nivel latinoamericano, Brasil tiene la mayor diversidad con 1160 especies, seguido por Colombia con alrededor de 850 especies descritas (Frost, 2019).

En reptiles, se han descrito unas 10885 especies a nivel mundial y Colombia se encuentra entre los países con la mayor riqueza con aproximado 620 especies. Squamata cuenta con 577 especies, seguido de Testudines con 35 especies y seis de Crocodylia, tres de estos al borde de la extinción (Uetz, Freed y Hošek, 2019; Galvis-Rizo et al. 2015)

Conservación

Actualmente se registran unas 6756 especies de anfibios y 7199 especies de reptiles evaluados dentro de las distintas categorías de establecidas por la IUCN, teniendo que alrededor de 2157 especies de anfibios y 1342 reptiles se encuentran entre las categorías de amenaza o extinción (IUCN, 2019).

Las principales amenazas que afrontan están dirigidos a cambios en el ambiente, la aparición de especies invasoras, el aumento de la temperatura, la fragmentación de los bosques, la propagación de patógenos como el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, que ha afectado innumerables poblaciones de anuros ya que actúa sobre el proceso de respiración cutánea característico de los anfibios (Rueda-Almonacid, Lynch y Amézquita, 2004; Angulo et al. 2006).

De igual forma se considera que estos grupos son los más amenazados entre los vertebrados, ya que existen concepciones culturales, que han llevado a la reducción poblacional de muchos grupos, principalmente las serpientes, cocodrilos e iguanidos (Rueda-Almonacid et al. 2004).

• AVIFAUNA

Generalidades de aves en Colombia. Las aves constituyen uno de los grupos vertebrados más diversos, comprendiendo más de 10400 especies a nivel mundial y 1909 especies a nivel nacional (pertenecientes a 31 órdenes, 90 familias y poco más de 3000 subespecies), de las cuales 1887 cuentan con registros en el territorio continental, mientras 17 han sido reportadas únicamente para la región insular (Donegan et al. 2013; Donegan et al. 2014; Donegan et al. 2015; Verhelst-Montenegro y Salaman, 2015; Avendaño et al. 2017).

Pese a que mundialmente el país es considerado el más diverso en avifauna, y que este grupo taxonómico cumple importantes roles ecológicos como controladoras de insectos, dispersoras de semillas, polinizadoras, entre otras

funciones (Molina-Martínez, 2002), se estima que el 7-9% de las especies están inscritas en alguna categoría de amenaza (Renjifo et al. 2002; Andrade, 2011) y el 4.35% del total de especies presentes en el país son endémicas (Avendaño et al. 2017).

Así, según los reportes del Sistema de información sobre biodiversidad en Colombia (SiB Colombia, 2012) y con base en la evaluación de 118 especies registradas en los bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica, se reporta que 68 de ellas se encuentran en diferentes categorías de amenaza de las cuales seis se encuentran en peligro crítico (8.8%), 26 en peligro (38.2%) y 36 vulnerables (52.9%) (Renjifo et al. 2014).

Las aves como indicadoras de la calidad del hábitat. Sin lugar a duda las aves constituyen el grupo taxonómico más conocido y carismático en contraste con cualquier otro (Green y Figuerola, 2003), por lo cual son uno de los principales objetos de estudio a la hora de estimular el interés hacia la conservación de la biodiversidad e implementar políticas de conservación y manejo de ecosistemas y hábitats (Renjifo et al. 2002; Villareal et al. 2004; Osorio-Huamaní, 2014).

La importancia de este grupo taxonómico radica en el hecho de que proporciona un medio rápido, confiable y replicable de evaluación del estado de la mayoría de hábitats terrestres y acuáticos, por lo cual facilita la realización de comparaciones a lo largo de gradientes climáticos y ecológicos en cuanto a la riqueza, recambio y abundancia de especies (Osorio-Huamaní, 2014).

Además, proporciona un medio rápido, confiable y replicable para monitorear y conocer, de forma indirecta algunas características de los ecosistemas que habitan, de tal modo que algunos investigadores han encontrado que las características del paisaje influyen en la composición y abundancia de las aves, facilitando o impidiendo el mantenimiento de algunas especies (Gillespie y Walter, 2001).

Por otro lado, este grupo taxonómico posee una serie de características que las hacen ideales para inventariar gran parte de la comunidad con un buen grado de certeza (Osorio-Huamaní, 2014). Tales características son: a) comportamientos llamativos (diurnas, muy activas y altamente vocales); b)

identificación rápida y confiable; c) fácil detección durante casi todo el año excepto en aquellas especies que presentan movimientos locales o migraciones; d) gran cantidad de información consignada en libros y publicaciones científicas; e) diversidad y especialización ecológica y f) diferentes grados de sensibilidad a perturbaciones ambientales (Villareal et al. 2004).

No obstante, solo algunas especies funcionan como indicadoras de condiciones biológicas particulares del hábitat, ya que este grupo “no necesariamente puede reflejar la salud de otros taxones que viven en el mismo hábitat” (Ramírez, 2000; Gregory, 2006 citado en Villegas y Garitano, 2008, p. 149), y “puede tener respuestas diferenciales a los disturbios en relación a otros grupos de organismos” (Lindenmayer, 1999; Milesi et al. 2002 citados en Villegas y Garitano, 2008, p. 149).

De este modo, Green y Figuerola (2003) plantean que a pesar de que la idea de las aves como “paraguas protectores de la diversidad global” ha sido ampliamente extendida, no ha sido apoyada por los análisis a escala nacional, y la distribución de los “hotspots” de diversidad para aves es importante en si misma pero no se encuentra justificada por la diversidad de otros grupos. En síntesis, el monitoreo de aves es una herramienta útil a la hora de evaluar el impacto de las acciones humanas y tomar decisiones sobre el manejo de los ecosistemas, siempre y cuando se realice de la mano con el seguimiento de otros grupos taxonómicos (fauna y flora) que puedan robustecer la información obtenida.

Las aves y los humedales. La alta diversidad de aves asociada a los humedales y el considerable número de linajes endémicos en algunos de ellos, son reflejo de una larga asociación entre la avifauna y estos ecosistemas (Andrade, 1998 citado por Parra, 2014). El uso del ecosistema de humedales por parte de las aves se hace evidente con el carácter residencial permanente o temporal que muestran las aves acuáticas (Castellanos, 2006) en el país, de este modo, algunas especies han desarrollado adaptaciones morfológicas, fisiológicas y etológicas para hacer mejor uso de los recursos que brindan los humedales (refugio y alimento); sin embargo, gracias a su mayor flexibilidad otras tantas especies pueden emplear estos hábitats únicamente durante parte del año o para

cubrir determinada etapa de su ciclo anual (nidificación, cría o muda del plumaje) (Blanco, 1999).

En este sentido, no todas las especies de aves que utilizan humedales tienen una preferencia particular por ellos, y en realidad se asocian al ecosistema en gran parte influenciadas por factores físicos como el área del humedal, la calidad del agua, la vegetación circundante, el grado de aislamiento o el contexto del paisaje donde se encuentran inmersos (Green y Figuerola, 2003; Briggs et al. 1997; Rosselli y Stiles, 2012; Quesnelle et al. 2013 citados por Parra, 2014).

Las aves de humedales hacen parte de sistemas conectados con procesos y funciones en el ecosistema, por lo que es usual que la diversidad y abundancia de especies que usan un humedal aumente con la proximidad a otros humedales, así mismo que los humedales grandes alberguen mayor número de especies de aves respecto a las encontradas en sitios más pequeños las cuales se esperan que sean las especies más abundantes y ubicuas (Elmberg et al. 1994).

Hilty y Brown (2001), reportan para Colombia 256 especies de aves asociadas a cuerpos de aguas agrupadas en 12 órdenes taxonómicos (Hilty y Brown, 2001; Salaman, 2009), de las cuales la mayor parte pertenecen a grupos considerados como acuáticos (Charadriiformes, Ciconiiformes, Gruiformes y Anseriformes), y encontrando otros órdenes que normalmente no se asocian con estos ecosistemas como varias familias de Passeriformes (Furnariidae, Tyrannidae, Hirundinidae, Cinclidae, Emberizidae), Cuculiformes y Falconiformes.

Debido a la variación en la composición de aves asociadas a humedales en diferentes regiones del país (por ejemplo CORTOLIMA y GIZ; 2010; 2015; 2016; 2018), conviene definir grupos particulares de especies como indicadoras en cada una de estas (Parra, 2014); sin embargo, hay que tener precaución a la hora de elegir una especie de ave como posible “bioindicadora” y considerar que un aumento en el número de algunas especies puede indicar un empeoramiento en el estado del hábitat en vez de una mejor (Green y Figuerola, 2003).

De este modo, la identificación de especies raras, endémicas y categorizadas en algún grado de peligro juega un papel crucial debido a que su distribución restringida y/o el pequeño tamaño de sus poblaciones incrementan su riesgo de extinción (Arita et al. 1997), convirtiéndolas en una herramienta útil como indicativo del estado del hábitat incluyendo su calidad y niveles de perturbación, así como para el establecimiento de los límites de los humedales bajo ciertas escalas espaciales y temporales (Parra, 2014).

- **MASTOFAUNA**

Existen alrededor de 6495 especies de mamíferos reconocidas a nivel mundial (Burgin et al. 2018). A pesar de no ser la clase de vertebrados más numerosa, su amplia variedad en tamaños, hábitos y formas de vida, hacen de este un grupo cuya distribución incluye todos los continentes y biomas del mundo (Patterson, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, los mamíferos desempeñan importantes funciones ecológicas en diversos hábitats, en los que actúan como dispersores de semillas, polinizadores, depredadores y controladores de insectos, pequeños vertebrados y herbívoros, diseminadores de hongos, entre otros (Rumiz, 2010).

Colombia es el quinto país en riqueza de especies de mamíferos, con más de 518 especies agrupadas en 14 órdenes, 49 familias y 215 géneros; de las cuales 56 especies son endémicas (Ramírez-Chaves et al. 2016), alrededor de 52 se encuentran en las categorías de amenaza global de la IUCN y 42 se encuentran listadas como amenazadas a nivel nacional (MADS, 2017).

Los órdenes Chiroptera y Rodentia presentan la mayor riqueza específica, seguidos por Didelphimorphia, Primates y Carnivora. En el departamento del Tolima se estima la presencia de alrededor 136 especies (Solari et al. 2013).

Entre los mamíferos asociados a los sistemas acuáticos, se encuentran tres grupos principales; el primero de ellos comprende las especies estrictamente acuáticas de los órdenes Cetácea y Sirenia; el segundo, comprende los mamíferos semiacuáticos, como las nutrias, focas y leones marinos; y, el tercer grupo incluye especies asociadas al hábito acuático, las cuales presentan adaptaciones para nadar o dependen de estos sistemas para su alimentación o refugio, como la chucha de agua (*Chironectes minimus*),

murciélagos piscívoros (*Noctilio* sp.), varias especies de murciélagos insectívoros, roedores medianos (*Hydrochoerus hydrochaeris*, *Cuniculus paca* y *Cuniculus taczanowskii*) y algunos roedores pequeños, entre otros (Trujillo et al. 2005).

Adicionalmente, los ambientes acuáticos como los humedales, pueden ser usados por otras especies de mamíferos como lugar de paso ya que pueden aprovechar los recursos ofrecidos por estos, dados por la presencia de su fauna y flora asociada.

3.2.2. METODOLOGÍA

- **ZOOPLANKTON**

Métodos de campo. Se seleccionaron cuatro puntos sobre el espejo de agua despejado, en cada uno de ellos se realizó el filtrado de 100 L de agua utilizando redes planctónicas (poro de malla estándar de 25 y 55 μ). Las muestras filtradas se almacenaron en frascos de 250 ml y fueron fijadas en solución Transeau (Vercellino y Bicudo, 2006).

Métodos de laboratorio. La determinación y conteo de la comunidad zooplanctónica se realizó con un microscopio invertido OLYMPUS, usando la cámara de sedimentación Sedgwick-Rafter (McAlice, 1971). Los individuos fueron contados en campos aleatorios. Los valores de densidad fueron convertidos por unidad de área (organismos/L), de acuerdo a lo establecido por la APHA (2005) (10200F-10200G).

Para la determinación taxonómica, se revisaron claves específicas de zooplankton (Elmoor-Loureiro, 1997; Thorp y Covich, 2001; Dodson et al. 2001; Ruggiero et al. 2015). Se soportó con las bases de datos electrónica Video atlas de los microorganismos acuáticos (Pujante, 2011); RWC (Jersabek y Leitner, 2013); Plingfactory (Plewka, 2019); Microworld (Siemensma, 2019); ITIS, GBIF y CoL

Análisis de datos

Densidad. Se hizo el cálculo de la densidad de organismos por unidad de volumen siguiendo la fórmula:

$$\text{Ind/L} = (C \times V') / (V'' \times V''')$$

Dónde:

C= número de organismos contados,

V'= volumen de la muestra concentrada,

V''= volumen contado (1 ml),

V'''= volumen de la muestra observada.

Análisis de Correspondencia. Se analizaron las posibles asociaciones entre las variables fisicoquímicas evaluadas y la comunidad zooplanctónica del humedal, con el programa Canoco (Braak y Smilauer, 1998), unido a esto se realizó la prueba de Monte Carlo con 1000 permutaciones.

• **MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

Métodos de campo. La técnica utilizada para la colecta, se basó en el método de arrastre de material biológico encontrado tanto en orillas como cerca de plantas acuáticas, emergentes, sumergidas y enraizados, por medio de una red D-net. Por otra parte, se realizó la remoción de sedimento del Bentos, que luego fue filtrado con ayuda de un juego de Tamiz (Figura 3.6).

Métodos de laboratorio. Para la identificación hasta mínimo nivel taxonómico de las muestras colectadas, se empleó un estereomicroscopio Olympus SZ40, y se utilizaron las claves y descripciones taxonómicas de autores como McCafferty (1981), Machado (1989), Needham y Needham (1991), Rosemberg y Resh (1993), Lopretto y Tell (1995), Roldán (1996, 2003), Merrit y Cummins (2008), Domínguez y Fernández (2009).

Luego de la determinación taxonómica, el material biológico fue separado y conservado en alcohol al 70%, posteriormente, los individuos fueron ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección macroinvertebrados acuáticos (CZUT-Ma).

Figura 3.6. Métodos de colecta con red D, en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Análisis de datos.

Para determinar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, se analizó la composición y estructura, así como la distribución de abundancias por taxón.

Análisis de Correspondencia. Se analizaron las posibles asociaciones entre las variables fisicoquímicas evaluadas y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del humedal Laguna Machín, con el programa Canoco (Braak y Smilauer, 1998), unido a esto se realizó el test de Monte Carlo con 1000 permutaciones.

• ICTIOFAUNA

Métodos de colecta

Electropesca: Para la colecta de los individuos se empleó la electropesca por las ventajas que representa frente a otros artes de pesca convencionales en términos de volumen y talla de captura de los organismos (Mojica y Galvis, 2002). Adicionalmente, es el método que más se ajusta a las condiciones que presentan los cuerpos de agua andinos, y el más utilizado para estimar la abundancia y composición en ecosistemas

dulceacuícolas (Maldonado-Ocampo et al. 2005), su principal limitación se observa en aguas con mala conductividad (Mojica y Galvis, 2002).

El equipo de electropesca consta de un convertidor de corriente, que permite controlar la intensidad, voltaje y tipo de corriente; un cátodo que se conecta al convertidor y un ánodo que contiene una pértiga, elemento móvil que da paso a la corriente. La corriente fluye entre los dos electrodos (ánodo y cátodo) generando un estado de electrotaxis en los peces (natación de forma obligada), electrotétano (contracción muscular) y electronarcosis (relajación muscular) (Lobón-Cerviá, 1991), lo que facilita su captura con una red de arrastre que se instala a contracorriente.

El equipo de electropesca se empleó en las zonas cercanas a los márgenes y, en general, en profundidades no mayores a 1.5 - 2 m. La unidad de muestreo estuvo constituida por un transecto de 100 m lineales, y ancho variable, con un esfuerzo de muestreo de una hora de trabajo por estación de muestreo.

• HERPETOFAUNA

Método de campo. El muestreo se realizó mediante la técnica de búsqueda libre, sin restricciones, por encuentro visual (Figura 3.7). Evaluando aquellas áreas cercanas a cuerpos de agua, así como microhábitats predispuestos para encontrar anfibios o reptiles, como troncos, rocas, arbustos, entre otros (Heyer et al. 1994).

El muestreo tuvo una periodicidad alternada en distintos períodos del día: en horas de la mañana, entre las 6:00 a las 8:00 con el fin de detectar aquellas especies de hábitos diurnos como las pertenecientes a la familia Dendrobatidae; en horas del mediodía, entre las 11:00 y las 14:00 para aquellos reptiles, principalmente lagartos, que se exhiben y posan con el fin de termoregularse. Y en la noche entre las 18:00 y las 22:00, para organismos que presentan una mayor actividad nocturna (Angulo et al. 2006).

Los animales colectados fueron fotografiados, realizando anotaciones en libreta de campo de su coloración en vida, descripción de caracteres morfológicos determinantes, caracteres morfométricos como Longitud rostro cloaca (LRC), empleando un calibrador digital Mitutoyo ABSOLUTE de precisión 0.1 mm (Figura 3.8).

Figura 3.7. Metodología de captura dirigida a la herpetofauna asociada en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Adicionalmente, se tomó registro del despligue vocal que pueda estar efectuándose empleando una grabadora TASCAM DR100, así como la descripción general del lugar de encuentro, georeferenciando al individuo empleando un GPS GARMIN 62s, teniendo en cuenta la hora de captura, presencia de cuerpos de agua, tipo de sustrato donde se encontraba, condiciones climáticas, temperatura del ambiente y humedad relativa, empleando un termohigrómetro y la actividad que realizaban al momento de la captura.

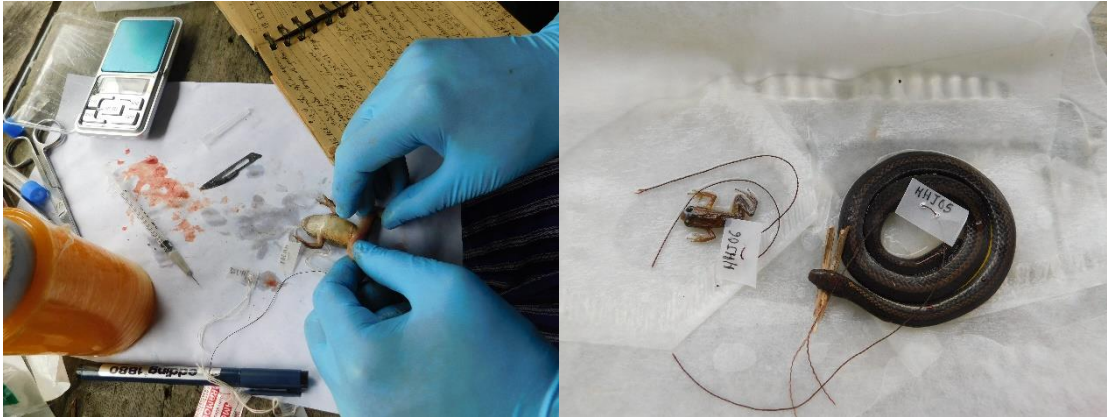
Aquellos individuos seleccionados se sacrificaron mediante técnica de punción cardíaca con roxicaina al 2%, para serpientes y animales de tamaño considerable, para el resto de los anfibios, debido a la capacidad de respirar a través de la piel, fueron sacrificados empleando Garhocaína Benzocaina al 20%, hasta evidenciar inmovilidad y disminución total de pulsaciones. Se tomó muestra de tejido, muscular, cardíaco o hepático, destinado a investigación molecular.

Los organismos sacrificados se dispusieron en bandejas plásticas con papel filtro y absorbente impregnados con formol al 10%, acomodando los especímenes en la mejor posición natural con el fin de evaluar sus caracteres morfológicos apropiadamente (Heyer et al. 1994; Angulo et al. 2006) (Figura 3.8).

Métodos de laboratorio. Los individuos colectados se transportaron al laboratorio de Zoología de la Universidad del Tolima, mantenidos en formol al 10% hasta pasado los tiempos de fijación (15 días reptiles, 5-10 días

anfibios), lo cual se desarrolló la eliminación del fijador, de acuerdo al protocolo propuesto por McDiarmid (1994), a través de lavados de disolución de alcohol y almacenados finalmente en frascos de vidrio con alcohol al 70%.

Figura 3.8. Sacrificio y fijación de herpetos en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Se realizó y confirmó la determinación de cada uno de los organismos, empleando descripciones taxonómicas, claves dicotómicas y/o publicaciones, así como la comparación diagnóstica de los individuos colectados confrontados con los especímenes dispuestos en la Colección Zoológica de la universidad del Tolima, sección anfibios y reptiles (CZUT-A, CZUT-R). Finalmente, fueron ingresados a la CZUT-A y CZUT-R (Heyer et al. 1994; Angulo et al. 2006).

Análisis de datos.

Se calculó la abundancia relativa (%) de las especies de herpetofauna encontrada, empleando la fórmula:

$$AR\% = (n_i/N) \times 100$$

Dónde,

AR= Abundancia relativa;

n_i = Número de individuos capturados u observados;

N= Número total de X capturados u observados.

- **AVIFAUNA**

Métodos de campo. Para la determinación de la composición taxonómica de la avifauna dentro del humedal Laguna Machín, se realizaron muestreos mediante el uso de redes de niebla, la observación por puntos de conteo y las observaciones libres (Ralph et al. 1993; Ralph et al. 1996), con el objetivo de abarcar una mayor área circundante al humedal.

Redes de niebla. En zonas cercanas al humedal se extendieron cinco redes de niebla de 2.5 m de alto x 12 m de largo y 36 mm de malla, según el procedimiento descrito por Ralph et al. (1996). La instalación de las redes se realizó poco antes de iniciar el muestreo (Wunderle, 1994) y se abrieron en los 15 minutos siguientes al amanecer. La revisión se llevó a cabo en intervalos de 30 minutos para asegurar la integridad de los ejemplares (Consejo de Anillamiento de Aves de Norteamérica, 2003; Ralph et al. 2008). Las redes se abrieron durante un día en horario de 06:00-11:00 y 15:00-18:00, para conseguir un esfuerzo de 40 horas red/muestreo.

La extracción de las aves capturadas se realizó mediante el método de sujeción del cuerpo y la técnica de patas primero, descritas por Ralph et al. 1993) y Ralph et al. (1996), proporcionando agilidad en la extracción de los ejemplares y garantizando su integridad. A cada una de las aves capturadas se le tomaron los datos relacionados con su edad, condición física, estado reproductivo y medidas morfométricas. Toda la información se registró en formatos de campo siguiendo las recomendaciones de la NABC (2003) y Ralph et al. (2008). Una vez procesadas, las aves fueron liberadas, no obstante, algunos individuos fueron colectados, preparados e ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT-OR) (Figura 3.9).

Conteo por puntos. Mediante el uso de binoculares, se contaron, identificaron y registraron las aves detectadas desde un sitio definido o “punto de conteo”. Cada punto (en total cinco) abarcó una superficie circular de 50 m de radio y dentro de él se contaron todas las aves avistadas y escuchadas a lo largo de diez minutos, anotándolas en el orden en que fueron detectadas, junto con los datos correspondientes a localidad-número del punto, fecha, hora, coordenadas, tipo de registro (visual y/o auditivo), nombre de la especie, número de individuos, hábitat y distancia

del individuo al borde del agua (Modificado de Ralph et al. 1996) (Figura 3.10).

Figura 3.9. Metodología utilizada para la caracterización de la avifauna del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Figura 3.10. Punto de conteo de aves en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Una vez pasado el tiempo, se realizó un nuevo muestreo en el punto de conteo consecutivo -procurando causar el mínimo de perturbación a las aves e iniciando el conteo desde la llegada al lugar-. Con el fin de evitar contar a un mismo individuo en puntos de conteo diferentes, estos estuvieron separados entre sí a una distancia aproximada de 100 m (Ralph et al. 1996).

Debido a que en ocasiones la identificación in situ de algunas especies resultó difícil, se procedió a ubicar el individuo mediante el método de “Búsqueda Intensiva” (Ralph et al. 1996), con el fin de fotografiarlo para su posterior identificación.

Método de determinación taxonómica. Para la determinación hasta el nivel de especie de los individuos capturados en campo y los observados en los puntos de conteo (u observaciones libres), se emplearon las guías de Hilty y Brown (2001), Restall et al. (2006), McMullan et al. (2010) y Ayerbe (2018). El listado general de las aves siguió la nomenclatura y orden taxonómico sugerido por Remsen et al. (2019).

Métodos de laboratorio. Colección de referencia (CZUT-OR). Los individuos colectados fueron preparados como pieles redondas acorde a la metodología convencional de las colecciones científicas propuesta por Villareal et al. (2004). A cada uno de los individuos se le registró la información correspondiente a su peso, sexo, tamaño/desarrollo gonadal, coloración de las gónadas, cantidad de grasa subcutánea, estado de la osificación del cráneo, número de colector, número de catálogo y comentarios.

Análisis de datos. Se calculó la abundancia relativa a nivel de órdenes, familia y especies de aves registradas, empleando la fórmula:

$$AR\% = (n_i/N) \times 100$$

Dónde,

AR= Abundancia relativa;

n_i = Número de individuos capturados u observados;

N= Número total de X capturados u observados.

A cada uno de los registros de aves obtenidos mediante las dos metodologías empleadas, se les consignó la categoría ecológica siguiendo las recomendaciones de Stiles y Bohórquez (2000).

I. Especies de bosque

a. *Especies restringidas al bosque primario o poco alterado.* Detectadas principal o exclusivamente en el interior o dosel de estos bosques, con frecuencias mucho más bajas en los bordes o en bosques secundarios adyacentes a los bosques primarios.

b. *Especies no restringidas al bosque primario o poco alterado.* Detectadas más frecuentemente en este hábitat, pero también regularmente en los bordes, bosques secundarios, u otros hábitats arbolados cerca del bosque primario.

II. Especies de bosque secundario o bordes de bosque, o de amplia tolerancia. Encontradas con mayor frecuencia en los bordes y bosques secundarios, pero también a veces en el bosque primario y rastrojo, hasta en potreros arbolados: su requisito principal es la presencia de árboles y en algunos casos, la sombra debajo de ellos, más no un tipo de bosque específico.

III. Especies de áreas abiertas. Encontradas principal o exclusivamente en áreas con poco o ninguna cobertura arbórea como potreros o rastrojos; en potreros o matorrales arbolados se asocian con la vegetación baja más que con los árboles; pueden encontrarse en los bordes de los bosques, pero no bosque adentro.

IV. Especies acuáticas

a. Especies asociadas a cuerpos de agua sombreadas o con la vegetación densa al borde del agua, evitando áreas abiertas o soleadas: quebradas o áreas pantanosas dentro de los bosques primarios o secundarios.

b. Especies asociadas a cuerpos de agua sin sombra, orillas abiertas o con vegetación baja, o aparentemente indiferentes a la presencia de árboles excepto para perchas.

V. Especies aéreas. Generalmente encontradas sobrevolando varios hábitats terrestres

a. Especies que requieren por lo menos parches de bosque, por ejemplo, para anidación, pero sobrevuelan una amplia gama de hábitats.

b. Especies indiferentes a la presencia de bosque, o que prefieren áreas más abiertas.

• **MASTOFAUNA**

Métodos de campo. Para el registro de mamíferos voladores se usaron cinco redes de niebla (12 m x 2.5 m), dispuestas a nivel del suelo, que permanecieron abiertas desde las 17:30 hasta las 22:30 horas y fueron

revisadas cada 15-20 minutos. Los individuos capturados se depositaron en bolsas de tela, para ser posteriormente medidos y fotografiados. Los datos morfométricos y morfológicos relevantes fueron consignados en fichas de campo.

Para el registro de mamíferos no voladores se realizaron recorridos libres a baja velocidad con el fin de lograr detecciones visuales o auditivas. Así mismo, se realizó una búsqueda de rastros (huellas, heces, madrigueras comederos, entre otras).

La determinación taxonómica en campo se realizó siguiendo las claves y guías ilustradas de Gardner (2007), Aranda (2012), Sánchez-Londoño et al. (2014), Suarez y Ramírez-Chaves (2015), Patton et al. (2015), Díaz et al. (2016), entre otras.

Para complementar los datos obtenidos, y teniendo en cuenta que los hábitos elusivos de los mamíferos dificultan su registro en tiempos cortos, se realizaron entrevistas semiestructuradas a pobladores locales apoyadas en fotografías de mamíferos de Colombia y complementando con preguntas específicas sobre las especies reconocidas (Sánchez et al. 2004).

Análisis de datos.

Se consignó la información sobre gremios tróficos, categorías de amenaza nacional (MADS, 2017) y global (IUCN, 2019), apéndices CITES (2017), uso local, endemismo (Ramírez-Chaves, 2016) y migración (MADVT, 2009).

3.2.3. FAUNA PRESENTE EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN.

• ZOOPLANKTON

Se registró una densidad de 2105 ind/L, distribuidos en seis filos, seis clases, seis órdenes, 14 familias y 14 géneros de zooplancton de los cuales dos se encuentran indeterminados (Tabla 3.4).

Los resultados de Zooplancton son consistentes al reportado en ecosistemas lenticos de zonas altas con algunos procesos de intervención. La composición está dominada por rotíferos que exhiben una amplia variedad de formas y estructuras producto de los eventos de alteración natural en el humedal (Wallace y Snell, 2010)

Tabla 3.4. Composición taxonómica de la comunidad zooplanctónica registrada en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Densidad
Amoebozoa	Tubulinea	Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella</i>	125
			Centropyxidae	<i>Centropyxis</i>	75
			Diffugiidae	<i>Diffugia</i>	75
			Nebelidae	<i>Nebela</i>	925
Gastrotricha	*	Chaetonotida	Chaetonotidae	<i>Chaetonotus</i>	15
Nematoda	Dorylaimea	Trichocephalida	Trichuridae	Trichuridae sp.	560
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Dicranophoridae	<i>Dicranophorus</i>	10
			Euchlanidae	<i>Euchlanis</i>	25
			Gastropodidae	<i>Gastropus</i>	25
			Lecanidae	<i>Lecane</i>	45
			Lepadellidae	<i>Lepadella</i>	5
			Notommatidae	<i>Monommata</i>	35
Tardigrada	Heterotardigrada	Echiniscoidea	Carphaniidae	<i>Carphania</i>	10
Arthropoda	Hexanauplia	Cyclopoida	Cyclopidae	Cyclopidae sp.	175

Fuente: GIZ, 2019.

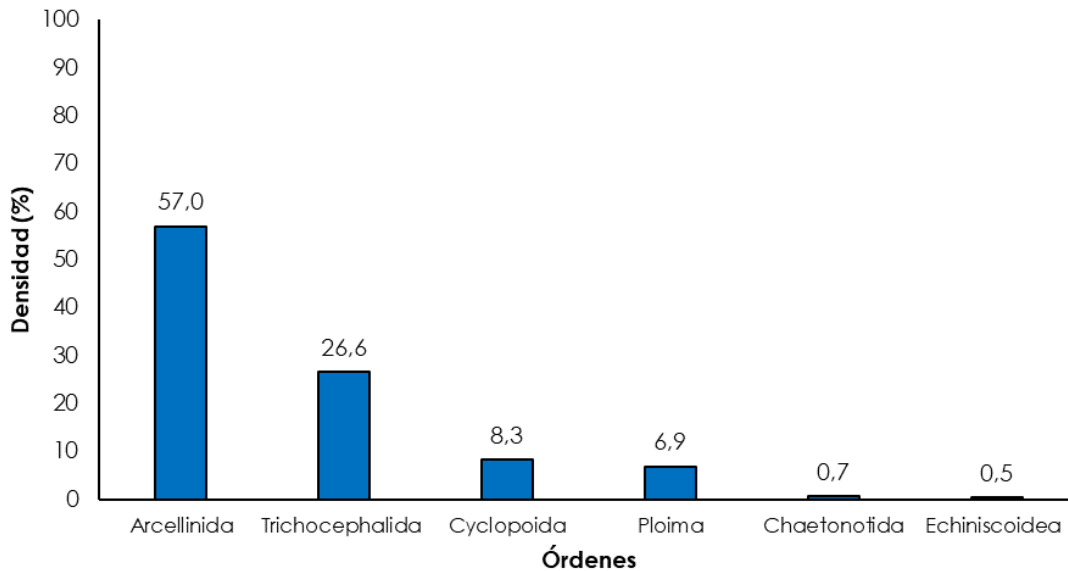
El humedal laguna Machín, presenta una estacionalidad marcada, en donde reduce su área notablemente durante algunos periodos, sumado a esto presenta algunos efectos parcialmente negativos por agricultura, ganadería y turismo que se presenta en la zona. Este humedal se ubica en el cráter de un volcán y no presenta conectividad con otros ecosistemas acuáticos, por lo que su extensión y volumen de agua depende principalmente de las lluvias. Durante el momento de la colecta, el humedal se encontraba con agua y muy extendido y desbordado, permitiendo la formación de nuevos microhábitats que pueden ser aprovechados por estos organismos.

En cuanto a los órdenes el más abundante fue Arcellinida con 1200 Ind/L (57%) y cuatro géneros seguido por Trichocephalida con 560 Ind/L (26.6%) y un género. Por otro lado, los órdenes menos representativos fueron Chaetonotida con 15 ind/L (0.7%) y Echiniscoidea con 10 ind/L (0.5%) (Figura 3.11).

Los arcelinidos o amebas lobosas con testa, son protozoos muy comunes en el agua, donde se muestran abundantes en casi todas las colectas de zooplancton. Estos organismos se hallan en acuíferos con abundante materia vegetal donde participan en la descomposición de lignina y

celulosa. Otra característica importante es la alta tasa reproductiva que poseen y los cambios morfológicos que presenta ante diversos eventos ambientales (Zapata, 2006).

Figura 3.11. Densidad relativa de los órdenes de la comunidad zooplancónica para el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



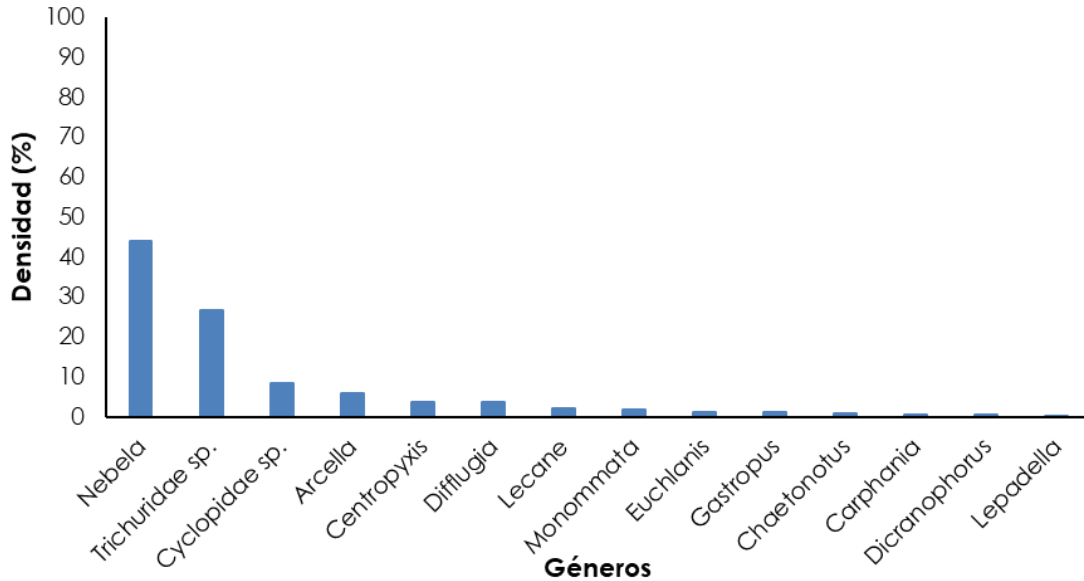
Fuente: GIZ, 2019.

Los nematodos del orden Trichocephalida generalmente son organismos poco abundantes en los ecosistemas acuáticos, debido a que generalmente estos animales son parásitos de otros animales y sus formas de vida libre son escasas o se presentan en los inicios del ciclo de vida. Para este caso, la abundancia de estos organismos se debe probablemente a su asociación con el ganado del cual son parásitos. (Hooda, 2011).

A nivel de género *Nebela* fue las más abundante con una densidad de 925 ind/L (43.9%), seguido por *Trichuridae* con 560 ind/L (26.6%). Mientras que los géneros *Carphania*, *Dicranophorus* y *Lepadella* presentaron una densidad baja con 10 ind/L cada uno (0.5%) (Figura 3.12).

Nebela fue el género más abundante, estos organismos pertenecen a las amebas lobosas o tecamebas, estos organismos tienen la facultad de sobrevivir en ambientes en extremo contaminados por lo que se asume que son un grupo eurioico y cosmopolita (Kumar y Patterson, 2000).

Figura 3.12. Densidad relativa de los géneros de la comunidad zooplanctónica para el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Los copépodos de la familia Cyclopidae por lo general son los organismos más abundantes del plancton en los ecosistemas acuáticos. Presentan una gran movilidad, debido a que son muy voraces y están en busca continua de alimento. Habitan en cuerpos de agua expuestos donde existan afloramientos de diatomeas, de las cuales se alimenta (Mercado y Suarez, 2011).

Análisis de Correspondencia Canónica. Las variables fisicoquímicas no presentan diferencia estadísticamente significativa con la densidad de la comunidad zooplanctónica, esto fue evidenciado por los efectos condicionantes de la prueba de Monte Carlo ($p > 0.05$).

El zooplancton se encuentra representado por organismos heterótrofos con cierto grado de movilidad, razón por la cual, son capaces de migrar dentro del humedal y buscar continuamente zonas donde exista agua y las condiciones no sean tan desfavorables.

Conclusión

Las amebas constituyeron el grupo más abundantes en el humedal Laguna Machín, estos organismos son generalistas y ubicuos y se distribuyen en todo tipo de ecosistemas acuáticos, independientemente de su grado de intervención.

ZOOPLANKTON ASOCIADO AL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN, IBAGUÉ (TOLIMA).

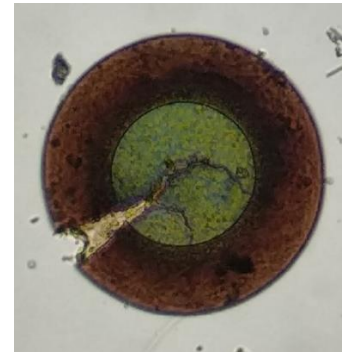
Orden: Arcellinida

Familia: Arcellidae

Género: *Arcella*

Descripción: Especie con un caparazón más o menos circular con apertura central invaginada, en muchas especies rodeada por un collar y/o un círculo de poros. Completamente orgánica, compuesta por unidades de construcción en forma de caja dispuestas en una sola capa y cementadas juntas, dando como resultado una superficie areolar (Arcella, 2016).

Aspectos ecológicos: Habitan en charcas de agua dulce, aguas eutróficas, marismas, musgos y follaje húmedo. Pocas especies también se pueden encontrar en los suelos (Arcella, 2016).



Orden: Arcellinida

Familia: Centropyxidae

Género: *Centropyxis*

Descripción: *Centropyxis* es un género de ameba testada, discoide, aplanada, un poco con forma de boina. La superficie dorsal es redondeada, el lado ventral es plano a cóncavo, con una apertura ventral, que puede ser circular a desigual, pero desplazada hacia un extremo (Arcella, 2016).

Aspectos ecológicos: Son comunes en hábitats de agua dulce y esfagno, pero la mayoría de las especies se encuentran en musgos y humus más secos (Arcella, 2016).



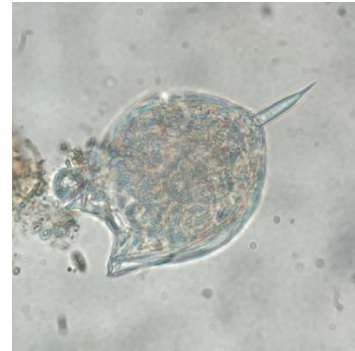
Orden: Ploima

Familia: Lecanidae

Género: *Lecane*

Descripción: Cuerpo aplanado dorso ventralmente, no poseen escudo cefálico, lorica carente de un surco dorsal, medial y carente de una cresta dorsal transversal, el pie que se proyecta a través de un agujero en la placa ventral en el extremo posterior de la lorica, este pie está dividido en dos; Placas dorsales y ventrales están conectadas por un surco (Thorp y Covich, 2001).

Aspectos ecológicos: Es común encontrar a esta familia en zonas litorales o en sistemas eutróficos (Thorp y Covich, 2001).



Clase: Maxillopoda

Orden: Cyclopoida

Género: *Cyclopoidae*

Descripción: Son de pequeño tamaño, de 0.5-3 mm de longitud en general (las hembras de algunas especies parásitas pueden ser mayores, de 4-6 mm). El cuerpo de los copépodos se divide en las dos regiones típicas de los crustáceos prosoma y urosoma (Thorp y Covich, 2001).

Hábitat: La mayoría de especies son dulceacuícolas y pertenecen a las subfamilias Cyclopinae y Eucyclopinae (Miracle, 2015).



Orden: Arcellinida

Familia: Diffugiidae

Género: *Diffugia*

Descripción: Ameba testada con una capa aglutinada, con una abertura terminal que es redonda, ovalada, lobulada o dentada, pero nunca con forma de hendidura. El caparazón está compuesto de partículas minerales, como fragmentos de cuarzo o fróbulos de diatomeas, llamados colectivamente xenosomas, que se ensamblan sobre cemento orgánico estructurado o similar a una lámina (Arcella, 2016).



Aspectos ecológicos: Muchas especies son comunes en sedimentos de agua dulce o entre plantas acuáticas; otros son planctónicos con una fase bentónica durante el invierno (Arcella, 2016).

Orden: Arcellinida

Familia: Nebelidae

Género: *Nebela*

Descripción: delgada, ovada o piriforme; Con plaquetas circulares u ovaladas de tamaños uniformes o varios; altamente irregular endoplasma con glóbulos de aceite; núcleo posterior; el cuerpo no llena la prueba y está conectado con este último por muchas hebras ectoplásmicas al final del fondo de ojo; pseudopodios romos, raramente ramificados (Nebela, 2014).

Aspectos ecológicos: Este género se distribuye ampliamente en todo el mundo, se encuentra comúnmente en agua dulce (Nebela, 2014).



Orden: Ploima

Familia: Notommataidae

Género: *Monommata*

Descripción: Dedos del pie más largos que el cuerpo, a excepción de una especie que los dedos son desiguales, poseen una corona ventral muy desarrollada (Thorp y Covich, 2001).

Aspectos ecológicos: Este género se encuentra comúnmente en la zona litoral. (Thorp y Covich, 2001).



Orden: Ploima

Familia: Euchlanidae

Género: *Euchlanis*

Descripción: Forma elíptica, grande, transparente. Posee una lorica compuesta por dos placas una dorsal y otra ventral, la placa dorsal esta arqueada y la ventral es plana, poseen mástax maleado. El pie articulado con el último elemento con dos espinas táctiles rígidas (Guillen, 2017).



Aspectos ecológicos: Ocurre con mayor frecuencia en ambientes eutróficos (Guillen, 2017).

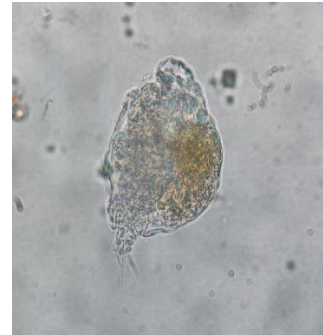
Orden: Ploima

Familia: Gastropodidae

Género: *Gastropus*

Descripción: Lorica compuesta de una pieza rígida, compuesta lateralmente. Superficie de lorica llana. Lorica con una pequeña abertura ventral para el pie. Pie anulado con uno o dos dedos. *Mastax virgate* (Gastropus, 2014).

Aspectos ecológicos: se mueve con agilidad entre las algas, tanto las de los fondos poco profundos como las que forman parte del plancton y ha conseguido llenar su panza con un buen puñado de ellas que pintan ahora de pardo y verde su interior (Gastropus, 2014).



Orden: Echiniscoidea

Familia: Carphaniidae

Género: *Carphania*

Descripción: Su tamaño varía desde 50 micras y juveniles hasta más de 1,5 mm, presenta cuatro pares de patas, generalmente con garras y aparatos faríngeos bucales diseñados para la succión penetrante, el cuerpo está cubierto por la cutícula, que se dilata periódicamente (Thorp y Rogers, 2015).

Aspectos ecológicos: Ocasionalmente se encuentran en agua dulce (Thorp y Rogers, 2015).



Orden: Ploima

Familia: Colurellidae

Género: *Lepadella*

Descripción: compuesta de una placa dorsal y ventral y comprimida dorsoventralmente. Placas dorsales y ventrales unidas rígidamente en los bordes. Con una abertura anterior para la protuberancia de la cabeza y una abertura posterior a través de la cual se proyecta el pie. La mastaxis tiene trofos maleadas (Lepadella, 2014).

Hábitat: Especies litorales.



Orden: Chaetonotida

Familia: Chaetonotidae

Género: *Chaetonotus*

Descripción: El cuerpo es alargado y ventralmente aplanado. Tiene una cabeza distinta, y típicamente dos o más órganos caudales de adhesión. La cola se divide frecuentemente en dos, formando una cola bífida distintiva. La cabeza tiene una boca, faringe, foto receptores y quimiorreceptores, alcanzan tamaños de hasta 3 mm, Están cubiertos de cilios y lo utilizan por sus medios de locomoción (Kånneby, 2013).

Hábitat: Se encuentra en agua dulce y estanques con musgo (Kånneby, 2013).



• MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Se colectó un total de 137 individuos, distribuidos en 2 phyla (Artrópoda, Anélida), 3 clases, 6 órdenes, 10 familias y 12 géneros (Tabla 3.5). El phylum Artrópoda presentó la mayor abundancia relativa, y estuvo representado por las clases Entognatha e Insecta siendo la última la más abundante en el humedal Laguna Machín; respecto a las familias, las más abundantes fueron Chironomidae (37.2%) y Culicidae (32.1%), mientras que Tipulidae (0.7 %) e Hydrometridae (1.5%) fueron las menos abundantes (Figura 3.13). En cuanto a los géneros encontrados, los más abundantes fueron *Culex* (32.1%) y *Orthocladiinae* (30.7%), por el contrario, los menos abundantes fueron *Atrichopogon*, *Canthydrus* y *Tipula* con (0.7%) (Figura 3.14).

El humedal Laguna Machín, presenta una alta abundancia de macroinvertebrados acuáticos siendo las familias más abundantes, Chironomidae y Culicidae, lo cual concuerda con estudios realizados para la cuenca del río Opia (Oviedo y Reinoso, 2018), afirmando que la presencia de la familia Chironomidae y la subfamilia Orthocladiinae, constituyen uno de los grupos más representativos dentro de los dípteros acuáticos, esto se confirmaría mediante estudios realizados en un humedal alto Andino por Rivera y sus colaboradores (2013), quienes ratifican que su abundancia se

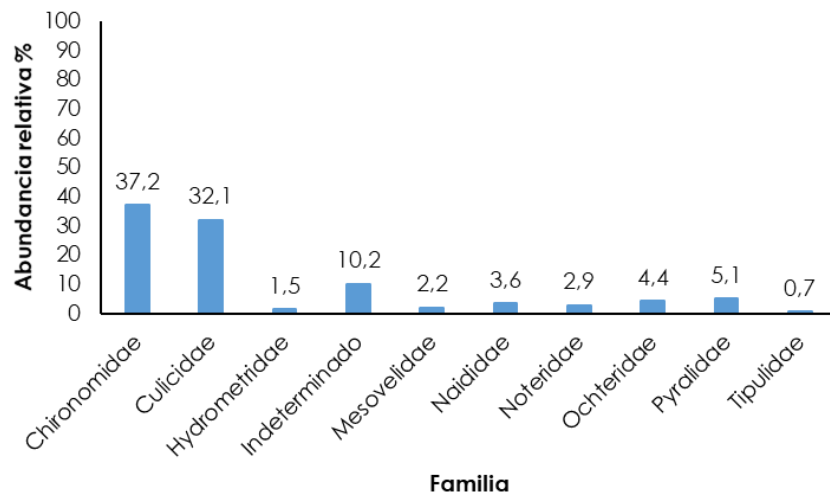
relaciona con su hábito trófico y la disponibilidad de materia orgánica y producción primaria a costa del perifiton del sistema, que provee condiciones óptimas para su establecimiento y desarrollo.

Tabla 3.5. Composición de macroinvertebrados acuáticos registrados en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Abundancia	%A.R.
Arthropoda	Entognatha	Collembola	Indeterminado	Indeterminado	14	10.22
	Insecta	Coleoptera	Noteridae	Hydrochantus	3	2.19
				Canthydrus	1	0.73
		Diptera	Chironomidae	Chironominae	2	1.46
				Orthocladinae	42	30.66
				Tanypodinae	6	4.38
			Ceratopogonidae	Atrichopogon	1	0.73
			Culicidae	Culex	44	32.12
			Tipulidae	Tipula	1	0.73
			Hemiptera	Hydrometridae	Hydrometra	2
		Mesovelidae		Mesovelina	3	2.19
		Ochteridae		Ochterus	6	4.38
		Lepidoptera	Pyrilidae	Indeterminado	7	5.11
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	Tubifex	5	3.65
				Total	137	100

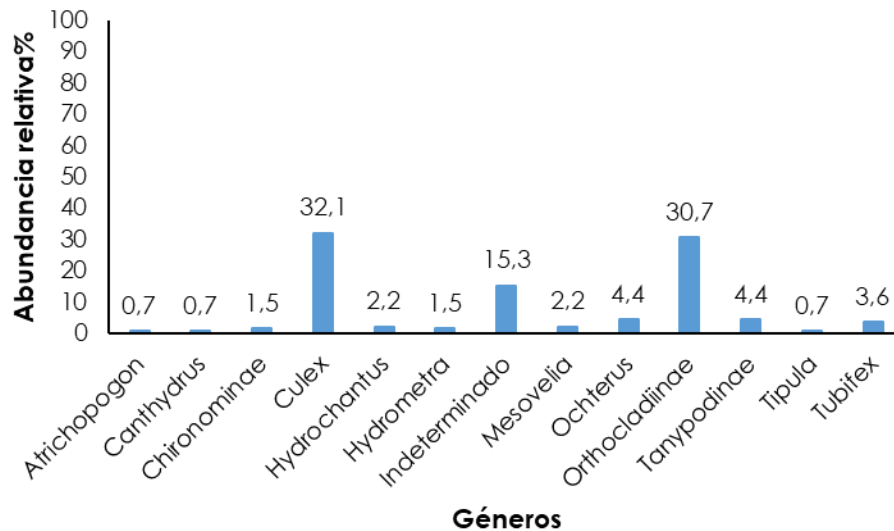
Fuente: GIZ, 2019.

Figura 3.13. Abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados acuáticos registrados en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Figura 3.14. Abundancia relativa de los géneros de macroinvertebrados acuáticos registrados en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

La subfamilia Orthoclaadiinae constituye alrededor de 90-77 % del total de la fauna de chironómidos (Reiz, 1977; Ashe, 1987 en Medina, 2008), asimismo, algunos factores como la velocidad de corriente, indirectamente condicionan la disponibilidad de alimento y el tipo de sustrato e influyen sobre el patrón de distribución de los chironómidos, condiciones reflejadas en el humedal estudiado donde se observó gran presencia de materia orgánica y colmatación por material vegetal.

Por otra parte, la abundancia de esta familia se debe posiblemente a sus múltiples estrategias tróficas y por estar adaptadas a diferentes factores ambientales o de estrés, donde la presencia de la subfamilia *orthoclaadiinae* se puede referir a su condición estenotérmica fría (Tejerina y Molineri, 2007).

Por otro lado, el género *Culex* también presenta una demarcada abundancia, teniendo en cuenta que es un grupo que ocupa un amplio rango de hábitats como charcos temporales, lagunas, lagos (Badii et al. 2015), que se caracteriza de igual forma por habitar sistemas con poco o ningún movimiento (Elizondo, 2002).

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN, IBAGUÉ (TOLIMA).

Orden: Diptera

Familia: Chironomidae

Subfamilia: Chironominae

Descripción: Larvas pequeñas (0.5 mm) a grandes (10 mm), generalmente de color crema verdoso o rojo con cápsula cefálica redondeada, dos manchas oculares a cada lado, las cuales están bien separadas y situadas una debajo de la otra en el plano horizontal. Antenas bien desarrolladas, con cinco a seis segmentos, no retráctiles, Labrum con seta uno (SI) simple, palmeada, plumosa o pinnada, con sus bases usualmente separadas. Lamela Labral generalmente bien desarrollada y en forma de peine (Ruiz, Ospina y Riss ,2000).

Hábitat: Larvas de vida libre o que habitan en tubos tejidos por ellas mismas y pegados, en la mayoría de casos, al sustrato, con hábito alimenticio principalmente detritófago y/o filtrador, presentes en regiones tropicales o subtropicales, comúnmente en zonas de corriente lenta y con temperaturas relativamente elevadas (Cobo y Gonzalez, 1990).



Orden: Diptera

Familia: Culicidae

Género: *Culex*

Descripción: Cabeza no fusionada con el tórax retráctil, los segmentos del cuerpo no subdivididos, segmentos del tórax fusionados y diferentes a los del resto del cuerpo (Roldan, 1996).

Hábitat: Hábitos endófilos o con tendencia a la domesticidad, ambos comportamientos importantes en la transmisión de patógenos (Forattini, Kakitani, Ueno y Kobayashi, 1999), manifestando preferencia por picar al hombre y los animales por lo cual viven en ambientes antrópicos denominándose endófilas y antropofílicas. Otras, preferentemente exófilas han ido modificando sus hábitos hacia la domesticidad (Forattini et al. 1999).



Distribución: Cosmopolita (Forattini et al. 1999).

Orden: Diptera

Familia: Chironomidae

Subfamilia: Orthocladinae

Descripción: Las larvas son generalmente acuáticas, de cuerpo alargado y tubular, con 12 segmentos abdominales bien definidos, cabeza bien desarrollada y pequeña, y sin patas. Dos pares de patas falsas o pseudopodos las ayudan en sus movimientos, aunque uno o ambos pares pueden estar ausentes. Las larvas son de color rojo, morado, azul, verde o blanco, pueden ser macrófagas (carnívoras), micrófagas (fitófagas) o detritívoras (De La Rosa, 1997).

Hábitat: Se encuentra en cuerpos de agua naturales o artificiales, en aguas someras, profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficies o en pequeños reservorios (bromeliáceas, axilas de las plantas) (Paggi, 2001). También se les encuentra en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición. Son indicadores de agua mesoeutróficas (Roldán, 1996). Las larvas pueden ser macrófagas (carnívoras), micrófagas (fitófagas) o detritívoras (Paggi, 2001).

Distribución: Cosmopolita (Paggi, 2001).

Orden: Diptera

Familia: Chironomidae

Subfamilia: podonominae

Descripción: Las larvas son de vida libre, de color pálido y nunca rojas; los segmentos abdominales no poseen placas esclerotizadas y las setas si bien son fuertes, nunca tan desarrolladas como las de Aphroteniinae y esparcidas irregularmente; procercos muy desarrollados, los cuales portan fuertes setas preanales; pseudopatas posteriores y uñas muy desarrolladas. La cápsula cefálica con antenas formadas por 4-5 segmentos, en algunas



especies el tercer segmento es anillado (especialmente las del género *Podonomopsis*); premandíbulas ausentes y mentón con un diente medio y de 7 a 15 dientes laterales (Domínguez y Fernández, 2009).

Distribución: La distribución de esta subfamilia presenta un patrón bipolar (anfitropical) (Brundin, 1983) muy llamativo e interesante. Si bien poseen representantes en ambos hemisferios, la mayor diversidad está dada en el Hemisferio Sur, con un 86% de la fauna mundial. Tanto la zona boreal como la austral no poseen especies en común (Domínguez y Fernández, 2009).

Orden: Diptera

Familia: Chironomidae

Subfamilia: Tanypodinae

Descripción: El tamaño de las larvas varía de 0.5 a 6.0 mm, el color puede ser rojizo, amarillento o blanco. Cápsula cefálica con una notoria forma alargada. Ojos constituidos generalmente por una sola mancha ocular a cada lado de la cabeza, con forma alargada o de riñón. Antenas siempre bien desarrolladas, con cuatro segmentos. El primer segmento es muy largo y delgado, con capacidad de ser retraído dentro de la cápsula cefálica junto con el resto de la antena (Moreno et al. 2000).

Hábitat: se encuentran en estanques, lagos, corrientes y ríos. No construyen casas y pueden moverse libremente a través del sustrato, pero algunas veces se hallan en las casas de otros quironómidos. Son depredadores de larvas de otros insectos y oligoqueto, aunque pueden comer algas bajo ciertas circunstancias. (Moreno et al. 2000).



Orden: Coleoptera

Familia: Noteridae

Género: *Hydrocanthus*

Descripción: Cuerpo de forma navicular y compacto, más o menos acuminado atrás 1.0 A 35 mm. sin pubescencia, patas adaptadas para remar, parte angosta de la apófisis prosternal de un tercio del ancho del borde posterior, fémures y tibias II y III anchos y chatos, Espolón distal de las tibias I robusto y curvado, fémures III con numerosas setas en el ángulo pósterointerno; apófisis prosternal redondeada atrás; márgenes pósterolaterales de las placas metacoxales con un grupo de setas (Domínguez y Fernández, 2009).

Hábitat: presentan su mayor abundancia en las zonas tropicales. Se encuentran en aguas estancadas, y someras, en vegetación flotante y sumergida. La mayoría son depredadores y detritívoros (Roldan, 1996).



Orden: Coleoptera

Familia: Hydrophilidae

Género: *Berosus*

Descripción: De un tamaño entre 1.5 a 45 mm. Antena en forma de porra, pata media y posterior aplanadas en forma de remo, de color negro, algunos presentan una quilla esternal. Su color puede ser negro o pardo con manchas o puntos. Abdomen con 8 segmentos abdominales completos, branquias abdominales y sin atrio espiracular), Pubescencia hidrófuga de los fémures brevemente oblicua, transversa o con límite sinuoso, Proceso mesosternal laminar por lo menos en la mitad posterior, a veces ahuecado por detrás del diente anterior. Protarso de los machos tetrámero (Roldan, 1996).

Hábitat: De aguas lentícas como charcas y lagunas poco profundas, con mucha materia orgánica. Algunos son indicadores de aguas muy contaminadas. Los adultos por lo general son



herbívoros, se alimentan de algas, hojas en descomposición. Las larvas son depredadoras (Roldan, 1996).

Orden: Haplotaxida

Familia: Naididae

Género: *Tubifex*

Descripción: Estos gusanos pueden variar en tamaño, desde centímetros hasta milímetros, dependiendo de la subfamilia. Todos ellos son hermafroditas y carecen de una etapa larvaria.

Hábitat: Son componentes clave de las comunidades bentónicas de muchos ecosistemas marinos y de agua dulce. En acuarios de agua dulce pueden denominarse gusanos detritus



Orden: Hemiptera

Familia: Naucoridae

Género: *Pelocoris*

Descripción: Las antenas trisegmentadas en las ninfas de toda la familia, van creciendo paulatinamente en los sucesivos estadios, en tanto que en el 2° antenito va tomando la forma cuadrangular típica del de los adultos. Los ojos, en los dos primeros estadios, tienen los bordes internos rectos, mientras que en los tres últimos van curvándose, hasta que en el 5° estadio ya son como los del adulto. El tamaño relativo de la cabeza varía llamativamente en los diversos con respecto al tamaño total del animal (López, 1992).

Hábitat: Habitan en ambientes lenticos, con abundantes plantas acuáticas flotantes y arraigadas; generalmente caminan y se esconden entre las raíces de las primeras, cazando al acecho (López, 1992).



Orden: Hemiptera

Familia: Notonectidae

Género: *Notonecta*

Descripción: 3.0-4.0 mm; blancuzcos, forma de bote, fémur de la pata media con una protuberancia preapical. Antena en adultos con cuatro segmentos, Pueden presentar polimorfismo alar, con ejemplares macrópteros (con alas normales y braquípteros (con hemiélitros poco reducidos y alas posteriores cortas o ausentes, en algunas especies los macrópteros son raros. Muchas especies son atraídas por la luz, a menudo en grandes cantidades (Roldan, 1996).

Distribución: *Notonecta* es el único género cosmopolita y el de mayor riqueza específica (cerca de 80 especies y subespecies). Viven en una amplia variedad de ambientes dulceacuícolas. Habitan preferentemente ambientes lenticos, naturales (charcos, lagos o lagunas) y artificiales (zanjas, embalses, bebederos, piletas de natación, tanques, fuentes o arrozales) (Domínguez y Fernández, 2009).



Orden: Odonata

Familia: Coenagrionidae

Género: *Argia*

Descripción: 11.0 mm; sin contar agallas; patas aplanadas, lígula muy prominente y una seta palpal, pero se diferencia de sus parientes más cercanos por tener tibias generalmente con dos anillos oscuros bien definidos, el margen posterior de la esternita 6 lisa y el margen posterior de la esternita 7 lisa Medialmente y con setas espiniformes lateralmente (González y Novelo, 2014)

Hábitat: Ambientes Lóticos moderados, entre piedras y vegetación. Indicadores: aguas oligomesotróficas, también se encuentra en arroyos abiertos, anchos y poco profundos donde el flujo de agua fue lento a moderado, cerca de la costa dentro de un bosque nublado (Roldan, 1996).



Orden: Odonata

Familia: Libellulidae

Género: *Brechmorhoga*

Descripción: Las ninfas son variadas, pero siempre poseen el labio con forma de cuchara, no poseen las crenulaciones del palpo labial tan profundas (Ramírez, 2010).

Hábitat: Habitan en casi cualquier cuerpo de agua, principalmente los lóticos (ríos y quebradas), pero algunas especies incluso habitan en fitotelmata. Asimismo, dentro de un cuerpo de agua las ninfas habitan una diversidad de microhábitats, prefiriendo los rápidos pedregosos y la vegetación de la orilla (Ramírez, 2010).

Orden: Odonata

Familia: Coenagrionidae

Género: *Ishnura*

Descripción: Tienen en común el no tener una incisión media en la lígula y branquias caudales bastante homogéneas en grosor (Ramírez, 2010).

Hábitat: Habitan en casi cualquier cuerpo de agua, principalmente los lóticos (ríos y quebradas), pero algunas especies incluso habitan en fitotelmata. Asimismo, dentro de un cuerpo de agua las ninfas habitan una diversidad de microhábitats, prefiriendo los rápidos pedregosos y la vegetación de la orilla (Ramírez, 2010).

- **ICTIOFAUNA**

Con un esfuerzo de muestreo como se describe en la metodología, en el humedal Laguna Machín no fueron encontrados peces, lo cual se puede atribuir a la altitud. Adicionalmente, este humedal no presenta una entrada permanente de agua, es decir, tampoco facilita el intercambio de fauna íctica con otros cuerpos de agua, lo cual restringe el establecimiento de la comunidad íctica en el humedal.

Conclusión

El humedal Laguna Machín no presenta las condiciones necesarias para el desarrollo y mantenimiento de la comunidad íctica.

• HERPETOFAUNA

En el humedal solo se registró la especie *Micrurus mipartitus* perteneciente a la familia Elapidae y al orden Squamata.

Este tipo de humedal propio de bosque muy húmedo montano alto, tiende a albergar una diversidad de anfibios y reptiles bajas, dado a que las condiciones que presentan son adversas para los herpetos, ya que estos al ser ectotermos, depende de la temperatura, una limitante en las altas montañas (Lynch et al. 1997; Navas, 2006; Bernal y Lynch, 2008).

La especie *Micrurus mipartitus* se caracteriza por ser oportunista y aprovecharse de pequeños vertebrados como ranas y cecilias. No obstante, para el sitio se reportan especies como, *Pristimantis taeniatus*, *Pristimantis uranobates*, *Pristimantis permixtus* (Colección Zoológica Universidad del Tolima-Anfibios, 2019). Además, Este tipo de hábitat presenta las condiciones óptimas para el establecimiento de estas especies.

Por otra parte, es un grupo clave en este ecosistema, pues representan un recurso importante en la cadena trófica, al ser controladores del crecimiento demográfico en algunos artrópodos, así como alimento para varios grupos de depredadores, como las serpientes y aves (Guayara y Bernal, 2012).

Categorías ecológicas.

La especie registradas en el humedal Machín, se encuentra bajo la categoría de “preocupación menor” (LC), lo cual indica que sus poblaciones no se ven amenazadas significativamente. Teniendo en cuenta que aun así se ve la necesidad de propuestas ambientales dirigidas al mejoramiento del humedal, potenciando el establecimiento y el crecimiento poblaciones de diversas especies de herpetos (IUCN, 2019).

Aspectos ecológicos. Si bien en la zona se observa diversos grados de intervención, como alteración en la estructura del humedal, y la pérdida de conectividad del área boscosa, el humedal muestra un valor ecosistémico

importante, ya que refugia diversas especies, los cuales no son completamente generalistas, y requieren de condiciones claves como la calidad del agua y la presencia de fragmentos de bosque para su subsistencia.

Conclusión.

El humedal Laguna Machín, es un importante punto de conservación de la diversidad de reptiles del bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), pues posee un cuerpo de agua de gran extensión, el cual permite el establecimiento de un gran número de individuos, con requerimientos nutricionales y ecológicos distintos.

HERPETOFAUNA ASOCIADA AL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN, IBAGUÉ (TOLIMA).

Orden: Squamata

Familia: Elapidae

Género: *Micrurus*

Especie: *Micrurus mipartitus*

Nombre común: Rabo de ají

Descripción: tiene mm de LHC. Serpiente caracterizada por presentar una banda roja en la cabeza y cuatro bandas rojas en la cola, presenta una coloración dorsal con bandas negras y blancas (Hernández, 2015).

Hábitat: Es de hábitos terrestres y minadores, su hábitat va desde el bosque seco tropical hasta el bosque muy húmedo montano bajo.

Categoría: Preocupación menor (LC)

Distribución nacional: En los departamentos de Antioquia, Atlántico, Boyacá, Caldas, Cundinamarca y Tolima (Uetz et al. 2019).



• **AVIFAUNA**

Abundancia relativa. Con un esfuerzo de muestreo de 40 horas red, 50 minutos de observación en puntos de conteo y 8 horas de observaciones libres, se registraron 21 especies de aves distribuidas en 17 familias y siete órdenes (total individuos: 62) (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Especies registradas en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima). CE: Categoría ecológica.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB	CE
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis columbiana</i>	2	II
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	1	III
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	1	II
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	1	III
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	18	III
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	9	III
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	1	III
Falconiformes	Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	1	III
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria ruficapilla</i>	2	Ib
Passeriformes	Furnariidae	<i>Synallaxis azarae</i>	1	II
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus fumigatus</i>	3	II
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	3	III
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca armillata</i>	1	II
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	5	II
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	5	III
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Pheugopedius mystacalis</i>	1	II
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	1	II
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia lanirostris</i>	1	II
Passeriformes	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	1	III
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	1	Ib
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa cyanea</i>	3	Ib
7	17	21	62	3

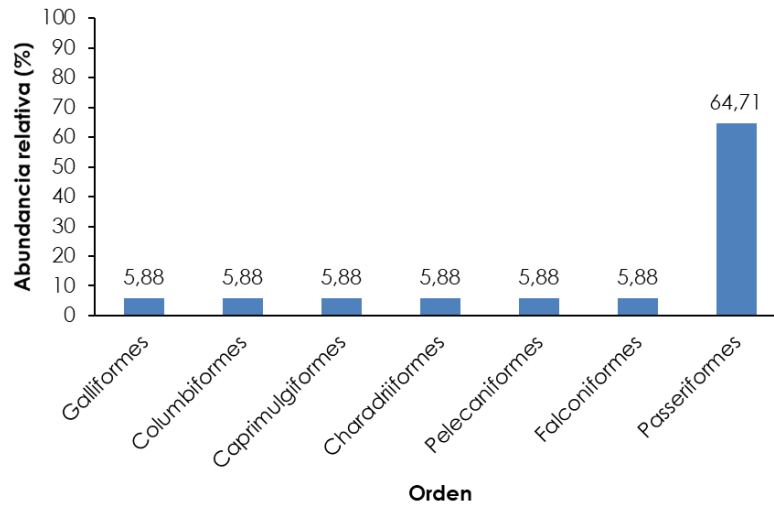
Fuente: GIZ, 2019.

Passeriformes con 11 familias (Figura 3.15), 13 especies (Figura 3.16) y 28 individuos (Figura 3.17) fue el más abundante, los demás órdenes solo registraron una sola familia, sin embargo, teniendo en cuenta el número de

especies, Falconiformes y Columbiformes fueron los siguientes más diversos registrando 2 especies cada uno.

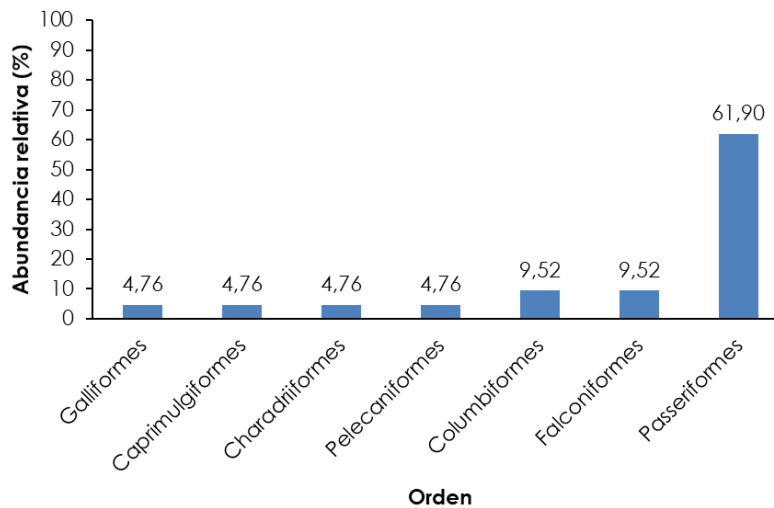
De acuerdo con autores como Manchado y Peña (2000), Hilty y Brown (2001) y Ricklefs (2012), estos resultados se ajustan con lo reportado a nivel mundial y Neotropical, ya que Passeriformes constituye el más diverso dentro de las aves, componiéndose de especies adaptadas a todos los hábitats.

Figura 3.15. Abundancia relativa de familias en los órdenes de aves presentes en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



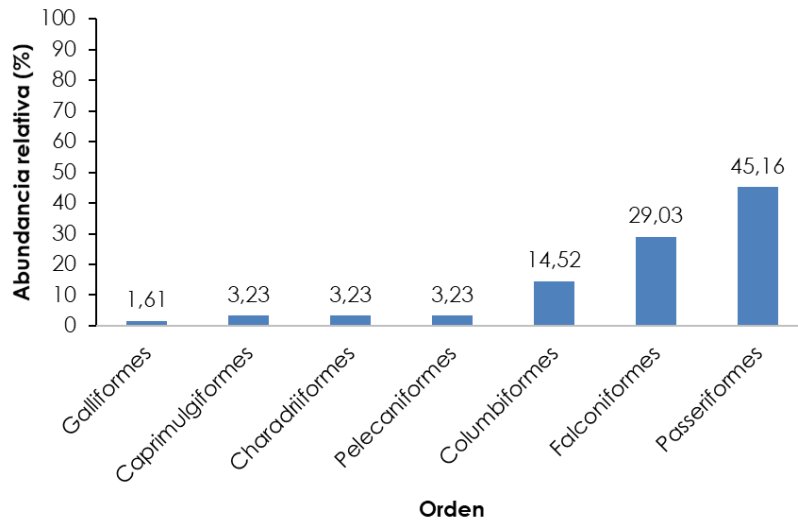
Fuente: GIZ, 2019.

Figura 3.16. Abundancia relativa de especies en los órdenes de aves presentes en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Figura 3.17. Abundancia relativa de individuos en los órdenes de aves presentes en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

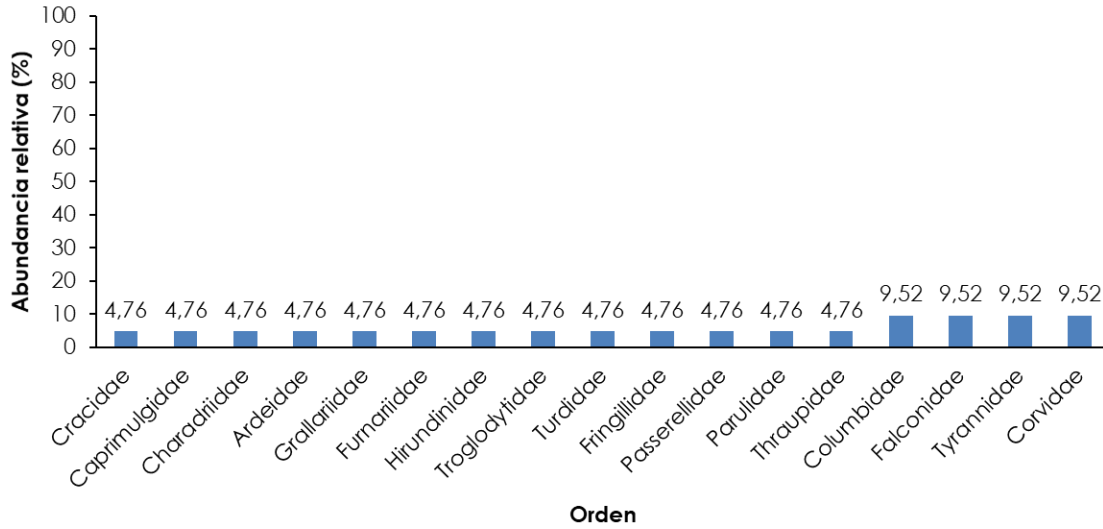


Fuente: GIZ, 2019.

En cuanto al número de especies, las familias más diversas fueron Corvidae, Tyrannidae, Falconidae y Columbidae (dos especies cada una, 38.1%) (Figura 3.18), las cuales comúnmente no se han registrado como las más diversas dentro de los humedales del departamento, a excepción de Tyrannidae la cual muestra gran abundancia a nivel regional en diferentes localidades del Tolima (GIZ, 2016 a,b,c,d).

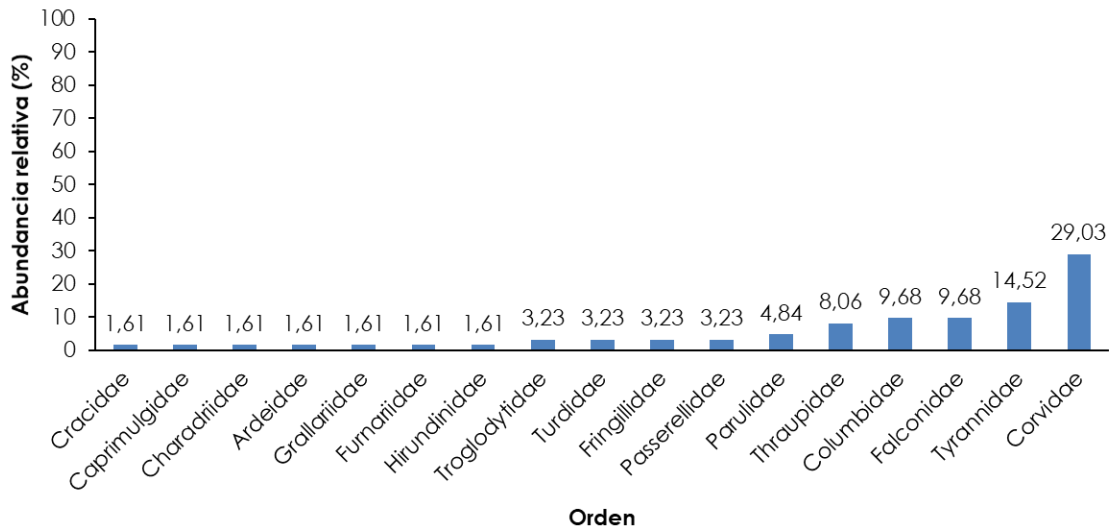
Respecto a la abundancia de individuos, Charadriidae constituyó la familia con mayor número de registros (18 individuos) asimilándose a lo reportado en el humedal Azuceno del municipio de Guamo, Tolima (GIZ, 2015), seguida por Ardeidae (nueve individuos), Corvidae y Tyrannidae (seis individuos cada una) (Figura 3.19); todas estas, a excepción de Corvidae, se componen de especies asociadas a cuerpos de agua o pueden ocupar sitios adyacentes a estos.

Figura 3.18. Abundancia relativa de especies por familia de aves presentes en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Figura 3.19. Abundancia relativa de individuos por familia de aves presentes en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

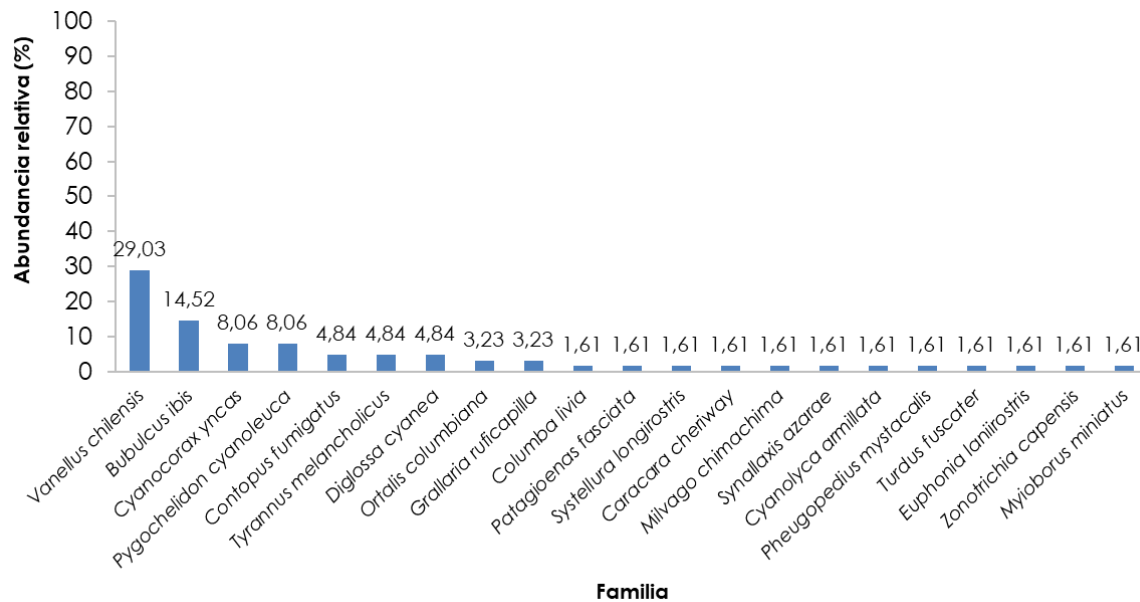


Fuente: GIZ, 2019.

Vanellus chilensis con 18 registros y *Bubulcus ibis* con nueve registros (43.55% del total de registros) fueron las especies más abundantes (Figura 3.20). La abundancia de estas especies se asocia al hecho de que son muy activas y constituyen aves comunes en pastizales abiertos, praderas húmedas, en áreas pantanosas con vegetación enmarañada de baja altura, zonas de

cultivos y en áreas con actividad ganadera (Hilty y Brown, 2001), condiciones presentes en el área de estudio evaluada. Asimismo, estas especies son altamente sociables, por lo cual se registran principalmente en parejas o pequeños grupos principalmente mediante las metodologías de observaciones libres o puntos de conteo (Hilty y Brown, 2001).

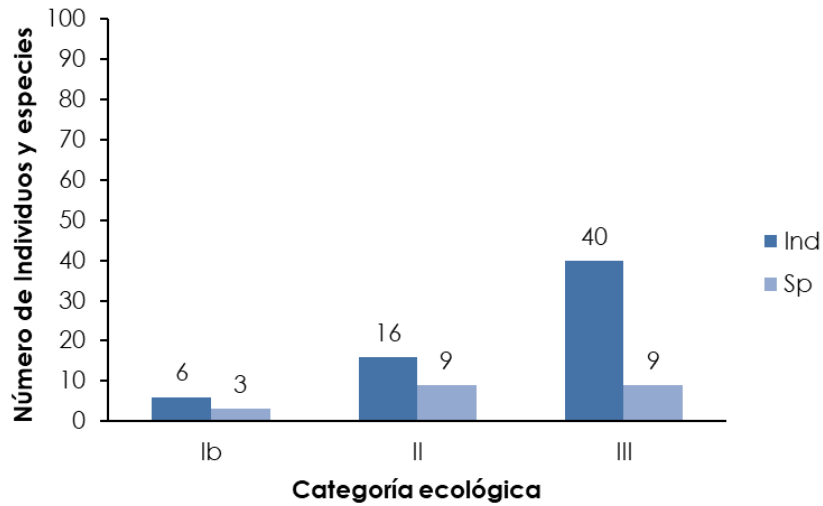
Figura 3.20. Abundancia relativa de especies de aves en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Categorías ecológicas. Teniendo en cuenta el número de especies e individuos registrados en el humedal Laguna Machín, las categorías ecológicas que más especies e individuos registraron fueron la III y la II, dentro de las cuales se agrupan a aquellas especies con alta tolerancia a la intervención humana y bajos requerimientos de hábitat (bosque secundario, borde de bosque o áreas abiertas) (Stiles y Bohórquez, 2000) (Tabla 3.6, Figura 3.21).

Figura 3.21. Número de especies e individuos presentes en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima) según su categoría ecológica.



Fuente: GIZ, 2019.

Especies de interés.

Especies en categoría IUCN. Al revisar los libros rojos de aves de Colombia (Renjifo et al. 2002; Renjifo et al. 2014) y la lista roja de la IUCN (2019) no se registraron especies en categorías de amenaza, de modo que todas las especies registradas se localizan en la categoría “preocupación menor” (LC).

Especies en apéndices CITES. Del total de especies reportadas, *Caracara cheriway* y *Milvago chimachima* se encuentran registradas en el apéndice II del CITES constituyendo especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían estarlo si no se controla su comercio (Roda et al. 2003).

Especies migratorias. Con base a las listas de aves migratorias elaboradas por Naranjo y Espinel (2009), Naranjo et al. (2012), Ayerbe (2018) y Avendaño et al. (2017) no se registraron las especies migratorias.

Especies endémicas. Con base en Chaparro-Herrera et al. (2013), se registraron la especie endémica *Ortalis columbiana* y la especie casi endémicas *Pheugopedius mystacalis*.

Conclusión. La avifauna registrada en el humedal Laguna Machín, estuvo constituida principalmente por especies de las familias Corvidae, Tyrannidae, Falconidae y Columbidae, las cuales en su mayoría corresponden a especies con alta tolerancia a la intervención humana y bajos requerimientos de hábitat. Se destaca el registro de dos especies CITES, una especie endémica y una especie casi endémica.

AVIFAUNA REGISTRADA EN EL HUMEDAL LAGUNA MACHÍN, IBAGUÉ (TOLIMA).

Orden: Galliformes

Familia: Cracidae

Género: *Ortalis*

Especie: *Ortalis columbiana*

Nombre común: Guacharaca colombiana.

Descripción: Guacharaca pequeña de 53 cm de longitud. No exhibe dimorfismo sexual. Se caracteriza por presentar la parte anterior del cuello y pecho escamado de blanco. Presenta una cola pequeña de color rojo, la cabeza es de color grisáceo y la frente de color blanco, el cuerpo en general exhibe una coloración café grisácea. Las patas son de color rosado y su cola larga es de color castaño (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Bosques premontanos, bosques húmedos y bordes de bosque (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Es una especie endémica de Colombia y se distribuye entre los 100-2500 m.s.n.m. Se encuentra al W de los Andes en los piedemontes del Valle del Cauca y el valle del Magdalena (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Columbiformes

Familia: Columbidae

Género: *Columba*

Especie: *Columba livia*

Nombre común: Paloma doméstica

Descripción: Mide 31-34 cm. Presenta iris que varía del naranja dorado al rojo naranja, tiene piel orbital gris azul, pico negro con cera blanca y patas de color rojo a púrpura. Es principalmente de color gris azulado, más oscuro en la cabeza y rabadilla; en su cuello y alto pecho presenta un matizado metálico verde o púrpura. La hembra es levemente más opaca y con menos iridiscencia en el cuello. El plumaje es variable presentando individuos más pálidos, cafés o blancos (Cornell University, 2017).

Hábitat: Habita en paredes rocosas, acantilados y cuevas. Las palomas introducidas habitan principalmente en parques, plazas y edificaciones humanas evitando lugares de vegetación alta y densa (Cornell University, 2017).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Se encuentra en zonas urbanas de todo el territorio nacional por debajo de los 3500 m.s.n.m. (Ayerbe, 2018).



Orden: Columbiformes

Familia: Columbidae

Género: *Patagioenas*

Especie: *Patagioenas fasciata*

Nombre común: Torcaza collaraja

Descripción: Mide 36 cm. Pico amarillo, es principalmente gris pardusco, balda blanca conspicua en la nuca y lustre verde bronceado metálico en la alta espalda; cabeza y partes inferiores gris vináceo, cola ancha en forma de abanico (Hilty y Brown, 2001).



Hábitat: Común en selvas húmedas de montaña, claros con árboles grandes dispersos y aún laderas abruptas en rastrojadas (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Principalmente entre 2000-3000 m.s.n.m. Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de Perijá y las tres cordilleras (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Caprimulgiformes

Familia: Caprimulgidae

Género: *Systellura*

Especie: *Systellura longirostris*

Nombre común: Guardacaminos andino

Descripción: Mide 22 cm. Macho principalmente negruzco, manchado y punteado de rufo; collar nuchal rufo y banda blanca en baja garganta. Hembra similar, pero con banda alar y garganta ante; cola barrada de ante y fusco. Alas redondeadas y cola relativamente larga (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en claros con pastos, pendientes abiertas y bordes de selvas (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre 1600-3600 m.s.n.m. Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía De Perijá, en las tres cordilleras (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Charadriiformes

Familia: Charadriidae

Género: *Vanellus*

Especie: *Vanellus chilensis*

Nombre común: Caravana o pellar común

Descripción: Longitud total de 33-36 cm. Ambos sexos son similares. Presenta pico rosa con punta negra, patas rosa y una cresta occipital larga y aguda de color negro. Por



encima es principalmente de color gris pardusco con hombros color verde bronceado. Tiene la frente, parche gular y pecho negro. Su vientre y rabadilla son blancos y su cola negra. Al vuelo muestra sus alas negras con parche blanco en la cobertoras (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Habita en descampados e incluso en ámbitos urbanos, su presencia es más usual en las cercanías de cañadas y lagunas (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Hasta 3100 m.s.n.m. (PNN Puracé). En todo el país hasta S del Cauca. Local en vertiente pacífica, raramente en la Amazonía (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Pelecaniformes

Familia: Ardeidae

Género: *Bubulcus*

Especie: *Bubulcus ibis*

Nombre común: Garcita del ganado

Descripción: Mide 46-51 cm de longitud. Cuerpo completamente blanco con pico amarillo y patas verde opaco. Durante el periodo reproductivo también blanca con coronilla, espalda y pecho amarillentos y pico y patas rojizos (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Zonas de cultivos y en donde hay actividad ganadera, algunas veces en zonas suburbanas y ciudades. También usa praderas, pantanos, arrozales y en menor medida bosques y hábitats marinos (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Hasta los 2600 m.s.n.m. Se encuentra en el W de los Andes y E hasta el W de Caquetá y Vaupés (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Falconiformes

Familia: Falconidae

Género: *Caracara*

Especie: *Caracara cheriway*

Nombre común: Guaracuaco común

Descripción: Mide 49-50 cm. Tiene iris café, piel facial y cera rojos, patas amarillas, pico con base azulosa y punta blanca. Presenta cresta y capucha negras, lados de la cabeza y cuello de color blanco crema que se extiende hasta el pecho, flancos y manto, estos últimos barrados de negro; el resto del cuerpo es principalmente negro (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en áreas abiertas, sabanas, pastizales, áreas de cultivo, playas y bordes de bosques deciduos (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Hasta los 3300 m.s.n.m. Se encuentra en todo el país menos en la costa pacífica y áreas de la Amazonía (Ayerbe, 2018).



Orden: Falconiformes

Familia: Falconidae

Género: *Milvago*

Especie: *Milvago chimachima*

Nombre común: Pigua

Descripción: Longitud total de 41-46 cm. Cola más bien larga, y "ventana" grande de color ante en las primarias. En los adultos la cabeza y región inferior son de color ante claro. Línea postocular negra. Espalda, parte superior de las alas y área bajo las secundarias color café oscuro. Cola blancuzca barreteada con negro y banda subterminal ancha negra. Pico y patas entre azul claro y verdoso, y cera y parte desnuda de la cara entre amarillo y rojizo (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en zonas abiertas y poco boscosas, borde de bosque y caminos,



algunas veces vista al borde de quebradas, ríos y embalses, solitaria y comúnmente ubicada en la parte alta de árboles con poco follaje y en el subdosel (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Hasta los 1800 m.s.n.m., raramente a 2600 m.s.n.m. Es una especie ampliamente distribuida en todo el país excepto en Nariño (Hilty y Brown 2001).

Orden: Passeriformes

Familia: Grallariidae

Género: *Grallaria*

Especie: *Grallaria ruficapilla*

Nombre común: Tororoi comprapán

Descripción: Mide 20 cm. Coronilla, nuca y lados de la cabeza de color rufo canela brillante en contraste con partes superiores oliva y garganta níveo; el resto de las partes inferiores son blancas ampliamente estriadas y marginadas negruzco y oliva (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en selva húmeda, bordes y monte secundario (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre 1200-2800 m.s.n.m. En las tres cordilleras de los Andes y Serranía de Perijá (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Passeriformes

Familia: Furnariidae

Género: *Synallaxis*

Especie: *Synallaxis azarae*

Nombre común: Rastrojero de azara

Descripción: Tiene 18 cm de longitud. Principalmente café oliva deslucido por encima hasta coronilla anterior; coronilla posterior, hombros y cola larga, rufos; alta garganta blanca; plumas de baja garganta

con bases negras, lados de la cabeza y pecho gris, abdomen blanco; lados parduscos (Hilty y Brown 2001).

Hábitat: Común en claros enmalezados, orillas de caminos y bordes enmarañados de selva nublada (Hilty y Brown 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Se encuentra entre 1600-3000 m.s.n.m. En la Cordillera Oriental y Cordillera Central (Hilty y Brown 2001).

Orden: Passeriformes

Familia: Tyrannidae

Género: *Contopus*

Especie: *Contopus fumigatus*

Nombre común: Atrapamoscas sombrío

Descripción: Mide 17 cm. Tiene una cresta prominente. Coloración gris pizarra uniforme, más pálido debajo especialmente en abdomen. Mandíbula inferior amarillenta (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en bordes de selva húmeda y muy húmeda, y claros en árboles dispersos (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre 300-3000 m.s.n.m. Serranía de Perijá y los Andes (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Passeriformes

Familia: Tyrannidae

Género: *Tyrannus*

Especie: *Tyrannus melancholicus*

Nombre común: Sirirí común

Descripción: Longitud de 22 cm. Cabeza gris con máscara negruzca; parche naranja oculto en la coronilla; espalda oliva grisáceo; alas y cola ligeramente ahorquillada café negruzco; garganta gris pálido; bajas partes inferiores amarillas con fuerte lavado oliva en el pecho (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Terrenos abiertos o semiabiertos con árboles dispersos, también en áreas residenciales y en claros y orillas de ríos en zonas selváticas (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Es una de las aves más comunes y conspicuas de terrenos abiertos o semiabiertos con árboles, encontrándose en todo el territorio por debajo de los 2800 m.s.n.m. (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Passeriformes

Familia: Corvidae

Género: *Cyanolyca*

Especie: *Cyanolyca armillata*

Nombre común: Urraca azul

Descripción: Mide 30 cm. Principalmente azul oscuro purpúreo, coronilla azul más pálido, frente y máscara ocular negras; garganta azul brillante, cola más bien larga y negra debajo (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Selva húmeda, bordes y bosque secundario avanzado especialmente con bambú y helechos arborescentes (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre 1600-3100 m.s.n.m. Extremo N de la Cordillera occidental en Antioquia, toda la Cordillera central S hasta la vertiente E de Nariño, Cordillera oriental S hasta Cundinamarca (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Passeriformes

Familia: Corvidae

Género: *Cyanocorax*

Especie: *Cyanocorax yncas*

Nombre común: Carriquí de montaña

Descripción: Mide 32 cm. Tiene ojos amarillos. Corta cresta frontal y base del pico azul; lados de la cabeza, garganta y pecho negros, resto de partes inferiores amarillo brillante; coronilla y nuca blanco azulado. Partes superiores y cola verde brillante (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en selva húmeda y muy húmeda, bordes, monte secundario alto y árboles en claros (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre 1200-2800 m.s.n.m. En las tres cordilleras de los Andes (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Passeriformes

Familia: Hirundinidae

Género: *Pygochelidon*

Especie: *Pygochelidon cyanoleuca*

Nombre común: Golondrina azul y blanca

Descripción: Mide 13 cm. Por encima azul oscuro lustroso, debajo blanco, infracaudales negras. Cola ligeramente ahorquillada (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en claros de selva y en áreas urbanas (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Hasta 3000 m.s.n.m. Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía de



Perijá y Serranía de la Macarena, Andes y E de los Andes desde Meta hasta Putumayo (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Passeriformes

Familia: Troglodytidae

Género: *Pheugopedius*

Especie: *Pheugopedius mystacalis*

Nombre común: Cucarachero bigotudo

Descripción: Mide 15 cm. Coronilla hasta espalda gris pardusco, resto de espalda, alas y cola castaños rufo; cola barrada de negro. Superciliar larga blanca, lados del cabeza gris estriado de blanco; garganta blanca y resto de partes inferiores café anteadado (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en enredaderas, arbolitos y helechos en bordes de selva o árboles caídos, también matorrales en claros (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre 1000-2800 m.s.n.m. Cordilleras de los Andes extendiéndose hasta Norte de Santander (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Passeriformes

Familia: Turdidae

Género: *Turdus*

Especie: *Turdus fuscater*

Nombre común: Mirla común

Descripción: Tiene 33 cm de longitud. Pico y patas naranja. Encima café grisáceo oscuro uniforme con estrecho anillo ocular naranja; alas y cola más oscuras, partes inferiores más pálidas (o más café oliva en general; bajo pecho y abdomen blanquecinos) (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Muy común en tierras altas abiertas y cultivadas, con setos, potreros de pastos cortos



y pendientes enmalezadas; a veces en parches aislados de (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre los 1400-4100 m.s.n.m. Sierra Nevada de Santa Marta; Serranía de Perijá; en las tres cordilleras de los Andes (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Passeriformes

Familia: Fringilidae

Género: *Euphonia*

Especie: *Euphonia lanirostris*

Nombre común: Eufonia gorgiamarilla

Descripción: Mide 10.9 cm. Pico grueso. Macho con partes superiores azul acero lustroso; frente amarilla; partes inferiores, garganta y alto pecho amarillo brillante, extensa mancha blanca en margen interno de dos pares externos de rectrices. Hembra verde oliva por encima, debajo amarilla con tinte oliva en el pecho (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en arbolados, claros con árboles, bordes y monte secundario en zonas secas a húmedas (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Hasta 1800 m.s.n.m. En todo el país (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Passeriformes

Familia: Passerellidae

Género: *Zonotrichia*

Especie: *Zonotrichia capensis*

Nombre común: Copetón común

Descripción: Mide 14 cm. Ligeramente crestado. Cabeza gris con dos listas negras en la coronilla, estrecha lista postocular y corta lista malar negra; collar rufo en nuca y lados del cuello; resto de partes superiores café estriado de negro en la espalda; garganta



blanca rodeada debajo por parche negruzco en cada lado del pecho; resto de partes inferiores gris claro (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común casi en todas partes en áreas agrícolas y terreno abierto con arbustos y árboles dispersos en las montañas, con frecuencia en numerosos parques y prados en los pueblos y ciudades (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: De 1000-3700 m.s.n.m. en los Andes Serranía de Macuira en Guajira (250 m.s.n.m.), Sierra Nevada de Santa Marta (850-3400 m.s.n.m.), Serranía de la Macarena; 150-300 m.s.n.m. en E Guainía. Localmente en parches de sabana hasta Vaupés (Sabana del Cubiyú) (Hilty y Brown, 2001).

Orden: Passeriformes

Familia: Parulidae

Género: *Myioborus*

Especie: *Myioborus miniatus*

Nombre común: Abanico pechinegro

Descripción: Mide 13 cm. Partes superiores, cabeza, garganta y pecho gris pizarra; parche castaño en la coronilla. Pecho y abdomen amarillo brillante; infracaudales y rectrices externas blancas (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Común en selva, montes claros y bordes, piedemontes y montañas (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: Entre 500-2700 m.s.n.m. Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía de Perijá, Andes y Serranía de la Macarena (Hilty y Brown, 2001).



Orden: Passeriformes

Familia: Thraupidae

Género: *Diglossa*

Especie: *Diglossa cyanea*

Nombre común: Picaflor de antifaz

Descripción: Fácil de diferenciar por el color rojo de los ojos. Pico mediano, largo y recurvado con un gancho al final. Cuerpo color azul intenso; frente, cabeza hasta atrás del ojo y alta garganta negras, formando una máscara. Hembra más opaca (Hilty y Brown, 2001).

Hábitat: Bosques y matorrales húmedos. Única *Diglossa* de bosque en zona templada alta (Hilty y Brown, 2001).

Categoría: Preocupación menor (LC) (IUCN, 2019).

Distribución nacional: En las tres cordilleras, entre 1800-3600 m.s.n.m., pero principalmente a 2200-3000 m.s.n.m. (Hilty y Brown, 2001).



• MASTOFAUNA

En el muestreo realizado en el humedal, no se logró registrar ninguna especie de la clase Mammalia a través de métodos de captura (redes de niebla) y detección directa o indirecta (recorridos de observación y búsqueda de rastros). Mediante la aplicación de entrevistas semiestructuradas a la familia residente en el domo del volcán, se reportó la posible presencia de cuatro especies, agrupadas en cuatro familias y cuatro órdenes (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Especies reportadas a través de entrevistas en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Orden	Familia	Especie
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua olivacea</i>
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis pernigra</i>
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>

Fuente: GIZ, 2019.

Por otra parte, se realizó una búsqueda de información secundaria y se consultaron bases de datos de registros biológicos provenientes de estudios formales (SiB, GBIF) o registros informales (iNaturalist), pero no se halló información sobre mastofauna en la zona.

La disminución de la abundancia y riqueza especies a través del gradiente altitudinal ha sido documentada en varios estudios (Soriano, 2000; Ortigón-Martínez y Pérez-Torres, 2007; Rodríguez-Posada, 2010). Adicionalmente, el humedal se encuentra ubicado en el domo del volcán Machín, área dominada por pastizales para la ganadería y el pastoreo, mientras que el área boscosa se encuentra en zonas con pendientes elevadas que dificultaron la instalación de las redes de niebla en esta cobertura.

Recientes estudios en veredas cercanas de los municipios de Ibagué y Cajamarca, han registrado especies de los órdenes Artiodactyla (*Mazama zetta*, *Odocoileus goudotii*), Carnivora, (*Cerdocyon thous*, *Nasua nasua*, *Procyon cancrivorus*) Chiroptera (*Artibeus planirostris*, *Carollia brevicauda*, *Myotis riparius*, *Phyllostomus discolor*, *Phyllostomus hastatus*, *Platyrrhinus nigellus*, *Rhogeessa io*, *Sturnira lilium*, *Sturnira ludovici*, *Sturnira sp.*), Cingulata (*Dasypus novemcinctus*), Didelphimorphia (*Didelphis marsupialis*, *Didelphis pernigra*), Lagomorpha (*Sylvilagus brasiliensis*), Perissodactyla (*Tapirus pinchaque*), Rodentia (*Cuniculus taczanowskii*, *Dasyprocta punctata*, *Heteromys anomalus*, *Notosciurus granatensis*) (CORTOLIMA y GIZ, 2015, 2017, 2019). Dada la cercanía, la altura (>2400 m.s.n.m.) y la similitud entre estas zonas, estas especies podrían potencialmente habitar el humedal y sus zonas aledañas.

Teniendo en cuenta lo anterior, así como la importancia de conocer las especies de mamíferos asociadas al humedal, es necesario realizar estudios en distintas épocas (bajas y altas lluvias), con el fin de aumentar el número de especies conocidas y entender si requieren medidas especiales de protección o manejo.

Especies de interés. Los mamíferos registrados corresponden a especies medianas, con amplia distribución en el territorio nacional, y comunes en diversos hábitats (Tabla 3.8).

Tabla 2. Características ecológicas y estado de conservación de los mamíferos reportados en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Especie	Gremio trófico	Hábito de vida	Periodo de actividad	IUCN	CITES
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Insectívoro	Terrestre	Nocturna, crepuscular	LC	NA
<i>Nasua olivacea</i>	Omnívoro	Terrestre, Semiarbórea	Diurna	NT	NA
<i>Didelphis pernigra</i>	Omnívoro	Terrestre, Semiarbórea	Nocturna	LC	NA
<i>Dasyprocta punctata</i>	Frugívoro	Terrestre	Diurna	LC	NA

Fuente: GIZ, 2019.

Especies en categorías de amenaza. Las especies reportadas no están catalogadas como amenazadas a nivel mundial por la IUCN, ni a nivel nacional según la resolución 1912 del Ministerio de Ambiente. La especie *Nasua olivacea* se encuentra en la categoría de Casi Amenazada (NT) y las restantes especies se encuentran en Preocupación Menor (LC), dada su abundancia y amplia distribución.

Especies en apéndices CITES. Ninguna de las especies reportadas está incluida en los apéndices CITES, que regulan el comercio internacional de especies en función a su riesgo de extinción.

Uso local de especies. Los habitantes del domo del volcán Machín manifestaron que no practican la cacería de subsistencia o con fines comerciales, ya que, se dedican a actividades productivas que les garantizan su sustento. Tampoco presentan conflictos con la fauna silvestre, en el lugar no ha habido ataques al ganado por parte de murciélagos hematófagos, ni a sus animales de granja por parte de carnívoros, por lo que tampoco practican actividades como la cacería de control.

Conclusión

A través de entrevistas semiestructuradas se reporta la presencia de cuatro especies de mamíferos terrestres en la zona. Es necesario realizar muestreos en diversas épocas climáticas para lograr una mejor aproximación a la composición de la mastofauna asociada al humedal y conocer su estado de conservación.



CAPÍTULO 4: CALIDAD DEL AGUA

4. COMPONENTE CALIDAD DE AGUA

4.1. MARCO TEÓRICO

La caracterización limnológica de un ecosistema acuático, está orientada a la determinación de sus características fisicoquímicas, debido que, las condiciones físicas y químicas del agua regulan la distribución y abundancia de los organismos que habitan allí (Roldán, 1996). En los últimos años estos estudios se han desarrollado con un enfoque integrador que permita evaluar las interacciones que estos parámetros mantienen con los ecosistemas y entender el funcionamiento global de los ríos como sistemas ecológicos (Segnini, Correa y Chacón, 2005).

La calidad del agua permite determinar si el agua es óptima o no, para un determinado propósito, el cual varía de acuerdo al uso; de esta forma, existen la calidad sanitaria del agua, la cual se relaciona con las condiciones que debe tener el agua para el consumo humano; la calidad ecológica del sistema, la calidad de uso la calidad ambiental, esta última se refiere al valor que tiene el sistema para el bienestar humano independiente de su uso directo (Environmental Protection Agency, 2002).

La calidad de las aguas que interpretamos como las condiciones físicas, químicas y biológicas que la componen, se ven modificadas por las fuentes de aporte que le llegan a la cuenca, es decir, aportes desde la propia atmósfera (lluvias), de la escorrentía y lavado superficial de los suelos, de la vegetación circundante y de la propia geología presente en las cuencas de captación, además del aporte de las fuentes fijas y difusas procedentes de la actividad socioeconómica (Cortes, 2009).

Desde el punto de vista ecológico, la calidad del agua tiene una connotación un poco diferente a la requerida para usos domésticos, agrícolas o industriales. En un ecosistema acuático natural puede ser muy diversa; ciertos ecosistemas, a pesar de tener concentraciones elevadas de sales, durezas y alcalinidades, y valores de pH muy ácidos o muy básicos, pueden tener comunidades estables y adaptadas a vivir en dichos medios. En estos casos, la calidad del agua depende fundamentalmente de los aportes naturales dados por las lluvias y por la naturaleza geoquímica del terreno (Roldán y Ramírez, 2008).

Desde cualquier punto de vista físico y químico, en cualquier estudio sobre caracterización de aguas, es necesario contar con un programa de muestreo cuidadosamente diseñado y supervisado en los diferentes cuerpos de agua seleccionados para su estudio. Este diseño estará en función de los objetivos del estudio o tipo de caracterización, es decir que se debe programar el muestreo de acuerdo a las variables de carácter físico y químico a medir (Ruíz, 2002).

Los criterios de calidad de agua y las medidas de integridad biológica forman parte de la determinación de la integridad ecológica del sistema acuático. La calidad del agua se puede determinar mediante el análisis fisicoquímico, junto con los bacteriológicos y biológicos (Ruíz, 2002).

Factores fisicoquímicos y bacteriológicos de los ecosistemas acuáticos.

- 1. Temperatura:** La radiación solar determina la calidad y cantidad de luz y además afecta la temperatura del agua (Roldán, 2003). Las propiedades lumínicas y calóricas de un cuerpo de agua están influidas por el clima y la topografía tanto como por las características del propio cuerpo de agua: su composición química, suspensión de sedimentos y su productividad de algas. La temperatura del agua regula en forma directa la concentración de oxígeno, la tasa metabólica de los organismos acuáticos y los procesos vitales asociados como el crecimiento, la maduración y la reproducción (Roldán, 2003).
- 2. Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua, sólo tiene valor si se mide con la temperatura, para poder así establecer el porcentaje de saturación. Las fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada; la solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura, la presión atmosférica, la salinidad, la contaminación, la altitud, las condiciones meteorológicas y la presión hidrostática (Roldán y Ramírez, 2008).
- 3. Porcentaje de Saturación de Oxígeno (%O₂):** Es el porcentaje máximo de oxígeno que puede disolverse en el agua a una presión y temperatura determinadas (Roldán y Ramírez, 2008). Los valores del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto de 80 a 120% se consideran excelentes y

los valores menores al 60% o superiores a 125% se consideran malos (Perdomo y Gómez, 2000).

4. **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅):** Es una medida de la concentración de oxígeno usada por los microorganismos para degradar y estabilizar la materia orgánica biodegradable o materia carbonácea en condiciones aérobicas en cinco días a 20°C. En general, el principal factor de consumo de oxígeno libre es la oxidación de la materia orgánica por respiración a causa de microorganismos descomponedores (bacterias heterotróficas aeróbicas) (Roldán y Ramírez, 2008).
5. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es el parámetro analítico de contaminación que mide el contenido de materia orgánica en una muestra de agua mediante oxidación química. Permite determinar las condiciones de biodegradabilidad, así como la eficacia de las plantas de tratamiento (Roldán y Ramírez, 2008).
6. **pH:** Es una abreviatura para representar potencial de hidrogeniones (H⁺) e indica la concentración de estos iones en el agua. El pH expresa la intensidad de la condición ácida o básica de una solución, este parámetro está íntimamente relacionado con los cambios de acidez, basicidad y con la alcalinidad. La notación pH expresa la intensidad de la condición ácida y básica de una solución y, además, la actividad del ion hidrógeno (Roldán y Ramírez, 2008).
7. **Conductividad eléctrica:** Es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y la temperatura de medición. La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, e igualmente contribuye a la detección de fuentes de contaminación, a la evaluación de la actitud del agua para riego y a la evaluación de la naturaleza geoquímica del terreno (Faña, 2000).
8. **Turbidez:** Es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la

muestra. Es producida por materiales en suspensión como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y demás microorganismos, incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema, la turbiedad define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión (Roldán, 2003).

9. **Dureza:** La dureza del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella, evaluados como carbonato de calcio y magnesio. Las aguas con bajas durezas se denominan blandas y biológicamente son poco productivas, por lo contrario las aguas con dureza elevada son muy productivas (Roldán, 2003).
10. **Nitratos:** El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias reduciendo por ende los niveles de este (Roldán, 2003).
11. **Fósforo total y fosfatos:** El fósforo permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton (Roldán, 2003). En forma de ortofosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y por tanto un componente limitante para el desarrollo de las comunidades, su determinación es necesaria para estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Roldán, 2003).
12. **Sólidos suspendidos:** Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles; la materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición (Roldán, 2003).
13. **Sólidos totales:** Se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103°C - 105°C (Metcalf y Heddy, 1981).
14. **Alcalinidad:** Proporciona la acción amortiguadora de cambios de pH al agua, de tal forma que conocer la alcalinidad de un cuerpo de agua

es fundamental para determinar su capacidad para mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida y duradera (Roldán, 1992).

- 15. Coliformes totales y fecales:** El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua, el ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por lo tanto, en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliformes se constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia y la purificación y potabilidad del agua (Roldán, 2003).

4.2. METODOLOGÍA

Metodología de campo. La colecta de las muestras se llevó a cabo con los procedimientos establecidos por el órgano de control ambiental de Colombia (Resolución 2115 de 2007). El procedimiento de la toma de las muestras incluyó una rotulación, preservación en frío y entrega al Laboratorio de Servicios de Extensión en Análisis Químico-LASEREX de la Universidad del Tolima.

Se colectó una muestra de agua en el humedal Laguna Machín en un recipiente plástico (1000 ml) para la evaluación de las variables fisicoquímicas, y para las variables bacteriológicas se utilizaron frascos de vidrio esterilizados (500 ml). Inmediatamente, estas muestras de agua se preservaron en frío (neveras de icopor) y fueron entregadas para los análisis establecidos al laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima.

Métodos de laboratorio. Se evaluaron las variables fisicoquímicas y bacteriológicas relacionadas en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Variables fisicoquímicas y bacteriológicas evaluadas en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

PARÁMETROS	UNIDAD	LUGAR	MÉTODOS
pH	0-14	<i>in-situ</i>	Potenciométrico/pHMétrico
Temperatura del agua	°C	<i>in-situ</i>	Termométrico
Conductividad Eléctrica	μS/cm	<i>in-situ</i>	Potenciométrico/Conductimétrico
Oxígeno disuelto	mg/L	<i>in-situ</i>	Potenciométrico/Oximétrico
% de Saturación de Oxígeno	%	<i>in-situ</i>	Potenciométrico/Oximétrico
Dureza	mg CaCO ₃ /L	<i>ex-situ</i>	Electrodo selectivo/Complexiométrico
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	<i>ex-situ</i>	Electrodo selectivo/Neutralización
Turbidez	UNF	<i>ex-situ</i>	Espectrofotométrico/UV-Vis
Sólidos Totales	mg/L	<i>ex-situ</i>	Gravimétrico/Evaporación
Sólidos suspendidos	mg/L	<i>ex-situ</i>	Espectrofotométrico/UV-Vis
DQO	mg/L	<i>ex-situ</i>	Espectrofotométrico/UV-Vis
DBO	mg/L	<i>ex-situ</i>	Winkler 5 días
Nitratos	mg NO ₃ /L	<i>ex-situ</i>	Espectrofotométrico/UV
Fosfatos	mg PO ₄ ³⁻ /L	<i>ex-situ</i>	Espectrofotométrico/Vis
Fosforo total	mg P/L	<i>ex-situ</i>	Espectrofotométrico /Vis
Recuento Coliformes totales	UFC/100 ml	<i>ex-situ</i>	Filtración por membrada
Recuento Coliformes fecales	UFC/100 ml	<i>ex-situ</i>	Filtración por membrada

Fuente: GIZ, 2019.

Análisis de datos.

Índices de calidad de agua (ICA). Se utilizaron las variables fisicoquímicas y bacteriológicas para el cálculo y aplicación de los índices de calidad ICA (Índice de Calidad del Agua), esto se realizó siguiendo la metodología propuesta por Ramírez y Viña (1997).

Un índice de calidad de agua consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, el cual sirve como representación de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso, un color (Fernández, Ramírez y Solan, 2003).

Si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias. Estos índices facilitan el manejo de datos, evitan que las fluctuaciones en las mediciones invisibilicen las tendencias ambientales y permiten comunicar, en forma simple y veraz, la condición del agua para un uso deseado o efectuar comparaciones temporales y espaciales entre cuerpos de agua (House, 1990; Alberti y

Parker, 1991). Por lo tanto, resultan útiles o accesibles para las autoridades políticas y el público en general (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008).

El Índice de Calidad Ambiental (ICA) (Tabla 4.2) o WQI por sus siglas en inglés (Water Quality Index) mide la calidad fisicoquímica del agua en una escala de 0 a 100, donde a mayor valor mejor es la calidad del recurso, este valor se refiere principalmente para potabilización. Para su empleo se toma en cuenta los valores de nueve variables: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DQO, temperatura del agua fósforo total, nitratos, turbiedad y sólidos totales reunidos en una suma lineal ponderada.

Tabla 4.2. Valores de clasificación de Calidad del agua según el índice ICA.

CALIDAD	RANGO	COLOR
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Media	51-70	
Mala	26-50	
Muy mala	0-25	

Fuente: Adaptado de Ramírez y Viña (1998).

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Temperatura. El valor promedio del agua del humedal fue de 16 °C y la del ambiente fue de 18 °C, esto permite observar un comportamiento homogéneo entre las temperaturas medidas en el humedal (Tabla 4.3).

pH. el valor de este parámetro en el humedal fue de 6.79 unidades estos valores se encuentran dentro del rango óptimo establecido en la Resolución 2115 de 2007, en donde se define que estos valores son aceptables en aguas de consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario y potable (Tabla 4.3).

Conductividad Eléctrica. La conductividad del agua se define como una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, mide el contenido total de sales en el cuerpo de agua, el valor de este parámetro fue de 47 µS/cm (Tabla 4.3).

Dureza. Se definen aguas muy suaves aquellas que presentan una dureza que varía entre 0 y 15 mg CaCO_3/L ; suaves si el valor oscila entre 16 a 75 mg CaCO_3/L ; medias cuando muestran concentraciones entre 76 a 150 mg CaCO_3/L ; duras para aquellas que evidencian valores entre 151 a 300 mg CaCO_3/L ; y, muy duras si los niveles superan los 300 mg CaCO_3/L . Respecto a lo anterior, en el humedal se halló un valor de 2 mg CaCO_3/L , el cual corresponde a una dureza muy suave (Tabla 4.3).

Turbidez. Este parámetro incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema (Roldán, 1992), esta asociado con la presencia de organismos patógenos; el valor de turbidez no pudo ser detectado (Tabla 4.3).

Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. En cuanto al oxígeno disuelto, se halló un valor de 3.45 mg/L y un porcentaje de saturación de oxígeno de 47.1% (Tabla 4.3).

Sólidos Totales. Permiten analizar el material disuelto y el no disuelto, el valor fue de 96 mg/L (Tabla 4.3). El Decreto 475 de 1998 del Ministerios de Salud establece que para agua potable, los sólidos totales deberán ser inferiores a 500 mg/L.

Sólidos Suspendidos. Se puede definir como todas aquellas partículas no solubles que no son lo suficientemente pesadas para sedimentarse en el cuerpo del agua en el que se encuentran presentes, generalmente se constituyen por microorganismos y partículas de materia orgánica e inorgánica. El valor de los sólidos suspendidos fue de 57 mg/L (Tabla 4.3).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). En el humedal el valor hallado fue de 6.09 mg/L (Tabla 4.3).

Demanda Química de Oxígeno (DQO). La determinación de este parámetro permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. El aumento de la DQO contribuye a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas, disminución del oxígeno disuelto, salinización de los suelos y pérdida de la biodiversidad acuática y calidad

del uso (Beltrán y Trujillo, 1999). El valor del DQO en el humedal fue de 459.3 mg/L (Tabla 4.3).

Nitratos. El nitrógeno puede estar en diferentes formas en el agua, siendo los nitratos una forma importante, por cuanto constituyen la fuente principal de nitrógeno para los organismos acuáticos (Roldán y Ramírez, 2008). El valor hallado fue de 0.04 mg NO₃/L (Tabla 4.3), lo cual hace que el agua de este humedal sea apta para el consumo según los resultados de nitratos, pues los valores de nitratos no superan el valor máximo de 10 mg NO₃/L establecidos en la Resolución 2115 de 2007.

Fosfatos. Su determinación es necesaria en estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Romero, 2002). El valor de fosfatos hallado en el humedal fue de 0.5 mg PO₄⁻³/L (Tabla 4.3).

Fósforo Total. El valor de fósforo en el humedal evaluado fue de 0.21 P/L.

Alcalinidad. El valor hallado de alcalinidad fue de 14 mg CaCO₃/L.

Tabla 4.3. Caracterización fisicoquímica del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

PARÁMETROS	VALOR
pH	6.79
Temperatura del agua	18 °C
Conductividad Eléctrica	47 µS/cm
Oxígeno disuelto	3.45 mg/L
% de Saturación de Oxígeno	47.1 %
Dureza	2 mg CaCO ₃ /L
Alcalinidad	14 mg CaCO ₃ /L
Turbidez	NA
Sólidos Totales	96 mg/L
Sólidos suspendidos	57 mg/L
DQO	459.3 mg/L
DBO	6.09 mg/L
Nitratos	0.04 mg NO ₃ /L
Fosfatos	0.5 mg PO ₄ ⁻³ /L
Fosforo total	0.21 mg P/L

Fuente: GIZ, 2019.

Caracterización Bacteriológica

Coliformes totales. Estas bacterias no son patógenas, pero se asocian a menudo con los organismos que sí lo son, convirtiéndose en un índice de seguridad bacteriológica de un cuerpo de agua (Roldán y Ramírez, 2008). El valor de los coliformes totales en el humedal fue de 6000 UFC/100 ml, la resolución 2125 de 2007, establece que, el valor máximo aceptable desde el punto de vista microbiológico del agua para consumo humano es de 0 UFC/100 cm³= 0 UFC/100 ml. De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que el agua del humedal no es apta para el consumo humano.

Coliformes fecales. Las bacterias Coliformes viven normalmente en los intestinos del hombre y otros organismos de sangre caliente. Estas bacterias son más resistentes que las bacterias patógenas, de acuerdo a esto, su ausencia en el agua es un índice de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana (Roldán y Ramírez, 2008). En el humedal, el valor hallado fue de 6000 UFC/100 ml.

Índice de Calidad del agua (ICA). El ICA señala que el humedal Laguna Machín, registró una calidad del agua media, a pesar que la calidad del agua no es tan deficiente, se observa que el humedal a sufrido procesos que ponen en riesgo el establecimiento de la fauna y flora acuática del mismo (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Índice de Calidad del agua del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Humedal	ICA	Calidad
Laguna Machín	56	Media

Fuente: GIZ, 2019.



CAPÍTULO 5: COMPONENTE SOCIAL Y ECONÓMICO

5. COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

5.1. METODOLOGÍA

El componente Socioeconómico del Plan de Manejo Ambiental (PMA) para el humedal Laguna Machín, en el municipio de Ibagué, buscó la participación de los propietarios del predio donde esta se encuentra, conocido como la finca La Secreta. Este predio ya había sido visitado por algunos miembros del equipo de trabajo, con lo que ya existían condiciones de confianza que facilitarían la obtención de información referente a la laguna y en general sobre la comunidad que habita en el área.

Este capítulo combina tanto un enfoque cualitativo como cuantitativo. En primer lugar, se busca dar participación a la comunidad para identificar las dinámicas socioeconómicas derivadas del humedal; en segundo lugar, se busca establecer cómo la laguna ha condicionado las dinámicas socioeconómicas de quienes la aprovechan. Ambos enfoques apuntan a una construcción colectiva de conocimiento, dándole la voz a la comunidad respecto a cuál es la trayectoria de su entorno y qué alternativas sopesan para dar solución a sus propios problemas.

La propuesta hecha aquí incluye la necesidad de retroalimentar a la comunidad sobre sus hallazgos, para que entonces pueda tomar un papel protagónico en la conservación del humedal. Según esto, la elaboración del perfil socioeconómico del humedal Laguna Machín requirió la aplicación de dos métodos:

Encuesta personal estructurada: Es un cuestionario cuantitativo que contiene tres módulos: Identificación, actividad económica y entorno económico-ambiental. Este instrumento se aplicó a los habitantes de los predios en el humedal Laguna Machín, con el fin de establecer las actividades económicas que se desarrollan en el Área de Influencia Directa (AID) y su implicación sobre la laguna (Marradi, Archenti y Piovani, 2007).

Entrevista Individual semi-estructurada: Parte de identificar individualmente a las personas que tienen gran relevancia respecto al manejo de la laguna, una vez identificadas, se procede a establecer el contacto y coordinar una entrevista que parte de un guion general con los temas importantes pero que no se ciñe de manera estricta a un cuestionario o encuesta, las

preguntas son abiertas y los temas se van enlazando en su desarrollo. La entrevista aborda temas que surgen de la conversación entre el profesional y el actor relevante, y que puede que no se hubiesen considerado previamente; en términos generales va orientada a obtener información sobre el tema específico que se aborda, las posiciones y estrategias de los actores, la relación con otros actores, entre otros (Marradi et al. 2007).

5.2. CONTEXTO POLÍTICO ADMINISTRATIVO DEL HUMEDAL

5.2.1. Municipio de Ibagué

El municipio de Ibagué es la capital del departamento del Tolima, limita hacia el norte con Anzoátegui y Alvarado, al sur con San Luis y Rovira, al oriente con Piedras y Coello, y al occidente con Cajamarca y los departamentos de Quindío y Risaralda.

Ibagué tiene un área total de 1403.2 km², de los cuales 2.41% pertenecen al área urbana y el restante 97.59% al área rural. El área urbana de Ibagué comprende 13 comunas, divididas a su vez en 445 barrios, por otra parte, Ibagué cuenta en su área rural con 19 centros poblados, así como con 17 corregimientos (Gobernación del Tolima, 2014) (Tabla 5.1).

Tabla 1.1. Superficie del municipio de Ibagué.

Área	Km ²	Porcentaje (%)
Urbana	33.78	2.4
Rural	1369.4	97.59
Total	1403.2	100

Fuente: Gobernación del Tolima (2014).

Según las estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para el año 2005, Ibagué contaba con un total de 498130 habitantes. De acuerdo con las proyecciones de esa entidad, para el año 2015 Ibagué habría llegado a 553524 habitantes. Para este último año, se presentó un reacomodamiento en la proporción de habitantes en el centro urbano, que subió al 94.5%, mientras la población en la zona rural descendió a 5.5% (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Población del municipio de Ibagué (2015)

Área	Número de habitantes	Porcentaje (%)
Urbana	523057	94.5
Rural	30467	5.5
Total	553524	100

Fuente: Gobernación del Tolima (2014).

5.2.2. Antecedentes

En 1550, la Real Audiencia de Santafé de Bogotá ordenó al capitán Andrés López de Galarza pacificar la región del Valle de las Lanzas y erigir un asentamiento español en el lugar. Junto con 75 españoles, López de Galarza descendió por la cordillera Oriental hacia su destino, entre los cerros de Doima, La Martinica, la Serranía de San Juan de La China y La Cejita. Así, el 14 de octubre de 1550, fue fundada la Villa de San Bonifacio de Ibagué.

Debido al continuo ataque de indígenas y las condiciones naturales, este lugar fue largamente considerado como sitio de paso, casi hasta tiempos de la independencia. Ibagué acogió en su momento a hombres ilustres como José Celestino Mutis, quien adelantó en el territorio indagaciones sobre minería, fauna y flora; así como al Barón Alexander von Humboldt y Amadeo Bonpland.

El período de las luchas independentistas reclamó la vida de varios ibaguereños, como el caso de José María Vesga o Ramón Espina. En 1821, Ibagué fue designada como cabecera municipal; en 1854 fue sede de gobierno, y en 1863 sede del Congreso. Con la constitución de 1886, Ibagué fue erigida como capital del departamento. A partir de la década del cincuenta, esta ciudad comenzó a recibir la población desplazada por la violencia, al tiempo en que comienza a crecer y hacerse una ciudad de relevancia en el centro del país. En Ibagué hay una actividad económica de consideración, con una tradición de ganadería y agricultura. En el renglón de la agricultura, Ibagué destaca a nivel nacional en cultivos de arroz, así como café y algodón.

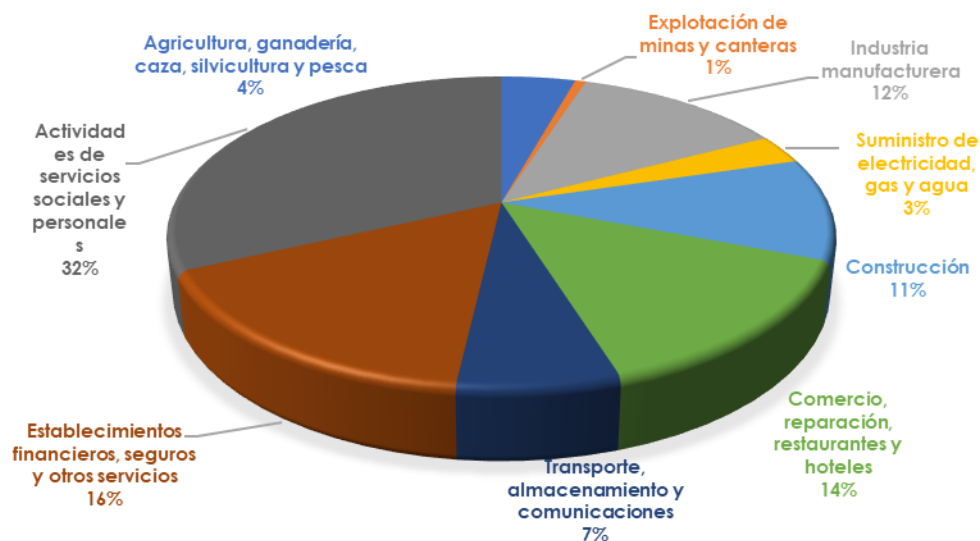
El humedal en cuestión se halla en el volcán cerro Machín, el cual se encuentra a 17 kilómetros de Ibagué, en el corregimiento de Toche, vereda Coello-San Juan. El volcán se eleva a 2750 m s.n.m. y su cráter tiene un diámetro máximo de 2.4 kilómetros, siendo un volcán activo en reposo. El cráter del Machín no está abierto, y es justo en su interior donde está la laguna.

Parte en propiedad de la Gobernación del Tolima, mientras otra parte está en la propiedad del señor Genaro Rodríguez Bustos, quien tiene allí una finca llamada La Secreta. El humedal del cerro volcán Machín, según estimaciones del señor Rodríguez, tiene un área menor a una hectárea, y en su lugar de mayor profundidad puede tener hasta más de un metro de profundidad. El humedal se encuentra justo a la entrada del predio La Secreta, y queda al pie de uno de los dos domos del volcán. El entorno es de un particular atractivo paisajístico, pues se aprecia el cerco del cráter volcánico, coronado en sus bordes por palmas de cera. Según el propietario del predio, el humedal no parece producir agua por cuenta propia, sino que alberga agua que descende por las laderas del entorno.

5.3. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

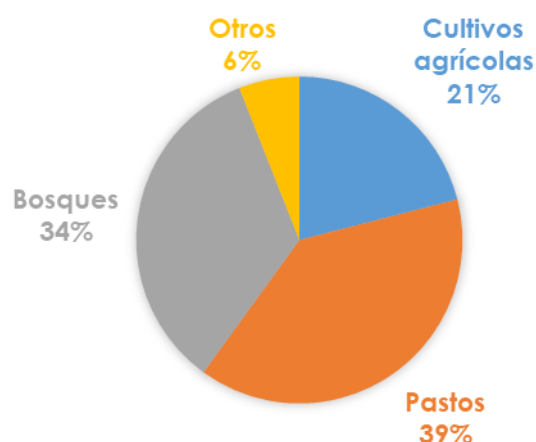
La producción agrícola es un renglón importante de la economía ibaguereña. Se afirma que para el año 2013, Ibagué contaba con 26415 hectáreas destinadas a explotación agrícola, lo que equivale al 21% del total de área apta para esta actividad. Se subraya la caída en el número de hectáreas sembradas, pues dos años antes se contaba con 28288 hectáreas (2011) (Figuras 5.1 y 5.2).

Figura 5.1. Porcentaje de valor agregado de Ibagué, por ramas de actividad económica (2015).



Fuente: Departamento Nacional de Planeación, Terridata (2019).

Figura 5.2. Vocación territorial del municipio de Ibagué (2015).



Fuente: Plan de desarrollo de Ibagué (2016).

En cuanto a la propiedad de la tierra en el sector rural, en los 17 corregimientos de Ibagué se registran 7630 predios. De este total, 66.33% de los predios tiene entre 1 y 10 hectáreas; 26.33% de los predios tienen entre 10 y 50 hectáreas; 5.6% de los predios tienen entre 50 y 200 hectáreas y 1.74% tiene más de 200 ha. Según esto, en la zona rural de Ibagué dos terceras partes del total de propiedades se califican como minifundios, además de estar por debajo del área calculada para la UAF (Unidad Agrícola Familiar). Por otra parte, el menor número de predios entran en la categoría superior a 200 ha.

La mayoría de los minifundios se ubican en zonas de ladera, lo que representa también la mayor cantidad de asentamientos humanos. Debido a las condiciones del suelo y su geografía en general, estas zonas son de difícil acceso para la oferta de servicios públicos, además de dificultar varias actividades agropecuarias. Otro es el caso de los latifundios, pues se ubican generalmente en áreas planas o semiplanas, con mayor cobertura de servicios, y donde se dan procesos de agroindustria con patrones de producción comercial (Plan de Desarrollo de Ibagué, 2016) (Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Producción agrícola Ibagué, Tolima (2011-2013).

Tipo de cultivos	Criterio	2011	2012	2013
Semestrales	Área (ha)	6852	14500	14235
	Prod. (ton)	30601	69353	65878
Anuales	Área (ha)	580	625	620
	Prod. (ton)	6340	6526	6028
Semipermanentes	Área (ha)	2600	2698	0
	Prod. (ton)	23800	29673	0
Permanentes	Área (ha)	8725	7140	7727
	Prod. (ton)	7778	9532	34998

Fuente: Gobernación del Tolima (2014).

En lo que respecta a la producción pecuaria de Ibagué, se observa que, de 1311 predios en total, 1154 fincas tienen menos de 50 bovinos (88.02%), mientras que sólo 8 predios tienen más de 500 cabezas de ganado (0.6%). En el periodo 2013-2018 se presentó un descenso general en existencias bovinas, porcícolas, y equinas, mientras se registró un fuerte incremento en la producción avícola (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Censo animal de Ibagué, Tolima (comparativo 2013-2018).

Censo de animales en Ibagué – Tolima			
	2013	2018	Variación (%)
Bovinos	38920	38231	-1.77
Consolidado porcicultura	42471	7305	-82.8
Consolidado aves engorde y pastura	56700	4'189,500	7.288
Equinos	6001	4947	-17.56

Fuente: Censo Bovino ICA (2018), Gobernación del Tolima (2014).

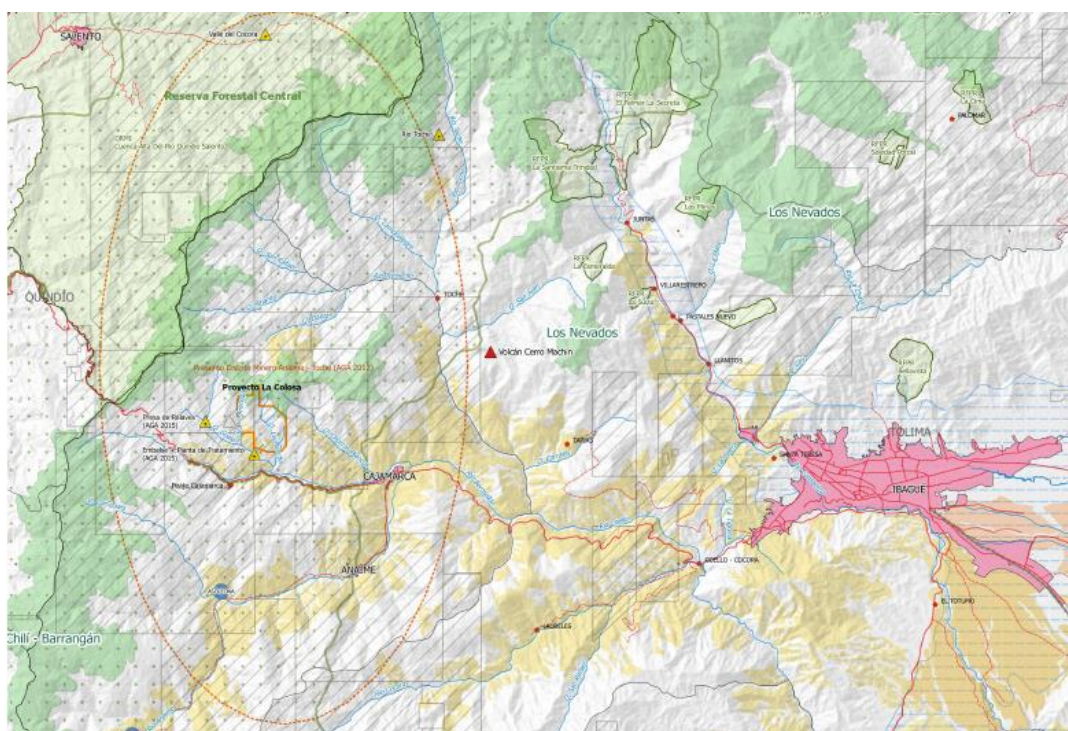
Respecto a la actividad minera, se señala un conflicto ambiental latente en la región como lo es el proyecto de explotación aurífera La Colosa, iniciativa de la multinacional sudafricana AngloGold Ashanti. Según el Observatorio de Conflictos Ambientales (OCA) de la Universidad Nacional de Colombia, este proyecto busca explotar un yacimiento aurífero con 26.8 millones de onzas de recurso inferido, y se ubica a 14 km del casco urbano de Cajamarca.

AngloGold Ashanti cuenta con varios títulos mineros en la Reserva Forestal Central, dentro de lo que se conoce como el distrito minero Anaime-Toche. Según OCA, este tipo de explotación podría destruir ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque alto andino, además de contaminar importantes fuentes hídricas, vitales para uso doméstico y agroindustrial en la región.

En líneas generales, se observa que Colombia es un país cuya economía se basa ampliamente en la explotación y exportación de recursos naturales derivados de la minería. Así, durante los últimos años, las exportaciones de crudo y carbón se han mantenido como los principales productos colombianos para venta al extranjero, sumando USD 24'163,057,000 para el 2018 (57.85% del valor total de exportaciones colombianas en el año).

Igualmente, la exportación de oro se cuenta en la tercera casilla en valor, con exportaciones de USD 1'632,636,000 para 2018 (3.91% del valor total anual) (Trademap, 2019). En vista de esto, es evidente la predilección de un modelo económico minero en el país, lo que tiene especial relevancia en el caso de la Colosa, pues AngloGold Ashanti se ha posicionado como la empresa con la mayor cantidad de títulos mineros en el país (Figura 5.3).

Figura 5.3. Zona de influencia mina La Colosa (OCA, 2017).



Fuente: GIZ, 2019.

En cuanto a impactos socioeconómicos de la exploración y posible explotación aurífera en la zona, se tiene que Cajamarca ha sido considerada como “la despensa agrícola de Colombia”, en virtud de su producción de artículos tales como arracacha, arveja, frijol, y frutas, características que comparte con algunos municipios aledaños. No obstante, uno de los primeros efectos de la incursión de la multinacional en la región fue el abandono de los trabajos agrícolas por empleos mejor remunerados en el sector minero, con salarios fijos y más lucrativos que los jornales derivados de la agricultura.

Igualmente, a esto siguió la especulación inmobiliaria en Cajamarca, donde los precios de las propiedades comenzaron a elevarse a un ritmo inusitado, al punto de doblar o triplicar su valor original. Más aún, varios finqueros de la zona decidieron vender sus predios para trasladarse al casco urbano municipal y vivir en arriendo, como consecuencia de la falta de productividad del campo frente a la naciente minería.

Además de esto, se registra una creciente sensación de inseguridad en la zona, sea por la aparición de grupos armados ilegales que buscan lucrarse de la explotación minera, o por el incremento de la delincuencia común. Como reseñan los reportes de OCA, las promesas de rápido desarrollo económico derivado de la megaminería usualmente se quedan cortas, tal como se ha presenciado en territorios como el nordeste antioqueño o el Chocó. Más allá de lo anterior, semejante proyecto choca con la vocación del suelo en la región y en general en el departamento del Tolima, como el caso de la producción arrocería del Espinal, que es dependiente del recurso hídrico originado en las zonas de alta montaña del Tolima.

Después de la realización de un referendo sobre el proyecto minero en Cajamarca y su amplio rechazo popular (Sí con un 1.21%, no con 97.2%) en marzo de 2017, el futuro de La Colosa está en entredicho, y queda por ver cuál será la decisión de las autoridades locales respecto a la creación de un nuevo Esquema de Ordenamiento Territorial que definitivamente le cierre la puerta a la explotación minera.

5.3.1 Uso del suelo, Área de Influencia Directa (AID).

De acuerdo con la metodología usada por el grupo de trabajo, se estableció como Área de Influencia Directa (AID) al predio que tiene jurisdicción sobre la laguna. Este predio es la finca La Secreta, propiedad del señor Genaro Rodríguez Bustos.

- **Uso del suelo y tenencia de la tierra:** de acuerdo con lo encontrado tras la salida de campo, buena parte del humedal se encuentra en la propiedad del señor Rodríguez, el cual se hizo propietario en el año 1981, y usa el predio desde entonces para ganadería. De igual manera, el propietario tiene en otro sector de su finca pequeños cultivos de maíz, frijol, arracacha, papa, y arveja.

Cabe anotar que, tratándose de un sitio de interés paisajístico como el cerro volcán Machín, dicho predio recibe constantes visitas de turistas. El señor Rodríguez oferta acceso a su predio, así como pequeñas excursiones por las inmediaciones (incluyendo el domo inmediatamente vecino del humedal), desayunos, almuerzos y el derecho a acampar. Con el despegue del turismo en Colombia en los últimos años, son más frecuentes ahora los visitantes en la zona, más aún con la cercanía del Eje Cafetero y del parque Nacional Natural de los Nevados. Igualmente, se señala la priorización dada por la actual alcaldía de Ibagué, que ha establecido al corregimiento de Toche como un destino para el turismo de naturaleza del municipio (Plan de Desarrollo de Ibagué, 2016).

- **Caracterización predial AID:** el predio del humedal Laguna Machín tiene una vocación ganadera, agrícola y turística. En este predio se mantiene un promedio de 30 bovinos, de raza Normando o mestizo, utilizados para doble propósito. Además de esto, la finca alberga caballos, cerdos, patos, gallinas y demás animales. El señor Rodríguez asegura desconocer el valor de la hectárea en el predio.

- **Intensidad laboral semanal:** Como propietario y residente, el señor Rodríguez trabaja los siete días de la semana en su finca. En esto, Rodríguez recibe la ayuda ocasional de algunos de sus hijos, quienes lo visitan con regularidad y le colaboran con las ocupaciones del predio.

- **Estructura económica familiar:** el señor Rodríguez cuenta con más de sesenta años, nueve de sus diez hijos son adultos, se han mudado a otros sitios y han conformado a su vez nuevas familias. No obstante, sus hijos vienen por temporadas a colaborar con el mantenimiento de la finca, del ganado y los cultivos, mientras sus nietos van conociendo las labores del campo.

5.3.3. Relación económica-ambiental

- **Beneficios de la laguna:** de acuerdo con el señor Rodríguez, el humedal representa un gran beneficio para su propiedad. En primera medida, el agua contenida en éste es usada para abastecer al ganado que mantiene en el predio, el cual se cuenta en alrededor de 30 bovinos. Más allá de la ganadería, la laguna es un elemento más del atractivo turístico que comporta el cerro volcán Machín, lo que confirma el permanente flujo de visitantes al predio, en especial en época vacacional.
- **Perjuicios del humedal:** el propietario de La Secreta asegura que el humedal no le genera ningún tipo de perjuicio.
- **Responsabilidad tributaria:** en esta zona existe una estratificación nivel 1. No se paga ningún tipo de impuesto por la posesión del humedal, exceptuando el pago regular del impuesto predial.
- **Responsabilidad y compromiso ambiental:** tratándose de un predio particular, con alto interés turístico y ecológico, Rodríguez se declara comprometido con su cuidado. No se aprecian desechos en el predio ni en el área del humedal, y desde la compra de esas tierras, hace más de 30 años, el propietario se ha empeñado en contrarrestar la deforestación y la cacería que antes eran usuales en el área.

5.4. CARACTERIZACIÓN SOCIAL

En cuanto a pobreza extrema, Ibagué registró 204366 habitantes en este renglón para 2011, mientras que tres años después esta cifra aumentó a 251182 habitantes, un incremento de 22.91%. En este mismo intervalo se presentó un reacomodamiento de la pobreza extrema entre zonas, puesto que hubo un incremento en la zona rural al tiempo que un decrecimiento en la zona urbana. Así, la pobreza en la zona rural (donde se comprende el predio del volcán Machín) contó con 24741 habitantes en el 2014 (Gobernación del Tolima, 2014) (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Pobreza extrema, Ibagué (2011-204).

Pobreza extrema en el municipio					
Año	Urbana	Centro poblado	Total rural	Total urbano	Total
2011	178812	5869	19685	184681	204366
2012	172405	6266	21258	178671	199929
2013	207767	7819	23553	215586	239139
2014	217870	8571	24741	226441	251182

Fuente: Gobernación del Tolima (2014)

Para alcanzar el volcán cerro Machín, hace falta conducir desde Ibagué en sentido occidente, llegar al municipio de Cajamarca, continuar la vía que atraviesa la cordillera (La Línea) y tomar un desvío hacia el corregimiento de Toche. La carretera que conduce hasta Toche no tiene pavimentación, como tampoco la tiene más allá de ese pequeño corregimiento. Varios de los terrenos de las inmediaciones son propiedad de la Gobernación del Tolima, aunque hay también fincas. Así, alcanzar La Secreta requiere un automóvil que soporte terrenos irregulares y agrestes, y los lugareños vivirían en aislamiento permanente de no ser por el interés ambiental y turístico del área.

- **Servicios públicos:** en la finca La Secreta hay servicio de energía eléctrica, así como un acueducto veredal originado en una quebrada cercana (Azufra). Las basuras son recogidas periódicamente por una volqueta, y los niños que allí habitan van a una escuela rural en dirección a Toche. No existe servicio de alcantarillado, por lo que los baños son letrinas. Ocasionalmente el Ejército Nacional hace rondas por el área, sea de paso desde/hacia Toche o Tapias; la policía que frecuenta el lugar viene del municipio de Cajamarca. Como se anotó previamente, desde Cajamarca hasta el predio del Machín, la carretera es destapada, con excepción del casco urbano de Toche.

- **Relación con las autoridades:** en vista de la gran importancia del cerro volcán Machín, las autoridades tienen trato constante con el propietario del predio. En primera instancia, el lugar es frecuentado por personal del Servicio Geológico Colombiano (SGC), quienes tienen en el predio aparatos de monitoreo para supervisar la actividad del volcán. La Dirección de Geoamenazas del SGC emite boletines semanales sobre el Machín, informando sobre la naturaleza de su actividad sísmica y el estado de alerta actual del volcán (usualmente amarilla, como casi todos los demás volcanes en el país). De la mano con lo anterior, los residentes son visitados

por los servicios de prevención de desastres, quienes informan sobre el curso de acción a tomar en caso de una emergencia natural. Aparte de esto, el sitio es frecuentado por varias figuras de la política, como recuerda el señor Rodríguez la visita del Gobernador del Tolima, Óscar Barreto Quiroga, quien visitó el predio y habló con el dueño de la finca sobre el valor ambiental y ecológico del lugar.

- **Sugerencias de la comunidad:** en cuanto a sugerencias, el señor Rodríguez afirma que sería importante hacer una delimitación del área del humedal, con tal fin de evitar el ingreso de animales al mismo. Por otra parte, también sería beneficioso mejorar las vías de acceso hasta el predio, si bien con algún tipo de control al ingreso de visitantes a esta zona.

5.5. PROSPECTIVA

Limitantes y potencialidades del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Limitantes	Potencialidades
• Presencia de bovinos en el área • Turismo sin control. • Mal estado de las vías de acceso a la vereda y el humedal. • Falta de servicios para disposición de aguas servidas • Cacería en las proximidades del humedal. • Posibilidad de proyectos de megaminería en la región.	• Belleza paisajística • Consolidación destino turístico regional • Diversidad de especies de fauna y flora • Compromiso de los habitantes con el cuidado de la laguna • - Cercanía a puntos de interés turístico (Eje cafetero, PNN).

5.5.1. Escenarios humedal Laguna Machín

A partir de las visitas de campo hechas al humedal Laguna Machín, de las encuestas realizadas a los habitantes y la recolección de sus opiniones, es posible hacer un balance de limitantes y potencialidades con el objeto de proyectar distintos escenarios para la toma de decisiones. De esta forma, a continuación, se esbozan distintos escenarios que ilustran las problemáticas y posibles soluciones encaminadas a remediar el daño ambiental hecho

sobre la laguna o dinamizar sus potencialidades. Así, se proponen tres escenarios, los cuales tienen el siguiente propósito:

El primer escenario describe lo que se ha observado y lo que ejemplifica el estado actual de la laguna, lo que constituye el *escenario tendencial*.

El segundo escenario incluye las acciones que posibilitarían el mejoramiento del escenario inicial, lo que constituye el *escenario reactivo*.

Por último, el tercer escenario esboza las proyecciones al largo plazo según las decisiones y problemáticas analizadas, lo que es un *escenario proactivo*.

Escenario tendencial: el propietario del predio donde se encuentra el humedal intenta mantenerla en buen estado, pero con el tiempo sus esfuerzos se hacen insuficientes. La continuidad del pastoreo de bovinos afecta la calidad del suelo; los excrementos de las vacas caen en el humedal, así como sus cascos maltratan la tierra. Con la consolidación del turismo en el Eje Cafetero y el Tolima, la confluencia de turistas en el Machín genera un deterioro paulatino del humedal.

El acceso descontrolado de visitantes sobrepasa la capacidad de absorción del entorno; los turistas tiran basura en el sector, generan ruido y afectan la cotidianidad de la fauna que allí habita. Con el tiempo, el humedal se seca y se pierde un gran valor ambiental y turístico de la región. Más aún, el proyecto de megaminería La Colosa reinicia su actividad, con lo que se generan en la región daños ambientales, sociales y económicos difíciles de cuantificar.

Escenario reactivo: la megaminería es descartada de plano por la autoridad local, lo que consolida el carácter agrícola de la región y asegura la continuidad de varios tipos de agroindustria claves en el Tolima. Igualmente, la autoridad ambiental hace una delimitación de la laguna, más un plan de manejo que limita la actividad pecuaria en el predio para conservar la laguna, o aún mejorar su estado.

La autoridad ambiental capacita a los residentes del predio, enseñando el valor ambiental del humedal y motivándolos a comprometerse con su conservación. Al igual que en otros sitios de interés ambiental y turístico, se controla la entrada de visitantes al predio, con lo que se establecen cargas determinadas de ingresos, lo que posibilita un turismo sostenible. Con este

mismo fin, los dueños del predio reciben capacitación para el manejo de turistas, lo que mejora la calidad de su servicio de hospedaje y restaurante, así como los lleva a crear recorridos guiados por el cráter del volcán, el domo, y demás parajes de interés, mejorando sus ingresos. El cerro volcán Machín se convierte entonces en un destino turístico destacado del Tolima, permitiendo su apropiación por parte de los tolimenses, así como su conocimiento por parte de visitantes de otras regiones y del extranjero.

Escenario proactivo: En los colegios se ha incorporado la educación ambiental como materia, y con la comunidad aledaña a la laguna se realizan charlas y talleres lúdicos sobre educación ambiental, logrando un compromiso, sensibilización y sentido de pertenecía de este bien ambiental, esto respaldado por la legislación ambiental contemplada en la Ley General de Educación (Ley 115 de 1994) y el Decreto 1743 de 1994 el cual estipula que la educación ambiental sea área obligatoria en los planteles públicos y privados de la educación formal en los niveles preescolar, básica y media.

Se hace un buen manejo y disposición de residuos sólidos conforme a lo dispuesto en la normatividad ambiental en la ley 9 de 1979 y se implementa el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) En las charlas de educación ambiental se sensibiliza a la población y deja claro sobre los deberes que se tienen como ciudadanos proteger los recursos naturales.

Todo lo anterior se logra gracias a una buena articulación, trabajo unifica y compromiso por parte de todos los entes estatales como no estatales en torno a la recuperación de la laguna.

-. Ley 388 de 1997, Artículo 33, ordenamiento territorial que reglamenta los usos del suelo.

-. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

-. Legislación ambiental colombiana con la Ley 357 de 1997, referente a la aprobación de la Convención de Ramsar, la cual precisa los ecosistemas que quedan incluidos bajo tal denominación. Esta Ley es la única norma que de manera específica y concreta impone obligaciones al Estado colombiano para la conservación y protección de los humedales, considerados en su acepción genérica.

- En relación con el tema de los incentivos para la conservación, es de anotar que éstos se encuentran en normas aisladas, por lo cual es necesaria también una unificación, haciendo uso de la facultad contenida en la Ley 99 de 1993 (literal g, artículo 116) que autorizó al Presidente de la República para "establecer un régimen de incentivos, que incluya incentivos económicos, para el adecuado uso y aprovechamiento del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y para la recuperación y conservación de ecosistemas por parte de propietarios privados."

Con tal fin, el Sistema Nacional Ambiental (SINA), organizado en el marco de la misma ley, y que se define como el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en la Constitución Política de Colombia, es fundamental para el manejo responsable de este tipo de ecosistemas.



CAPÍTULO 6: COMPONENTE AMBIENTAL

6. COMPONENTE AMBIENTAL

6.1. INTRODUCCIÓN

A partir de la definición de humedal adoptada por Colombia en el marco de la Convención Ramsar, desde el Instituto Humboldt, con la participación de IDEAM, IGAC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la academia, se define operativamente a un humedal como “ecosistemas que, debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas, presentan acumulación de agua (temporal o permanentemente), dando lugar a un tipo característico de suelo y a organismos adaptados a estas condiciones, estableciendo así dinámicas acopladas e interactuantes con flujos económicos y socioculturales que operan alrededor y a distintas escalas” (Sarmiento, 2016), permitiendo encontrar una orientación clara para reconocer elementos hidrológicos, geomorfológicos, edafológicos y de vegetación que facilitan la delimitación del humedal, además de permitir analizar el rol de las instituciones y de la sociedad civil en su funcionamiento, así como los servicios ecosistémicos de los cuales depende el bienestar de las comunidades allí presentes (Cortés-Duque y Estupiñán-Suárez, 2016).

Estos ecosistemas hacen parte de las áreas más ricas en biodiversidad, por lo que proporcionan multiplicidad de hábitats para especies animales y vegetales, y a su vez, ofrecen una variada gama de servicios ecosistémicos como la filtración de desechos, provisión de agua dulce y regulación del clima, entre otros que traen diversos beneficios a la sociedad (Millenium Ecosystem Assesement [MEA], 2007; Ten Brink, Badura, Farmer y Russi, 2012).

La degradación y pérdida de los humedales está asociada de manera directa con los cambios en el uso del suelo, la introducción de especies invasoras, el aumento y desarrollo de infraestructuras y la contaminación; los principales generadores de cambios indirectos incluyen, entre otros, la expansión urbana y el creciente desarrollo económico (MEA, 2005). Además de factores naturales como la sedimentación, la desecación, avalanchas, tormentas, actividad volcánica e inundaciones (estacionales/ocasionales) (Ministerio de Medio Ambiente, 2002).

Los motores de transformación que afectan directamente a estos ecosistemas estratégicos en el país siguen la tendencia mundial. Por esta razón no solo se requiere el reconocimiento del valor de los humedales y del agua, sino también su integración en la toma de decisiones como elemento

esencial para garantizar el futuro social, económico y la satisfacción de las necesidades ambientales a partir del uso racional de estos ecosistemas (Ten Brink et al. 2012), ya que se debe tener en cuenta que Colombia cuenta con 30.781.149 de hectáreas de humedales (Flórez-Ayala, et al. 2015) y más de 88 tipos diferentes entre humedales marino-costeros, interiores y artificiales, ecosistemas que hacen de Colombia un importante país proveedor de agua (Ricaurte, et al. 2015).

Debido a la problemática actual de los humedales de Colombia el Ministerio del Medio Ambiente estableció en el año 2002, la Política para los humedales Interiores de Colombia, a partir de los principios establecidos en la Constitución Política y en las funciones asignadas en la Ley 99 de 1993 relacionadas con la formulación, concertación y adopción de políticas orientadas a regular las condiciones de conservación y manejo de ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos continentales. Esta política nacional de humedales interiores reconoce a estos ecosistemas como estratégicos dentro del ciclo hidrológico y plantea como visión la garantía de la sostenibilidad y conservación de sus recursos hídricos (MMA, 2002), además de plantear la importancia de estos como sistemas socio ecológicos, en los que se reconoce al ser humano y su cultura como parte integral de la biodiversidad allí presente (Política Nacional de Humedales) (Contraloría General de la república, 2011).

Importantes adelantos sobre el conocimiento de humedales han permitido integrar elementos clave en las políticas, planes y programas de manejo actuales como el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 para direccionar medidas de adaptación bajo las perspectivas nacionales de cambio climático (Departamento Nacional de Planeación, 2014) y los compromisos de acción nacional para la conservación y el uso racional de los humedales, establecidos con la Convención de Humedales de Importancia Internacional Ramsar, adaptándose bajo el objetivo general de la política nacional para humedales interiores de Colombia "Propender por la conservación y el uso sostenible de los humedales interiores de Colombia con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del País".

6.2. METODOLOGÍA

Los procesos de afectación humana en los humedales, no son independientes de la dinámica natural de estos sistemas (Carpenter y

Cottingham, 1998). Esta debe verse como una perturbación que actúa sobre la dinámica natural del sistema, y cuyo efecto depende de la magnitud, intensidad y tasa de recurrencia de la misma (aspectos externos), como también del estado del sistema y de su capacidad de retornar al estado de pre- perturbación o resiliencia (aspectos internos). En este sentido, los conflictos entre las actividades humanas y la conservación o uso sustentable de humedales se presentan en varios órdenes de magnitud, jerárquicamente organizados (Wayne-Nelson y Wéller, 1984). Entendiéndose como la transformación total del humedal (orden de magnitud 1) y factores de perturbación severa que corresponden al orden de magnitud 2. Teniendo en cuenta lo anterior se realizó un análisis de transformación del humedal teniendo en cuenta las siguientes características:

6.2.1. Transformación total (Orden de Magnitud 1).

La transformación total de un humedal, consiste en la desaparición total o el cambio fundamental de las características del sistema, de tal manera que deja de considerarse humedal, según las definiciones usadas. Los cambios pueden ser en los atributos físicos, químicos o biológicos. Entre las actividades humanas que presentan un conflicto de este tipo se encuentran:

- *Reclamación de tierras.* con fines agrícolas o ganaderos e implica la apropiación de espacios públicos y la expedición de títulos de propiedad, previa alteración de los niveles de agua o desplazamiento de los límites. (Restrepo y Naranjo, 1987).
- *Modificación completa de regímenes hidráulicos y reclamación del espacio físico del humedal.* El primero se produce en el ámbito de las cuencas de captación de las aguas que alimentan los humedales alterando su dinámica natural por la construcción y operación de obras civiles de regulación hídrica en algunos casos, o por cambios de cobertura vegetal que aumentan la carga de sedimentos o alteran la capacidad de retención de las aguas. El segundo, se origina para darle un uso diferente al humedal y es una forma frecuente de impacto contundente sobre los humedales especialmente en aquellos situados en las áreas urbanas o suburbanas y realizadas con el fin de ampliar el espacio para el desarrollo de infraestructura urbana, industrial o de recreación (MMA, 2002).
- *Introducción o trasplante de especies invasoras.* Con el fin de mejorar la oferta de proteína a través del cultivo de estanques o con fines de

manejo (aumento en la retención de nutrientes o especies herbívoras para controlar “malezas acuáticas”), se han introducido o trasplantado especies invasoras que terminan liberándose al medio natural (MMA, 2002).

6.2.2. Perturbación Severa (orden de magnitud 2).

Se refiere a las perturbaciones que se producen por cambios en los atributos físicos, químicos o biológicos de áreas del humedal, que alteran algunas de sus funciones ambientales o valores sociales, pero que le permiten seguir funcionando como humedal. Las actividades humanas que pueden ocasionar este tipo de cambios son:

- *Control de inundaciones.* Trata de perturbaciones que cambian los ciclos hidrológicos en el humedal (caudal, pulso, ritmo y frecuencia) produciendo alteraciones en los ciclos biogeoquímicos y biológicos. Se producen mediante la construcción de obras civiles de “protección” para la contención, conducción o evacuación de las aguas (canales, diques o terraplenes) (MMA, 2002).
- *Contaminación.* Ocasiona cambios severos en la calidad de las aguas (química o por cargas de sólidos), lo cual desencadena cambios biológicos.
- *Canalizaciones.* Son alteraciones de los flujos superficiales de agua y su conducción a los cauces principales o secundarios. De esta manera, se altera la topografía y el régimen hídrico del humedal (MMA, 2002).
- *Urbanización.* Esta alteración severa como consecuencia del desarrollo urbano, industrial y de infraestructura de recreación puede producirse en zonas críticas (vegetación riparia, transición con sistemas terrestres), por lo tanto, se afecta la dinámica regular del humedal (MMA, 2002).
- *Remoción de sedimentos o vegetación.* Puede ocasionar cambios severos en el funcionamiento hidrológico y la biocenosis de humedales, si se produce en la mayoría del área del humedal. Esta alteración se presenta por el mantenimiento de valores como la navegabilidad o por la extracción de materiales en los mismos (actividades mineras) (MMA, 2002).

- *Sobreexplotación de recursos biológicos.* Se produce por el exceso de uso de especies de fauna mediante la caza o la pesca, la recolección de nidos, la extracción de materiales para usos domésticos, industriales, locales (artesanías) o para el autoconsumo (leña o materiales de construcción) (MMA, 2002).
- *Represamiento o inundación permanente.* Tiene su origen en actividades de fomento piscícola, como la construcción de estanques para acuicultura, el represamiento de los flujos de agua en los pantanos para la creación de lagos con los mismos fines de recreación, lo que finalmente origina nuevos procesos ecológicos que pueden incluirse en el tipo de procesos típicos de humedales (MMA, 2002).

Los anteriores aspectos son fundamentales para la formulación de la Política Nacional de Humedales, puesto que la magnitud de las perturbaciones y la capacidad de resiliencia o respuesta de los mismos, están inversamente ligadas con las oportunidades de conservación, manejo y restauración.

6.3. CALIFICACIÓN DE IMPACTOS

6.3.1. Indicadores de la Matriz de Impacto.

Se reconocen niveles jerárquicos o escalas espaciales de manifestación de los fenómenos ecosistémicos, que van desde el paisaje (cuenca hidrográfica), hasta unidades bióticas (comunidades o especies). La gestión de ecosistemas implica además la concurrencia en estos espacios de los actores y sectores involucrados, de tal suerte que los procesos de planificación o las evaluaciones ambientales de proyectos que los afectan, deben basarse en criterios múltiples (MMA, 2002).

De acuerdo con lo anterior, se han identificado diversos indicadores que permitirán reflejar el estado actual del humedal Laguna Machín y permitirá establecer el plan de acción para la conservación y manejo del humedal (Tabla 6.1.).

Tabla 6.1. Propuesta general de atributos indicadores de estado y gestión para humedales, centrados en su biodiversidad asociada (MMA, 2002).

Nivel	Atributos	Indicadores de Estado	Indicadores Impacto de Gestión
Continental Nacional	Procesos ecológicos evolutivos y ambientales globales.	Superficie (%) de unidades biogeográficas de ecosistemas de agua dulce no perturbados por factores de afectación (Transformación total o perturbación severa)	Diversidad ecosistémica y biogeográfica en el sistema de áreas protegidas o de manejo especial (% de humedales). Cantidad (%) de diversidad ecosistémica al interior de las áreas protegidas o especiales. Cambios en el índice de riesgo por gestión de ecosistemas.
Regional Paisaje	Diversidad ecosistémica. Número y proporción de tipos o unidades funcionales de los ecosistemas de humedales. Heterogeneidad y conectividad. Dinámica de formación y regeneración de ecosistemas.	Índice de diversidad e integridad ecosistémica. Índice de riesgo. Índice de fragmentación. Índice de madurez (Proporción de etapas sucesionales en una unidad ecológica).	
Local Comunidad biótica	Diversidad de especies. Riesgo de pérdida de especies amenazadas o en peligro de extinción. Especies exóticas.	Lista de especies amenazadas Riqueza de especies. Índice de diversidad y equitabilidad. Frecuencia de clases tróficas. Número y proporción de especies en categorías especiales. Presencia o abundancia de bioindicadores de estado.	Mantenimiento de las listas de especies por taxa seleccionados. Mantenimiento de riqueza de especies. Mantenimiento o aumento del índice de diversidad. Mantenimiento de frecuencia de clases tróficas indicadoras de estabilidad en el sistema.
Especie/ Población	Dinámica de las poblaciones.	Número de poblaciones o subpoblaciones. Índices de agregación espacial de poblaciones. Número	Mantenimiento o aumento del número de poblaciones o subpoblaciones. Estabilidad o aumento de número de

		de individuos. Índice de agregación espacial de individuos. Distribución de clases de edad. Tasa interna de crecimiento poblacional.	individuos. Mantenimiento o mejoramiento de la distribución de clases de edad. Aumento o estabilidad en la tasa interna de crecimiento poblacional.
Genético	Número y proporciones de alelos. Variabilidad genética	Coeficiente de entrecruzamiento (inbreeding) Tasa de mutación vs. Tasa de pérdida.	Disminución del coeficiente de entrecruzamiento (inbreeding) Equilibrio entre tasa de mutación vs. Tasa de pérdida.

Fuente: GIZ, 2019.

6.3.2. Análisis cualitativo del humedal Laguna Machín.

Tras la caracterización biológica y socioeconómica del humedal Laguna Machín, se establecieron los factores que pueden tener incidencia en el cuerpo de agua, según lo especificado por la Política Nacional de Humedales Interiores para Colombia. En primera medida, el análisis ambiental requirió el estudio de la comunidad biótica del lugar, con evaluaciones de fauna y flora que permitieran establecer sus cambios en el tiempo y espacio.

Precisamente con el objeto de identificar los riesgos que se ciernen sobre el humedal, se evaluaron las actividades que comportan modificaciones al medio e inciden directamente sobre esta área. Dicha evaluación requirió el uso de una matriz cualitativa de impacto ambiental, la cual reseña los impactos ocasionados sobre el humedal, así como la dirección que tomaría en caso de continuar las modificaciones realizadas sobre éste.

La matriz utilizada cuenta con dos entradas, las cuales indican las actividades presentes en la laguna, así como los elementos que pueden ser afectados a partir de ellas. Así, se resaltan las actividades de mayor incidencia, con el fin de establecer programas de manejo para control ambiental. En la tabla 6.1, la presencia de una perturbación se anota con un 1 y la falta de éste como 0.

Tabla 6.1. Matriz cualitativa de impactos observados en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

VARIABLES	Producción pecuaria			Aprovechamiento recurso agua			Administración	
	Cultivo en rondos	Cultivo autoconsumo	Ganadería extensiva	Cría animales para autoconsumo	Piscicultura	Pesca artesanal	Propiedad privada	Municipio/ Departamento
1. Agua								
Agua superficial permanente	0	0	1	0	0	0	1	1
Agua superficial temporal	0	0	1	0	0	0	1	1
Control de inundaciones	0	0	1	0	0	0	1	1
Canalización	0	0	1	0	0	0	1	1
Represamiento	0	0	1	0	0	0	1	1
2. Vegetación								
Vegetación leñosa	0	0	0	0	0	0	1	1
Vegetación herbácea	0	0	1	0	0	0	1	1
Diversidad	0	0	0	0	0	0	1	1
Fitoplancton	0	0	0	0	0	0	1	1
3. Fauna								
Riqueza zooplancton	0	0	0	0	0	0	0	0
Riqueza macroinvertebrados acuáticos	0	0	0	0	0	0	0	0
Riqueza peces	0	0	0	0	0	0	0	0
Riqueza herpetos	0	0	0	0	0	0	0	0
Riqueza aves	0	0	0	0	0	0	0	0
Riqueza mamíferos	0	0	0	0	0	0	0	0
4. Unidades ambientales / paisaje								
Suelos expuestos	0	0	1	0	0	0	1	1
Bosques de vega-bosque de galería	0	0	1	0	0		1	1
Pastizal	0	0	1	0	0	0	1	1
5. Uso de la tierra y capacidad de uso								
Producción	0	0	1	0	0	0	1	1
Ecoturismo	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: GIZ, 2019.

6.4. ANÁLISIS COMPONENTE AMBIENTAL

En el humedal Laguna Machín, no fueron registradas especies migratorias, pero si especies bajo categoría de amenaza y endémicas. Respecto a las especies bajo categoría de amenaza, se registraron las aves *C. cheriway* y *M. chimachima* las cuales se encuentran en el apéndice II del CITES y el mamífero *N. olivácea* registrado bajo la categoría Casi Amenazada (NT); asimismo, fueron registradas las especies *O. columbiana* y *P. mystacalis* la primera endémica y la segunda casi endémica.

A pesar de no encontrarse en la zona especies migratorias, el área podría funcionar como corredor biológico de grandes mamíferos, según las entrevistas realizadas a los pobladores del humedal. Por tal razón, se hace necesario el desarrollo de nuevos muestreos que ayuden a comprender la dinámica natural de este humedal y sus poblaciones.

Las especies de aves y mamíferos registradas, cumplen un rol fundamental en el ecosistema, ya que actúan como dispersores de semillas, lo cual ayudaría a la distribución de especies de flora en el área circundante del humedal. Se hace necesario realizar monitoreos de insectos como coprófagos y mariposas para evaluar el estado de la calidad del humedal, ya que, estos grupos son bioindicadores del buen estado de los ecosistemas.

Respecto a las plantas, algunas especies presentan diferentes usos, los cuales corresponden a protección del suelo y agua, medicinales y alimentarias. Por otra parte, se encontró que la calidad del agua del humedal es media, lo cual ha permitido el establecimiento de grupos faunísticos como el fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados acuáticos, los cuales son la base principal de la cadena trófica y coadyudan a la captación de nutrientes dentro del mismo. Finalmente, gracias a la riqueza biológica del humedal Laguna Machín, se hace necesario conservar este ecosistema y todo lo que en él se encuentra.

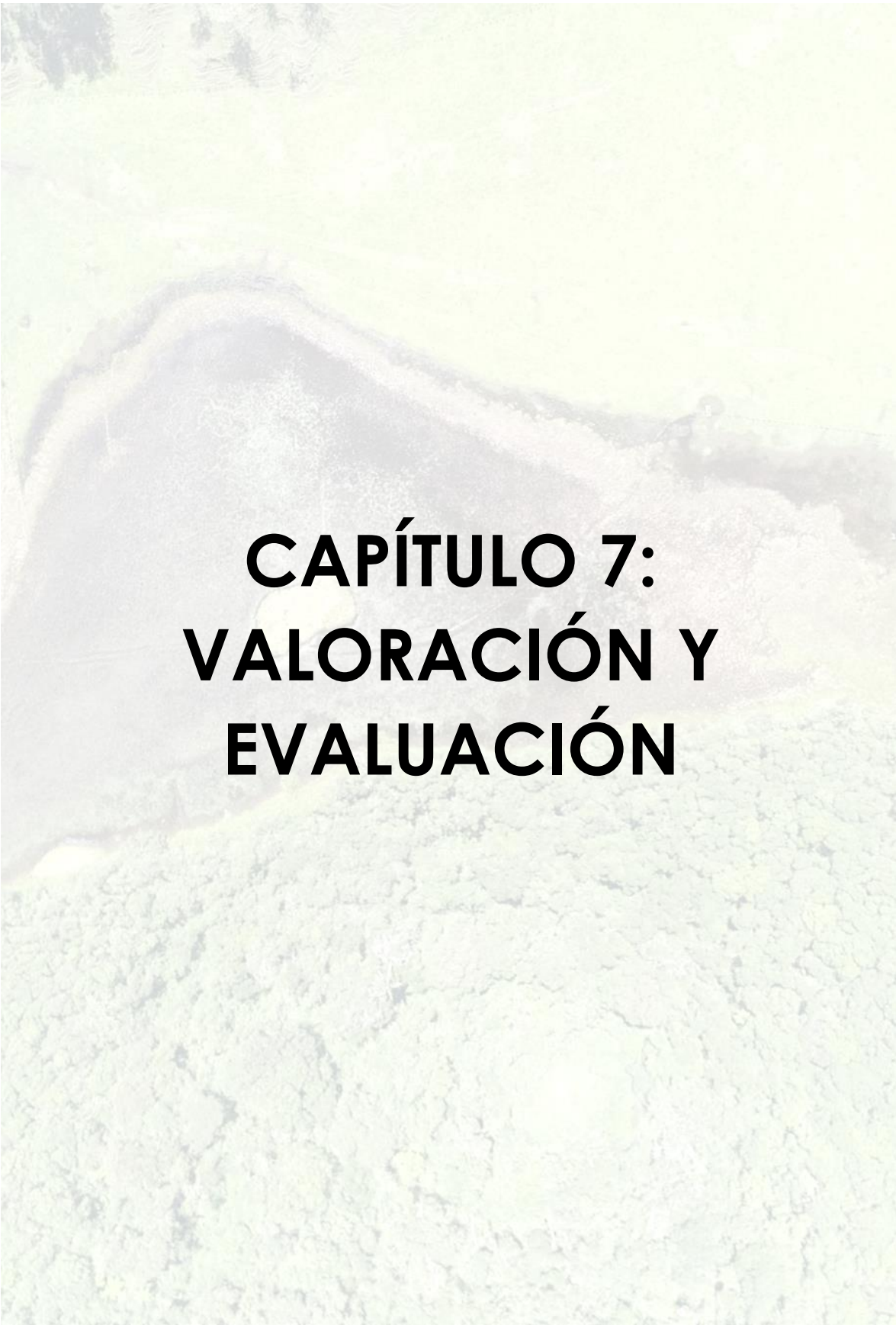
Transformación total del humedal

- *Reclamación de tierras.* Las zonas aledañas son usadas para ganadería.
- *Modificación completa de regímenes hidráulicos y reclamación del espacio físico del humedal.* El agua presente en el humedal no es direccionada a la vivienda que se encuentra en el sector, ya que, el humedal se llena solamente en época de invierno.

- *Introducción o trasplante de especies invasoras.* No se observa la presencia de especies invasoras que influyan sobre las dinámicas naturales del ecosistema.

Perturbación Severa al humedal

- *Control de inundaciones.* Se requieren más estudios para evidenciar este tipo de problemáticas en el humedal.
- *Contaminación.* No se observa contaminación por químicos o basuras dentro del humedal.
- *Canalizaciones.* No se registran obstrucciones en el flujo del agua para ningún propósito.
- *Urbanización.* No se presentan tensionantes de tipo urbano, industrial ni de infraestructura de recreación dado que el humedal se encuentra en un área de difícil acceso.
- *Remoción de sedimentos o vegetación.* Se requieren más estudios para evidenciar este tipo de problemáticas en el humedal.
- *Sobreexplotación de recursos biológicos.* Los pobladores de la región dan a conocer que no existe el uso de especies de fauna mediante la caza o la pesca, ni la recolección de nidos.
- *Represamiento o inundación permanente.* No se evidencian construcción de estanques para acuicultura ni represamiento de los flujos de agua.



CAPÍTULO 7: VALORACIÓN Y EVALUACIÓN

7. VALORACIÓN Y EVALUACIÓN

7.1. EVALUACIÓN ECOLÓGICA

El humedal Laguna Machín, presenta una zona de alta influencia a nivel ecológico para la fauna local, el humedal se ha convertido en un reservorio de agua, que contribuye por escorrentía a nutrir el bosque que lo bordea.

7.1.1. Generalidades del humedal.

Tamaño y posición: El humedal Laguna Machín se encuentra ubicado en la vereda de Toche del municipio de Ibagué, departamento del Tolima. Perteneciente a la unidad hidrográfica río Coello, perteneciente a la subzona hidrográfica río Coello (IDEAM, 2013); comprende un área inundable aproximada de 3.7 has y una altura promedio de 2490 m s.n.m.

- **Conectividad ecológica:** El humedal Laguna Machín, dispone de un bosque con baja intervención, el cual constituye un ecosistema único gracias a su riqueza y diversidad, asimismo, constituye un corredor biológico y de protección natural, dada la diversidad de flora presente y los reportes de fauna acuática (zooplancton y macroinvertebrados acuáticos) y fauna terrestre como aves y mamíferos, estos últimos cumplen un papel fundamental en la dispersión de semillas, permitiendo el crecimiento y conservación de dicho ambiente.

7.1.2. Diversidad biológica.

La caracterización biológica realizada en el humedal Laguna Machín, evidenció una representatividad variada a través de los diversos grupos analizados. En cuanto al fitoplancton, fueron registrados 22 géneros, pertenecientes a 16 órdenes y 22 familias; a nivel de flora, se reportó un total de 16 especies agrupadas en nueve órdenes y 12 familias.

Con respecto a la fauna acuática, para zooplancton, fueron registrados seis phyllums, seis clases, seis órdenes, 14 familias y 14 géneros, y para los macroinvertebrados acuáticos, se registraron 12 géneros agrupados en seis órdenes y 10 familias.

Por otra parte, los herpetos estuvieron representados una sola especie; se reportaron 21 especies de aves distribuidas 17 familias y siete órdenes. Finalmente, los mamíferos se distribuyeron en cuatro especies, cuatro órdenes y cuatro familias, representadas principalmente en pequeños mamíferos.

7.1.3. Naturalidad.

El humedal Laguna Machín se muestra como un reservorio de agua de origen natural, compuesto de un bosque primario el cual se encuentra asociado al Bosque Alto de Tierra Firme y Pastos Limpios, presenta gran espejo de agua, inmerso en un paisaje de montaña con relieve de lomas que está compuestas por materiales clásticos gruesos de tipo heterométrico.

7.1.4. Rareza.

La rareza en el humedal está dada por la presencia de especies de interés, ya sea por sus categorías de amenaza y su endemismo, hecho representativo que contribuye a desarrollar alternativas de conservación asociadas a determinados ambientes (Ceballos, 2001). En el humedal Laguna Machín se evidenciaron especies de gran importancia que pueden reflejar el grado de conservación y servicios ecosistémicos que vienen brindando. Es necesario realizar más monitoreos que permitan estimar el tamaño poblacional de las especies y el estado actual de la flora y fauna del humedal (Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Especies de importancia registradas en el humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Grupo	Especie	Rareza
Mamíferos	<i>Nasua olivacea</i>	Casi amenazada
Aves	<i>Caracara cheriway</i>	Apéndice II-CITES
	<i>Milvago chimachima</i>	
	<i>Ortalis columbiana</i>	Endémica
	<i>Pheugopedius mystacalis</i>	Casi endémica

Fuente: GIZ, 2019.

7.1.5. Fragilidad.

El humedal Laguna Machín se muestra como un reservorio de información genética de gran importancia, cobijando especies de fauna con algún grado de amenaza, al tiempo que contribuye de refugio para distintas especies de mamíferos que pueden expresar desplazamientos más amplios

en torno a sus actividades migratorias o rangos de distribución (*home range*).

7.1.6. Posibilidades de mejoramiento.

Los humedales se encuentran entre los ecosistemas más degradados y sufren una regresión significativa continua en su extensión y estado de conservación, con el riesgo de perjuicio para sus especies características y consecuentemente para la calidad del agua. Entre las problemáticas más comunes que sufren los humedales se encuentran, las quemas y talas en las franjas protectoras, degrado y alineado de interconexión de humedales, construcción de canales artificiales, construcción de carreteras, sedimentación, pesca intensiva, sistema de riego, agricultura, ganadería, agroquímicos, aguas residuales sin tratamiento, disposición de residuos sólidos y erosión, de acuerdo a lo anterior, en el presente documento se establecen las posibles estrategias que se pueden implementar para el mejoramiento, reforestación o rehabilitación.

Es importante contar con la presencia de actores sociales en el área de influencia del humedal Laguna Machín, para reconocer los valores ecológicos y biológicos, y, por lo tanto, poder proteger este ecosistema a través de propuestas que ayuden al mejoramiento del mismo.

Dentro de estas propuestas, se debería incluir un programa de educación ambiental para las personas que habitan en predios cercanos al humedal, y para la comunidad en general, como colegios, universidades, ONG's, entre otras, esto con el fin de generar inventarios y monitoreos de especies de flora y fauna para conocer más a fondo el estado actual de las poblaciones. Asimismo, este programa de educación ambiental ayudaría a generar conciencia ambiental respecto a la conservación del humedal.

Los diferentes grupos faunísticos característicos de los humedales tales como aves, anfibios, murciélagos, etc, se deben tener en cuenta, para la creación de programas y planes de manejo considerándolos como puntos clave en la conservación a nivel nacional y mundial, haciendo necesario contar con investigaciones que involucren a la comunidad y puedan obtener mayor aporte económico para la conservación de este ecosistema (Duque y Estupiñán, 2016).

7.2. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL.

7.2.1. Conocimiento del humedal Laguna Machín por los habitantes aledaños.

- **Conocimiento del humedal Laguna Machín.** Existe un amplio conocimiento acerca de la existencia del humedal por parte de los habitantes de los municipios del corregimiento de Toche.
- **Conocimiento de la fauna y la flora del humedal Laguna Machín.** Respecto a la fauna reconocida por las personas que habitan en zonas aledañas al humedal, destacan la presencia de mamíferos como el armadillo, coatí, zarigüeya y otros roedores, así como la presencia de algunas serpientes que no fueron capturadas y registradas en este estudio. Por otra parte, destacan algunas especies de plantas que son aprovechadas por su uso medicinal y ornamental.
- **Funciones del humedal Laguna Machín.** La comunidad reconoce que su presencia es fundamental para asegurar y garantizar la existencia de gran variedad de especies animales y vegetales; asimismo, el humedal ha permitido que exista un flujo constante de turistas que lo visitan junto con el domo del volcán.
- **Actitud frente al humedal Laguna Machín.** Actualmente es de resaltar la actitud positiva frente al humedal respecto a su conservación, esto se ve reflejado en una vocación de cuidado del humedal y el llamado a la institucionalidad para implementar planes de reforestación, capacitación y cuidado del bosque que lo rodea.

7.2.2. Valoración económica.

La valoración económica del humedal está enfocada en la identificación de los diferentes tipos de valores que las personas que hacen parte del Área de Influencia Directa e Indirecta le asignan al humedal.

En este contexto y de acuerdo a la convención de Ramsar (Acreman, Knowler y Barbier, 1997), la valoración económica está orientada a determinar los valores de uso directo e indirecto, valor de opción y el valor del no uso.

El valor de uso directo corresponde a los beneficios derivados de la explotación del humedal, ya sea por la agricultura, la pesca, recreación, explotación de fauna y flora, cría de animales, entre otros. Por lo general, el valor de uso se caracteriza por reflejar una interacción entre el ser humano y el humedal.

El valor de uso indirecto son aquellos beneficios producidos por las funciones ecológicas reguladoras del humedal. Dentro de ellas se pueden encontrar: la retención de nutrientes, control de inundaciones, reservorios de agua, entre otros. Por lo general, en este valor siempre se encontrarán actividades que no tienen un valor comercial en el mercado, por lo cual se hace difícil su cuantificación monetaria.

El valor de opción está relacionado con los posibles usos futuros -ya sean directos e indirectos- que se piensan implementar en el humedal.

El valor del no uso se “deriva del conocimiento de que se mantiene un recurso, ya sea diversidad biológica, patrimonio cultural, sitio religioso y legado” (Lambert, 2003).

De acuerdo al trabajo de campo se establecieron los siguientes valores para la valoración económica del humedal Laguna Machín (Tabla 7.2).

Tabla 7.2. Valoración económica del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Valor de uso			Valor del no uso
Valor de uso directo	Valor de uso indirecto	Valor de opción	
Reservorio de agua. Agua para el ganado. Turismo	Ambiental Recreacional	-	Zona de Reserva

Fuente: GIZ, 2019.

- *Valor de uso directo:* De acuerdo al trabajo de campo se logró evidenciar que los habitantes del Área de Influencia Directa del humedal Laguna Machín, utilizan el humedal como fuente de agua para la ganadería, reservorio de agua y para turismo.
- *Valor de uso indirecto:* Los habitantes del AID se benefician de forma indirecta del humedal ya que cumple con las funciones propias de este ecosistema, dentro de ellas se destacan, el almacenamiento del carbono y

la estabilización de nutrientes y el microclima; por otra parte, se destaca la entrada constante de turistas.

- *Valor de opción:* En la actualidad los habitantes que hacen parte del Área de Influencia Directa no tienen planeado explotar económicamente el humedal.

Valor del no uso: De acuerdo a los habitantes del Área de Influencia Directa del humedal el no uso estaría enfocado a convertirlo en una zona de reserva y protección.



CAPÍTULO 8: ZONIFICACIÓN DEL HUMEDAL

8. ZONIFICACIÓN DEL HUMEDAL

La zonificación ambiental es un proceso y herramienta de apoyo al ordenamiento territorial y ambiental del país, cuya elaboración se basa en la oferta de recursos de un determinado espacio geográfico, considerando las demandas de la población, dentro del marco del desarrollo sostenible. Esta zonificación constituye un instrumento fundamental, integrador y de apoyo a la gestión ambiental, que ayuda a la definición e identificación de espacios homogéneos y permite orientar la ubicación y el tipo de actividades más apropiadas para el área de consideración. Así mismo, estimula, facilita y apoya la labor de las instituciones para realizar el seguimiento de dicha actividad y la correspondiente supervisión (CONAM, 1999). La zonificación para la ordenación y manejo de los humedales, se constituye además en un ejercicio dinámico, flexible el cual debe ser revisado y ajustado, constantemente de acuerdo a las dinámicas sociales y a las eventualidades imprevistas como son las catástrofes naturales. (Mamaskato, 2008).

En este capítulo se presenta la zonificación ambiental del humedal Laguna Machín, localizado en el municipio de Ibagué, departamento del Tolima; en el cual se establecen unidades de manejo que permiten concentrar a través de estrategias específicas acciones conducentes a la recuperación ecológica. Para ello se tuvo en cuenta los criterios y categorías de zonificación definidas por la Resolución VIII-14 (2002) de la Convención Ramsar, la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales ((Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2006).

En primer lugar, se presentan los aspectos conceptuales que guían la definición de la zonificación ambiental, seguidos por la metodología y los insumos necesarios dentro de este proceso y por último la zonificación de acuerdo a las unidades de manejo con los regímenes de uso propuestos para cada una de ellas.

8.1. Aspectos Conceptuales

La convención Ramsar, en la Resolución VIII.14, 2002 “Nuevos lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales” propone algunas normas que deben ser tenidas en cuenta a la hora de definir la zonificación de un humedal: “Se ha de zonificar con la participación plena de los interesados directos, inclusive comunidades locales y pueblos indígenas; se han de explicar a fondo los motivos para establecer y delimitar zonas, lo que reviste particular importancia a la hora de fijar los límites de las zonas de amortiguación; se ha de preparar una relación concisa de las funciones y/o descripciones de cada sector como parte del plan de manejo; las zonas debieran señalarse con un código o designación singular y, cuando se pueda, fácil de reconocer, aunque en algunos casos bastará con emplear un código numérico sencillo; se ha de levantar un mapa que indique los límites de todas las zonas; de ser posible, los límites de las zonas debieran ser fácilmente reconocibles e identificables sobre el terreno; los indicadores físicos, (por ejemplo, cercas o caminos) son los más apropiados para señalar los límites y los que consistan en rasgos dinámicos, como ríos, hábitat variables o costas inestables, debieran indicarse con alguna marca permanente; y en los sitios extensos y uniformes o en las zonas de hábitat homogéneo divididas por un límite entre zonas debieran emplearse marcas permanentes y levantarse mapas de los lugares con ayuda del sistema mundial de determinación de posición (GPS).”

Según los principios y criterios para la delimitación de humedales continentales elaborado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014. Se deben tener en cuenta dos criterios para la delimitación de humedales.

- a) Aquellos que determinan el límite funcional y garantizan su integridad ecológica;
- b) Aquellos que permiten analizar implicaciones y direccionar la toma de decisiones sobre los procesos socioecológicos que suceden en el territorio del humedal (Figura 8.1).

Figura 8.1. Estructura para la gestión del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

a. Criterios para la identificación del límite funcional del humedal

Se han considerado cuatro tipos de criterios para identificar el límite funcional de los humedales

- Geomorfológicos: permiten identificar las principales formas del relieve que dejan que el agua se deposite y acumule.
- Hidrológicos: permiten identificar la fuente de alimentación del agua y las dinámicas de inundación de manera multitemporal.
- Edafológicos: permiten identificar los suelos que han evolucionado bajo condiciones de humedad (suelos hidromórficos).
- Biológicos: permiten identificar comunidades altamente comprometidas con los procesos hidrogeomorfológicos y edafológicos característicos de los humedales. En especial se propone el uso de comunidades vegetales hidrofílicas.

b. Criterios para el análisis de las implicaciones y la toma de decisiones

Se definen algunos criterios para analizar las implicaciones sociales, económicas y de gobernanza que se generarán a partir de la identificación del límite funcional de los humedales (Figura 8.2), esto permitirá tener argumentos para la toma de decisiones teniendo en cuenta los principios enunciados.

Figura 8.2. Criterios para la toma de decisiones y el análisis de las implicaciones



Fuente: GIZ, 2019.

Las unidades homogéneas de acuerdo a Andrade (1994), están compuestas principalmente por dos aspectos que materializan la síntesis de los procesos ecológicos: la geoforma, la cual se refiere a todos los elementos que tienen que ver con la morfología de la superficie terrestre (relieve, litología, geomorfología, suelos, entre otros) y la cobertura (vegetal y otras) que trata los elementos que forman parte del recubrimiento de la superficie terrestre, ya sea de origen natural o cultural".

En relación a la definición de etapas para la zonificación, según resolución 196 de 2006, comprende cuatro etapas:

- **Etapla preparatoria**, consiste en la definición del área de estudio, ubicación físico-política y obtención de mapas base. Así mismo, incluye la recolección y evaluación de la información biótica y socioeconómica existente.

- **Etapla de actualización y generación de cartografía temática**, consiste en un “proceso de actualización y generación de cartografía, con trabajo de interpretación de imágenes satelitales y comprobación cartográfica en campo para originar los siguientes mapas: geológico, suelos, fisiográfico, cobertura vegetal, sistema hídrico, socio económico (sistemas productivos, población, infraestructura, servicios básicos), uso actual, demanda ambiental (información de campo, fotointerpretación, y los cruces del mapa de uso actual con el mapa socio económico), oferta ambiental (correlación de los mapas de suelos, pendientes, fisiográfico, demanda ambiental, cobertura vegetal), procesos denudativos (correlación de los mapas base, pendientes, fisiográfico, geológico) amenazas naturales (correlación de los mapas geológico, hídrico, procesos denudativos y conflictos de uso), conflictos de uso (correlación de los mapas uso actual, vegetación, oferta ambiental) y unidades de manejo (producto final).”

- **Etapla “Criterios de Zonificación”**: En esta etapa se deben identificar los aspectos de oferta, demanda y conflictos del humedal en particular, tomando como base los siguientes conceptos:

- **Oferta Ambiental**: capacidad actual y potencial para producir bienes y servicios ambientales y sociales del humedal con base en el conocimiento de las características ecológicas del mismo, identificadas anteriormente. En este sentido la oferta ambiental puede establecerse de acuerdo con las siguientes categorías:

- **Áreas de Aptitud Ambiental:**

Zonas de especial significancia ambiental: Áreas que hacen parte del humedal poco intervenidas, áreas de recarga hidrogeológica, zonas de nacimientos de corrientes de agua, zonas de ronda.

Zonas de alta fragilidad ambiental: Incluyen áreas del humedal donde existe un alto riesgo de degradación en su estructura o en sus

características ecológicas por la acción humana o por fenómenos naturales.

- **Áreas para la producción sostenible y desarrollo socioeconómico:** Corresponden a las zonas del humedal donde los suelos presentan aptitud para sustentar actividades productivas (agrícolas, ganaderas, forestales y faunísticas).
- **Demanda Ambiental:** Está representada por el uso actual y los requerimientos de las comunidades sobre el ambiente biofísico del humedal (Agua, aire, suelo, flora, fauna, insumos y servicios)
- **Conflictos Ambientales:** Se generan por la existencia de incompatibilidades o antagonismos entre las diferentes áreas de la oferta ambiental y los factores que caracterizan la demanda ambiental. Estos conflictos ambientales se presentan en las siguientes situaciones: cuando se destruyen o degradan los componentes bióticos del humedal por la explotación inadecuada y cuando hay sobreutilización de los componentes del humedal.
- **Etapas de “Zonificación Ambiental”:** Con los resultados obtenidos en las fases previas, se identifican y establecen las siguientes categorías de Conservación para el humedal:
 - **Áreas de preservación ambiental:** corresponden a espacios que mantienen integridad en sus ecosistemas y tienen características de especial valor, en términos de singularidad, biodiversidad y utilidad para el mantenimiento de la estructura y funcionalidad del humedal.
 - **Áreas de restauración ambiental:** corresponden a espacios que han sido sometidos por el ser humano a procesos intensivos e inadecuados de apropiación y utilización, o que por procesos naturales presentan fenómenos de erosión, sedimentación, inestabilidad, contaminación, entre otros.
 - **Áreas de uso sostenible:** se refieren a espacios del humedal que pueden ser destinados al desarrollo de actividades productivas. Estas áreas deben ser sometidas a reglamentaciones encaminadas a prevenir y controlar los impactos ambientales generados por su explotación o uso.

En el manejo ambiental de estas áreas se debe asegurar el desarrollo sustentable, para lo cual se requieren acciones dirigidas a prevenir, controlar, amortiguar, reparar o compensar los impactos ambientales desfavorables.

Como resultado de la zonificación se proponen, por último, los usos y restricciones particulares para cada zona, así:

- **Uso principal:** uso deseable cuyo aprovechamiento corresponde a la función específica del área y ofrece las mejores ventajas o la mayor eficiencia desde los puntos de vista ecológico, económico y social.
- **Usos compatibles:** son aquellos que no se oponen al principal y concuerdan con la potencialidad, la productividad y demás recursos naturales conexos.
- **Usos condicionados:** aquellos que, por presentar algún grado de incompatibilidad con el uso principal y ciertos riesgos ambientales previsibles y controlables para la protección de los recursos naturales del humedal, están supeditados a permisos y/o autorizaciones previas y a condicionamientos específicos de manejo.
- **Usos prohibidos:** aquellos incompatibles con el uso principal del área en particular y con los propósitos de conservación y/o manejo. Entrañan graves riesgos de tipo ecológico y/o para la salud y la seguridad de la población.

8.2. Aspectos metodológicos

La zonificación del humedal Laguna Machín se realizó a partir de un análisis integrado de los diagnósticos físicos, biológicos y socioeconómicos del área de influencia del humedal. Esta información se obtuvo a partir de la recopilación de información secundaria e información primaria obtenida a partir de los aportes de la comunidad aledaña al humedal.

Como documentos base se tomaron los lineamientos generales de: La Convención Ramsar Resolución VIII-14 (2012). “Nuevos lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales” y La Guía Técnica para formulación de Planes de Manejo para los Humedales de Colombia Resolución 0196 de 2006 del MAVDT.

8.2.1. Etapas de la zonificación.

- Análisis de información cartográfica e imágenes satelitales:**

Esta etapa consistió en la recopilación de información secundaria y en la conformación de una base de datos con la cartografía obtenida a partir de estudios anteriores (Tabla 8.1).

Tabla 8.1. Áreas de coberturas vegetales asociadas al humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

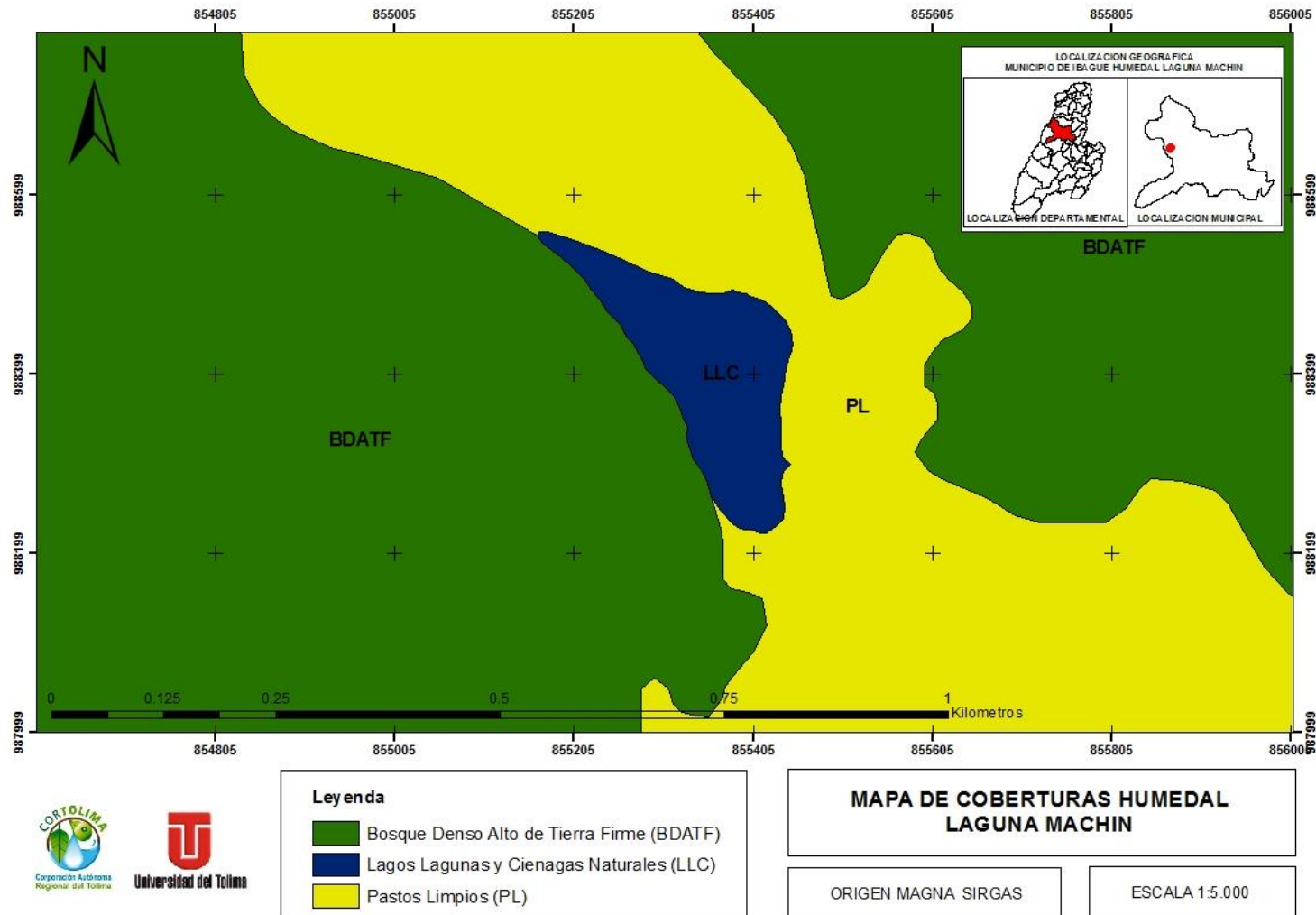
Tipo de Cobertura	Código Corine Land Cover (IDEAM, 2010)	Símbolo	Área (Ha)
Pastos Limpios	231	PL	33.48
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	31111	BDATF	76.30
Lagos Lagunas y Ciénagas Naturales	512	LLC	3.77
Total			113.57

Fuente: GIZ, 2019.

La base de datos se conformó a partir de los mapas temáticos que se nombran a continuación:

- Mapa de Geología de la Subzona Hidrográfica río Coello (CORTOLIMA, 2006).
- Mapa de Geomorfología de la Subzona Hidrográfica río Coello (CORTOLIMA, 2006).
- Mapa de Clasificación climática para el departamento del Tolima (Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA, 2014).
- Mapa de Hidrología Superficial del departamento del Tolima (CORTOLIMA, 2014)
- Mapa de Coberturas y Usos del Suelo (Figura 8.3).

Figura 8.3. Mapa de coberturas del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

- **Verificación en Campo:** La verificación en campo se realizó mediante un recorrido perimetral del humedal y captura de información en las zonas de especial importancia mediante un receptor GPS (sistema de posicionamiento global) Garmin 60csx con un error de exactitud de +/- 3 metros horizontales. Con la información tomada en campo, se generó el polígono de delimitación del humedal Machín en origen Magna-Sirgas en formato Shapefile. Posteriormente, mediante el polígono y la cartografía base fue posible generar los mapas temáticos para la toma de decisiones correspondientes al humedal Laguna Machín.

- **Criterios de la zonificación ambiental:**

Oferta ambiental:

El humedal Laguna Machín en las condiciones actuales ofrece diversos servicios ambientales que satisfacen las necesidades de la comunidad, a continuación, se describen los servicios principales que se presenta actualmente, así como los potenciales (Tabla 8.2).

Estos bienes y servicios se entienden como los beneficios directos o indirectos que las poblaciones humanas derivan de los atributos estructurales y funcionales del ecosistema (Márquez, 2003) y para el caso del humedal Machín se clasifican de acuerdo a la categorización establecida por la resolución 196 del 2006 y la cartilla de humedales publicada por el IAvH (2014).

Tabla 8.2. Bienes y servicios actuales y potenciales ofrecidos por humedal Laguna Macín, Ibagué (Tolima).

Servicios Ambientales	Actual	Potencial
Provisión	Abastecimiento de agua para animales.	Abastecimiento de agua para consumo humano. Abastecimiento de agua para sistemas agrícolas.
Regulación	Recarga de acuíferos Regulación de microclima Reducción de la erosión Reservorio de diversidad genética. Captura de carbono.	
Culturales	Valor paisajístico Recreación	

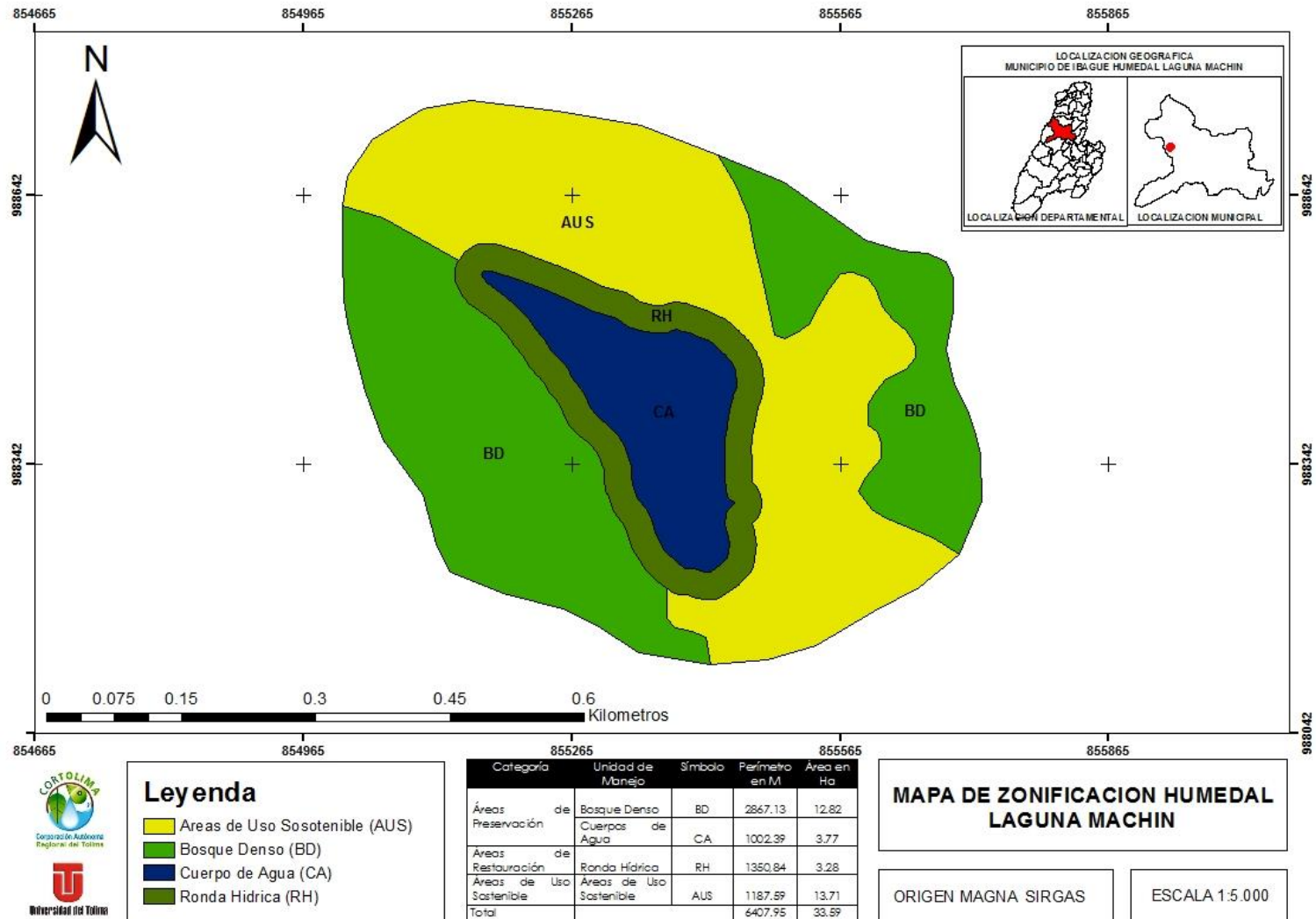
Fuente: GIZ, 2019.

8.3. Zonificación Ecológica y Ambiental.

De acuerdo a la metodología propuesta por el documento de Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales (IAvH, 2014), se realizó la delimitación del humedal, tomándose como límite de este el área inundable y aquellas zonas donde se encuentre vegetación asociada al humedal, a su vez se toma en cuenta los históricos del nivel de agua en diferentes épocas del año; y se delimita la franja de protección a la que aluden los artículos 83 literal d), y 14 del Decreto 1541 de 1978, la cual se constituye en una franja de hasta 30 metros de ancho que involucra áreas inundables y las áreas necesarias para la amortiguación, protección y equilibrio del humedal.

Se definieron tres áreas de manejo, correspondientes a áreas de preservación, áreas de restauración y áreas de uso sostenible, acorde a lo establecido en el Decreto 1076 (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Los cuerpos de agua y el bosque denso alto de tierra firme, corresponden al área de preservación, la ronda hídrica corresponde a las áreas de restauración y las áreas de uso sostenible se asignan a las áreas con coberturas de pastos limpios circundantes; estas áreas al tener aptitudes agrícolas y pecuarias, proveen una opción de actividades económicas de producción sostenible para las comunidades aledañas. Las descripciones de estas unidades de manejo se pueden observar en la Figura 8.4 y la Tabla 8.3.

Figura 8.4 Mapa de Zonificación Ambiental del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).



Fuente: GIZ, 2019.

Tabla 8.3. Tabla de categorías y unidades de manejo del humedal Laguna Machín, Ibagué (Tolima).

Categoría	Unidad de Manejo	Símbolo	Perímetro en M	Área en Ha
Áreas de Preservación	Bosque Denso	BD	2867.13	12.82
	Cuerpos de Agua	CA	1002.39	3.77
Áreas de Restauración	Ronda Hídrica	RH	1350.84	3.28
Áreas de Uso Sostenible	Áreas de Uso Sostenible	AUS	1187.59	13.71
Total			6407.95	33.59

Fuente: GIZ, 2019.

8.3.1. Áreas de Preservación:

Estas zonas corresponden a espacios que mantienen integridad en sus ecosistemas y poseen características de importancia ecológica, son fundamentales para el mantenimiento de las condiciones ecológicas del humedal y de la cual hacen parte las siguientes áreas y unidades de manejo:

8.3.2. Áreas de protección y regulación del recurso hídrico:

Cuerpos de Agua: Corresponde básicamente a la zona del humedal que se encuentra temporal o permanentemente inundada y donde se desarrolla una vegetación típica de ambientes acuáticos; y a los ríos y drenajes asociados al humedal. Ocupa un área de 3.77 Ha y no presenta drenajes asociados.

Bosque Denso: Corresponde a las áreas que presentan coberturas de bosques.

Usos

A continuación, se realiza la propuesta de los usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos para las unidades de manejo descritas anteriormente.

Uso principal

- Conservación de la estructura ecológica
- Conservación de la diversidad Biológica

- Conservación de las Fuentes Hídricas

Usos compatibles

- Investigación Biológica
- Educación ambiental
- Turismo Ecológico

Usos condicionados

- Captación del recurso hídrico para ganadería
- Captación del recurso hídrico para cultivos
- Recreación pasiva

Usos prohibidos

- Construcciones Permanentes
- Extracción de madera o actividades mineras
- Cacería de fauna.
- Actividades de pastoreo extensivo.
- Tránsito de maquinaria para producción agrícola
- Quemaz.
- Disposición de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.
- Ocupación de la ronda hídrica por semovientes o cultivos.

8.3.3. Áreas de Restauración:

Estas zonas corresponden a las áreas directamente relacionadas al humedal y demás cuerpos de agua que se encuentran degradadas por actividades antrópicas.

Ronda Hídrica: Definida como una franja arbolada de 30 metros a partir del límite inundable del humedal y de los drenajes asociados a este.

Usos

A continuación, se realiza la propuesta de los usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos para las unidades de manejo descritas anteriormente.

Uso principal

- Restauración de la cobertura vegetal natural.

- Conservación de la estructura ecológica
- Conservación de la diversidad Biológica

Usos compatibles

- Investigación Biológica
- Educación ambiental
- Turismo ecológico

Usos condicionados

- Recreación Pasiva

Usos prohibidos

- Construcciones Permanentes
- Extracción de madera o actividades mineras
- Cacería de fauna.
- Actividades de pastoreo extensivo.
- Tránsito de maquinaria para producción agrícola
- Quemas.
- Disposición de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.
- Ocupación de la ronda hídrica por semovientes o cultivos.

8.3.4. Áreas Uso Sostenible:

Se refieren a espacios del humedal que pueden ser destinados al desarrollo de actividades productivas y económicamente sustentables. Estas áreas deben ser sometidas a reglamentaciones encaminadas a prevenir y controlar los impactos ambientales generados por su explotación o uso.

Son aquellas áreas en las que se hacen viables los proyectos productivos ecológicos o sustentables, mediante asociaciones entre elementos arbóreos y cultivos de preferencia perennes para evitar la degradación del suelo por procesos erosivos a causa de los cortos ciclos de vida de las especies productivas o sistemas de producción ganadera de bajo impacto ambiental.

Usos

A continuación, se realiza la propuesta de los usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos para la unidad de manejo descrita anteriormente.

Uso Principal:

- Producción Agropecuaria con sistemas en agroforestería

Usos compatibles:

- Sistemas agrícolas
- Ecoturismo

Usos condicionados:

- Utilización de abonos para cultivos y labores de mecanización del terreno
- Tránsito de maquinaria para producción agrícola

Usos Prohibidos:

- Remoción total de la vegetación para implementar áreas exclusivas de pastoreo.
- Extracción de madera o actividades mineras
- Cacería de fauna.
- Quemas.
- Disposición de Residuos Sólidos Orgánicos e Inorgánicos.



CAPÍTULO 9: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

9.1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se abordan los temas concernientes a la planificación de las actividades derivadas de la caracterización del humedal Laguna Machín, en Ibagué, en el marco de lo institucional, legal, económico, ambiental, social y de política pública, para los ecosistemas estratégicos.

Por tanto el presente Plan de Manejo Ambiental del humedal, tiene como propósito rehabilitar algunas de las funciones que presta estos ecosistemas a través de la conservación de los valores que cumple ambientalmente y beneficiar las especies de flora y fauna que aún se mantienen, con el establecimiento de programas viables a corto, mediano y largo plazo que promuevan una conciliación del hombre con la naturaleza y coordinar acciones, mediante mecanismos de participación con la comunidad local, institucional e industrial.

Los ecosistemas de humedal desempeñan un papel fundamental dentro del funcionamiento de una cuenca, dependiendo para ello del comportamiento del ciclo hidrológico; contribuyen a la vez a la regulación de la misma, y ofrecen una gran variedad de bienes, servicios, usos y funciones para el ser humano, la flora y fauna silvestre, así como, para el mantenimiento de sistemas y procesos naturales (Ministerio de Medio Ambiente, 2002).

El presente Plan de Manejo, integra las variables socioculturales, de tradición del uso del suelo, de la fauna y flora endémica presente aún en el ecosistema y aspectos físicos, con la finalidad de planificar el desarrollo sostenible en el humedal, abriendo canales de participación activa que permita adelantar acciones de intervención para rehabilitación de hábitat en este humedal, bajo los lineamientos dados en el marco de la normatividad nacional sobre el manejo de los humedales en la Resolución 157 de 2004, Resolución 196 de 2006 y Resolución 1128 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

La propuesta se hace en torno al humedal Laguna Machín, teniendo en cuenta la condición y la gran importancia que dicho ecosistemas reviste

para la conservación de la biodiversidad, y la prestación de bienes y servicios ambientales; teniendo en cuenta esto se plasman diferentes actividades relacionadas con la investigación, gestión y divulgación, cuyo propósito fundamental consiste en diseñar estrategias para la restauración y conservación ecológica del humedal, visualizando un plan realizable desde el punto de vista operativo y financiero.

9.2. METODOLOGÍA.

La metodología para el desarrollo del Plan de Manejo Ambiental (PMA), se llevó a cabo acorde con las características particulares del área, se identificaron los humedales que por sus características físicas son los más relevantes dentro del valle cálido de Magdalena en el departamento del Tolima, y, a partir de sondeos iniciales a la zona se recopilaron datos que sirvieron para identificar los vacíos de información y así orientar los trabajos técnicos.

La información recopilada además de aportar elementos de análisis justificaba la implementación de acciones que desembocaran en la elaboración de un plan de manejo para preservar o usar de manera sostenible los recursos existentes y mejorar la calidad de vida de los implicados directos sobre los humedales; considerando la integralidad y relación existente entre los diferentes ecosistemas asociados al ciclo hidrológico y las dinámicas del desarrollo socioeconómico regionales.

La metodología utilizada en este documento se sustentó en analizar los resultados de la línea base, la caracterización del humedal Laguna Machín, la proyección de la perspectiva y la zonificación, para así, terminar con la formulación del plan de manejo ambiental, con un componente básico de participación en el cual se concertaron programas y posibles perfiles de proyecto que puedan enfocar los esfuerzos institucionales y comunitarios llevándolos a la ejecución.

Las fases sustentadas en lo anterior, tuvieron como principio fundamental.

- **Participación:** de los actores y dueños de las áreas sobre las cuales se identificaron los humedales, en la planificación y ejecución de cualquier esfuerzo para alcanzar el uso racional de los mismos y para que cualquier proceso a implementarse fuese conocido por los diferentes actores

haciéndoles partícipes en la información técnica presentada y discutida con la comunidad, ya que, parte de la implementación y administración debe ser responsabilidad de las comunidades y las instituciones.

• **Información técnica como soporte de la equivalencia entre los actores:** información orientada a garantizar la equivalencia de la información suministrada a través de la participación de los actores, y en la cual el equipo técnico de acuerdo a lo suministrado y percibido gracias a las diferentes observaciones directas sobre el área de humedales pueda orientar la formulación del plan de manejo.

Para efectos del desarrollo de las acciones propuestas por el plan de acuerdo a su nivel jerárquico y la dependencia e inclusión de unas con otras, se estableció en primera instancia el diseño de la Visión, a partir de esta, la Misión y como aspecto complementario de estos parámetros iniciales de planeación, se trazaron los objetivos; la segunda etapa en la formulación del plan estableció las estrategias, dentro de estas la definición de los programas y por último, a su vez dentro de estos programas, el diseño de los perfiles de proyectos que detalla el conjunto de actividades.

El primer proceso aplicado fue consultar la información y documentación temática disponible, tomada en términos legales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) y en términos técnicos, de los EOTs Municipales, los Planes de Ordenación Ambiental de Cuencas -POMCAS- (Documentos CORTOLIMA-CORPOICA), Planes de desarrollo municipales, Estudio de zonas secas en el departamento del Tolima y Plan de Acción departamental del Tolima 2016-2019.

De acuerdo a la información consultada a través de los diferentes documentos, junto a la percepción de las comunidades y las instituciones con injerencia sobre las zonas de humedales, se constituye una serie de programas que a su vez contienen uno perfiles de proyectos formulados en una visión conjunta, suscitada desde la óptica comunitaria e institucional, que se acoge en el marco del cumplimiento de objetivos propios del plan de manejo.

9.3. VISIÓN.

Los humedales naturales del Tolima, se constituyen en los próximos quince años en ecosistemas estratégicos a nivel departamental, los cuales muestran condiciones ecológicas aceptables que permiten el mantenimiento de la biodiversidad y la generación de bienes y servicios ambientales a la comunidad.

Para el presente plan, considerando lo expuesto en el marco conceptual, la visión es: *“Para el 2026 se espera tener restaurado ecológicamente el 80% del humedal Laguna Machín, disminuyendo las amenazas que ponen en riesgo el recurso hídrico, fauna y flora, fomentando al mismo tiempo el compromiso conservación por parte de la comunidad e instituciones que se encuentran directamente relacionada con el humedal.”*

9.4. MISIÓN.

Planteamiento, administración y ejecución de proyectos ambientales y sociales participativos, que tengan un aporte significativo en la mitigación y corrección de los procesos de degradación de los humedales naturales, mediante estrategias que permitan recuperar las condiciones naturales de estos ecosistemas, lo cual involucra realizar recomendaciones sobre el uso de los suelos, generar conciencia sobre la importancia de estos cuerpos de agua y realizar acciones directas para corregir los ecosistemas más afectados y mantener las condiciones de las zonas que aún conservan un importante potencial para la generación de bienes y servicios ambientales.

“Desarrollar una amplia gestión institucional con participación pública, privada y comunitaria que propenda por la conservación, recuperación y el uso sostenible de los recursos hídricos, flora, fauna y biodiversidad, con fundamento en la administración eficiente y eficaz, de los recursos naturales en los humedales naturales en el valle cálido del Magdalena del departamento del Tolima”.

9.5. OBJETIVOS.

9.5.1. Objetivo General del Plan de Manejo

Preservar las condiciones naturales que permitan el mantenimiento de la biodiversidad y la capacidad de regulación hídrica del humedal Laguna Machín.

9.5.2. Objetivos específicos:

- Conservar las áreas de especial significancia ambiental con el fin de garantizar la provisión del recurso hídrico y mantenimiento de la biodiversidad.
- Mejorar las prácticas agrícolas con el fin de disminuir el uso potencial de insumos agrícolas que puedan afectar del humedal.
- Realizar un aprovechamiento ambientalmente sostenible de la riqueza hídrica del humedal.
- Conservar las zonas que aún no han sido afectadas por procesos de origen antrópico.

9.6. TIEMPOS DE EJECUCIÓN.

Corto plazo: 1 a 3 años.

Mediano plazo: 3 a 6 años.

Largo plazo: 6 a 10 años.

9.7. ESTRATEGIAS

Las estrategias del Plan de Acción están direccionadas en cinco líneas, acordes con la Política Nacional de Humedales, las cuales se desarrollan en programas y proyectos específicos a cada uno de ellos.

I. Manejo y Uso Sostenible

Para Ramsar “El uso racional de los humedales consiste en su uso sostenible para beneficio de la humanidad de manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales del ecosistema”. Se define uso sostenible como “el uso de un humedal por los seres humanos de modo tal que produzca el mayor beneficio continuo para las generaciones presentes,

manteniendo al mismo tiempo su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras”.

Esta estrategia está orientada a garantizar un aprovechamiento del ecosistema sin afectar sus propiedades ecológicas a largo plazo. De acuerdo al establecido en la Convención de Ramsar, el concepto de “Uso Racional” debe tenerse en cuenta en la planificación general que afecte los humedales. El enfoque de la presente estrategia tiene como principio la intervención para la recuperación y conservación de la diversidad biológica, promoviendo el uso público de valores, atributos y funciones que incluyen no sólo la riqueza biológica del humedal sino los procesos de ordenamiento territorial y ambiental.

II. Conservación y Recuperación

Para Ramsar, “el mantenimiento y la conservación de los humedales existentes siempre es preferible y menos dispendiosa que su restauración ulterior” y que “los planes de restauración no deben debilitar los esfuerzos para conservar los sistemas naturales existentes”. Los datos cuantitativos y las evaluaciones subjetivas ponen en evidencia que las técnicas de restauración hoy disponibles no redundan casi nunca en condiciones equivalentes a las de los ecosistemas naturales vírgenes. La conclusión de esto es que se ha de evitar el canje de hábitat o ecosistemas de alta calidad por promesas de restauración, excepto cuando intervengan intereses nacionales imperiosos. Con todo, la restauración de sitios determinados puede contribuir a la gestión en curso de los humedales de elevada calidad existentes, por ejemplo, mejorando el estado general de la cuenca de captación, y mejorar la gestión respecto de la asignación de recursos hídricos.

La Convención de Ramsar no ha intentado proporcionar definiciones precisas de estos términos. Aunque cabría decir que “restauración” implica un regreso a una situación anterior a la perturbación y que “rehabilitación” entraña un mejoramiento de las funciones del humedal sin regresar necesariamente a la situación anterior a la perturbación, estas palabras se consideran a menudo intercambiables tanto en la documentación de Ramsar como en la documentación relativa a la conservación. Estos *Principios y lineamientos para la restauración de humedales* utilizan el término “restauración” en su sentido amplio, que incluye tanto los proyectos que promueven un regreso a la situación original como los proyectos que

mejoran las funciones de los humedales sin promover necesariamente un regreso a la situación anterior a la perturbación.

La presente estrategia está orientada al conocimiento y manejo de la alteración del sistema acuático, conversión en los tipos de suelo y al uso actual del suelo de protección, las malas prácticas y los patrones de drenaje al humedal que reducen seriamente los beneficios ambientales y económicos del humedal Laguna Machín. La estrategia está pensada para que los dos ejes recuperación y conservación sirvan como acciones de acuerdo a las fases de priorización de intervención y coordinadas alrededor de la reparación de los procesos de degradación ocurridos en el ecosistema, al igual que la prevención de futuras pérdidas ya sea de los valores, atributos y/o funciones del humedal.

III. Comunicación, formación y concienciación

Según Ramsar, La comunicación es el intercambio en dos sentidos de información que promueve y da lugar a un entendimiento mutuo. Es posible valerse de ella para conseguir que los 'actores'/interesados directos participen y es un medio de conseguir la cooperación de grupos de la sociedad escuchándoles primero y luego explicándoles por qué y cómo se toman las decisiones. Cuando se aplica un enfoque instrumental, se recurre a la comunicación con otros instrumentos para respaldar la conservación de los humedales a fin de encarar las restricciones económicas y motivar acciones.

La **educación** es un proceso que puede informar, motivar y habilitar a la gente para respaldar la conservación de los humedales, no sólo introduciendo cambios en sus estilos de vida, sino también promoviendo cambios en la conducta de las personas, las instituciones y los gobiernos.

La **concienciación** hace que las personas y los grupos más importantes con capacidad de influir en los resultados tengan presentes las cuestiones relacionadas con los humedales. La concienciación es una labor de promoción y fijación de una agenda que ayuda a la gente a percibir las cuestiones importantes y por qué lo son, las metas que se quieren alcanzar y qué se está haciendo y se puede hacer en ese sentido.

Esta estrategia tiene como principio fundamental el conocimiento del humedal, mediante la integración de distintas disciplinas, actores y procesos en cumplimiento de las necesidades expresadas en la gestión local y

Regional, incorporándose el componente investigativo de los procesos biofísicos y socioculturales que se desarrollan alrededor del humedal Laguna Machín.

IV. Investigación, Seguimiento y Monitoreo

La Investigación tiene como principio fundamental el conocimiento del humedal, mediante la integración de distintas disciplinas, actores y procesos en cumplimiento de las necesidades expresadas en la gestión local y regional, incorporándose el componente investigativo de los procesos biofísicos y socioculturales que se desarrollan alrededor del humedal Laguna Machín. El conocimiento permanente del tiempo de las personas que viven cercanas y aledañas al humedal generara a futuro mecanismos de apropiación y conservación por el ecosistema a nivel local.

La existencia de un programa de monitoreo y reconocimiento eficaz es un requisito previo para determinar si un humedal ha sufrido o no un cambio en sus características ecológicas. Dicho programa es un componente integral de cualquier plan de manejo de humedales y debería permitir que, al evaluar la amplitud y lo significativo del cambio, se tengan plenamente en consideración los valores y beneficios de los humedales.

El monitoreo debería establecer la amplitud de la variación natural de los parámetros ecológicos dentro de un tiempo determinado. El cambio en las características ecológicas se produce cuando estos parámetros se sitúan fuera de sus valores normales. Así pues, se necesita, además de la labor de monitoreo, una evaluación de la amplitud y lo significativo del cambio teniendo en cuenta la necesidad de que cada humedal tenga una situación de conservación favorable.

V. Evaluación del Riesgo en Humedales

La Convención sobre los humedales (Ramsar, 2000) ha elaborado este marco conceptual para evaluar el riesgo en humedales a fin de ayudar a las Partes Contratantes a predecir y evaluar el cambio en las características ecológicas de los humedales incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional y otros humedales. Este Marco aporta orientaciones acerca de cómo predecir y evaluar cambios en las características ecológicas de los humedales y en particular destaca la utilidad de los sistemas de alerta temprana.

Para la ejecución de los proyectos se estableció un horizonte de tiempo de diez años en los que las acciones a realizar durante los primeros tres años se definen de corto plazo; entre el cuarto y sexto año de mediano plazo, y entre el séptimo y décimo año de largo plazo.

9.8. PROGRAMAS Y PROYECTOS

PROGRAMA 1. RECUPERACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VIDA DEL HUMEDAL Y DE SU BIODIVERSIDAD.

Proyecto 1.1. Recuperación del Humedal

Justificación: Los sistemas de agua dulce no son aislados o autónomos. Entran materiales y sustancias procedentes de la cuenca y salen otros por los cauces que drenan el humedal. Las sustancias como el carbono y el nitrógeno se procesan dentro del sistema, por lo que la calidad del agua dentro de un sistema húmedo es un factor crítico porque las concentraciones o la presencia/ ausencia de nutrientes, sustancias y compuestos influirá en la composición de la flora y fauna de su comunidad acuática.

La presencia de nutrientes en concentraciones superiores eventualmente cambiará el modo del sistema de uno donde predominen las plantas acuáticas a un sistema donde predomine el fitoplancton. Así mismo, los sedimentos que entran en un sistema provienen de la escorrentía, de la erosión de la orilla del humedal o de materia orgánica derivada de algas muertas, hojas y otra materia vegetal. La fuente del sedimento puede afectar a la calidad del agua porque aporta nutrientes y contaminantes que causan la eutrofización y efectos tóxicos mientras el sedimento permanece en suspensión. El mismo sedimento reduce la disponibilidad de luz.

Objetivo general: Mejorar el estado actual del humedal Laguna Machín en su componente hídrico.

Objetivos específicos:

- Mantener los niveles de profundidad del humedal.
- Mejorar la calidad de agua y las características fisicoquímicas y bacteriológicas del humedal.

Meta:

- Lograr que el cuerpo de agua del humedal Laguna Machín alcance condiciones oligotróficas y a su vez presente valores fisicoquímicos y bacteriológicos favorables para la flora y fauna asociada a él.

Actividades:

- Inspecciones periódicas en las características del humedal que se relacionan con su porcentaje de espejo de agua recuperado, presencia/ausencia de basuras, presencia/ausencia de extracción de agua para usos agrícolas, presencia/ausencia de residuos provenientes de la actividad agrícola, entre otras.
- Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y la calidad del agua del humedal.

Indicadores:

- Ausencia de basuras, extracción de agua para usos agrícolas, vertimientos de residuos provenientes de la actividad agrícola, entre otras.
- Valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos dentro del rango de la calidad de agua Buena-Excelente.
- Ausencia de macrófitas y presencia de aguas oligotróficas dentro del humedal.
- Informe técnico evidenciando los cambios temporales-espaciales del humedal.

Responsables:

1. Alcaldía
2. CORTOLIMA

Prioridad: Corto y Mediano Plazo.

Proyecto 1.2. Conservación y mantenimiento de la vegetación asociada a la ronda hídrica del humedal

Justificación: Los efectos de la deforestación repercuten de diferentes formas en los ecosistemas de agua dulce, básicamente en el aumento de erosión, sedimentación y alteración en el caudal, así como en distintos procesos ecológicos. Por ejemplo, la deforestación de las áreas circundantes a los humedales incrementa la velocidad de la escorrentía y

la carga de sedimentos, afecta la calidad y cantidad de agua y disminuye la oferta de hábitat y recursos para las especies asociadas a los humedales.

Debido a que en el humedal Laguna Machín se observa la pérdida de la cobertura vegetal en sus bordes, principalmente como consecuencia de la actividad ganadera, es necesario implementar acciones de recuperación de las condiciones edáficas, así como medidas de manejo y control para el uso de la cobertura vegetal, reduciendo los procesos degradativos como las talas y la erosión.

Objetivo general: Mejorar el estado del humedal Laguna Machín en su componente de flora a través la reforestación y el cuidado de la vegetación nativa localizada dentro de su ronda hídrica.

Objetivos específicos:

- Reforestar el humedal dentro de su franja de protección y su ronda hídrica.
- Reducir la pérdida de especies forestales como consecuencia de la tala.

Meta:

- Ronda hídrica totalmente reforestada y con evidencias de sucesión vegetal natural.
- Ausencia de procesos degradativos como talas dentro de la ronda hídrica del humedal.

Actividades:

- Reforestación con especies nativas de la ronda hídrica del humedal.
- Caracterización de las especies vegetales asociadas a la ronda hídrica en el tiempo cero.
- Formular planes de restauración ecológica en la ronda hídrica del humedal, en caso de ser necesarios.

Indicadores:

- Porcentaje de ronda hídrica reforestada con especies nativas.
- Inventario de las especies encontradas actualmente dentro del área de ronda hídrica del humedal.
- Porcentaje de reducción de procesos degradativos como quemas y talas dentro de la ronda hídrica del humedal.

Responsables:

1. Alcaldía
2. CORTOLIMA

Prioridad: Mediano plazo.

PROGRAMA 2
INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN

Proyecto 2.1. Ampliación del conocimiento sobre especies de fauna silvestre

Justificación: La recuperación de la diversidad y el crecimiento de las poblaciones de fauna dependen directamente de las políticas de manejo implementadas y el conocimiento que tienen la comunidad sobre su ecología y función dentro de los ecosistemas. Debido a esto es necesario ampliar el conocimiento que se tiene sobre las especies de fauna silvestre con el fin de establecer lineamientos de manejo de las mismas y reducir las presiones antrópicas ejercidas sobre ella.

La información de línea base generada durante los diferentes proyectos y programas propuestos dentro de este plan de manejo, debe ser socializada y discutida con la comunidad en aras de desarrollar programas de control y protección de la fauna al punto de lograr establecer planes de manejo específicos para cada una de las especies registradas en la región con algún grado de vulnerabilidad o amenaza (UICN).

Objetivo general: Generar conocimiento sobre la fauna silvestre del humedal Laguna Machín que permita conocer su estado, estructura y composición, a fin de establecer programas de manejo específicos para las especies amenazadas o vulnerables.

Objetivos específicos:

- Determinar la composición, estructura y tamaño poblacional de las especies de macroinvertebrados acuáticos, herpetofauna, aves y mamíferos que habitan en el humedal y su área circundante.
- Identificar las especies presentes en el área de estudio que se encuentran en contempladas dentro de alguna categoría de amenaza.

Metas:

- Conocer el estado actual de las poblaciones de fauna silvestre de los ecosistemas de humedal en el municipio de Ibagué.

- Sensibilizar a las comunidades y las autoridades frente a la fauna amenazada o vulnerable detectada dentro del humedal Laguna Machín.

Actividades:

- Realización de monitoreos de fauna silvestre en la zona de influencia del humedal con el fin de obtener información sobre la composición, estructura y el tamaño poblacional de las especies registradas.
- Identificación de las especies amenazadas o vulnerables asociadas al humedal.
- Establecimiento de programas de manejo para reducir la presión sobre las especies amenazadas o vulnerables registradas en el área de influencia del humedal.
- Elaboración de políticas de manejo de fauna silvestre en los reglamentos internos de la comunidad.

Indicadores:

- Documento técnico con la información de la composición, estructura y el tamaño poblacional de las especies registradas en el área de influencia del humedal.
- Listado de especies amenazadas o vulnerables registradas dentro del área de influencia del humedal.
- Planes de manejo específicos para cada una de las especies de fauna amenazadas o vulnerables registradas dentro del área de influencia del humedal.
- Políticas de manejo establecidas e introducidas en los reglamentos internos de las comunidades.

Responsables:

1. Universidades
2. CORTOLIMA
3. Comunidad

Prioridad: Mediano y largo plazo

Proyecto 2.2. Diseño de escenarios de conectividad estructural en los alrededores del humedal Laguna Machín.

Justificación: Los humedales son ambientes espacialmente dispersos y fluctuantes por naturaleza, de forma que la conectividad funcional entre ellos se torna esencial para los taxones que dependen de los mismos. Dicha permeabilidad puede obtenerse mediante el manejo del modelo paisajístico, lo cual implica considerar conexiones biológicas, no sólo en los humedales interiores sino también en toda la matriz circundante del ecosistema. Debido a que la conectividad involucra el mantenimiento de la interconexión y dinámica de las especies, los procesos ecológicos y los ecosistemas, así como de las funciones y servicios que brindan los mismos, los corredores ecológicos (en este caso los enlaces lineales) constituyen una de las herramientas a emplear con el fin de facilitar la conectividad entre el humedal, las áreas boscosas cercanas y otras áreas importantes para la conservación cercanas al cuerpo de agua.

Objetivo general: Diseñar enlaces lineales entre el humedal, las áreas boscosas cercanas y otras áreas importantes para la conservación.

Objetivos específicos:

- Identificar los posibles enlaces lineales o áreas de interconexión entre el humedal y sus alrededores.
- Evaluar la estructura horizontal y vertical de los enlaces lineales existentes en los alrededores del humedal.

Metas:

- Diseño de una red de conectividad estructural entre el humedal y sus alrededores.

Actividades:

- Identificación y valoración de los posibles enlaces lineales o áreas de interconexión cercanas al humedal.
- Inventario detallado de la flora y fauna presente en los posibles enlaces lineales y su relación con el humedal.
- Evaluación de la estructura vegetal vertical y horizontal dentro de los posibles enlaces lineales existentes en los alrededores del humedal.
- Diseño de enlaces lineales con su respectivo levantamiento cartográfico, predial y social.

Indicadores:

- Mapa con los posibles enlaces lineales detectados en las áreas circundantes al humedal.
- Informe técnico indicando los porcentajes de avance en el inventario de fauna y flora asociadas a los posibles enlaces lineales, así como evaluando la influencia del humedal sobre las especies detectadas y su dependencia al cuerpo de agua.
- Informe técnico relacionando los resultados obtenidos durante la caracterización de la estructura vertical y horizontal de los enlaces lineales potenciales.
- Porcentaje de avance del diseño y cartografía de los enlaces lineales propuestos.

Responsables:

1. Universidades
2. CORTOLIMA

Prioridad: Mediano plazo.

Proyecto 2.3. Ampliación del conocimiento sobre especies de flora silvestre.

Justificación: La alta demanda nacional e internacional del recurso forestal ha conllevado cada día a incrementar el número de especies objeto de uso, es por eso que es necesario realizar estudios para conocer la flora silvestre, establecer planes de manejo y controlar los aprovechamientos que se hagan ilegalmente. Todos estos estudios deben ser incluidos en los planes de desarrollo de los municipios y los planes trienales de las corporaciones a fin de tener un norte frente al control y uso de los recursos, lo cual permitirá la recuperación de las áreas degradadas y optimizará el uso de los recursos.

Objetivo general: Generar conocimiento sobre la flora silvestre encontrada a los alrededores del humedal Laguna Machín con el fin de conocer su estado, estructura, composición y establecer programas de manejo para cada una de ellas.

Objetivos específicos:

- Determinar la composición y estructura de las comunidades de flora que se encuentran en el área de interés.

- Identificar las especies que se encuentran en alguna categoría de amenaza presentes en el área de estudio.

Metas:

- Conocer el estado actual de las poblaciones de fauna silvestre de los ecosistemas de humedal en el municipio de Ibagué.
- Sensibilizar a las comunidades y las autoridades frente a la flora amenazada o vulnerable detectada dentro del humedal Laguna Machín.

Actividades:

- Realización de inventarios y monitoreos del fitoplancton y la flora silvestre en la zona de influencia del humedal con el fin de obtener información sobre la composición y estructura de las especies registradas.
- Identificación de las especies amenazadas o vulnerables asociadas al humedal.
- Identificación de las especies de interés ecológico y comercial con el fin de establecer su aprovechamiento sostenible.
- Establecimiento de programas de manejo para reducir la presión sobre las especies de flora amenazadas o vulnerables registradas en el área de influencia del humedal.
- Elaboración de políticas de manejo de flora silvestre en los reglamentos internos de la comunidad.

Indicadores:

- Documento técnico con la información de la composición y estructura de las especies de flora registradas en el área de influencia del humedal.
- Listado de especies amenazadas o vulnerables registradas dentro del área de influencia del humedal.
- Planes de manejo específicos para cada una de las especies de flora amenazadas o vulnerables registradas dentro del área de influencia del humedal.
- Políticas de manejo establecidas e introducidas en los reglamentos internos de las comunidades.

Responsables:

1. Universidades

2. CORTOLIMA

Prioridad: Mediano plazo

Proyecto 2.4. Programa de educación ambiental y apropiación social participativa de los humedales.

Justificación: La exigencia de poner en marcha un programa de educación y sensibilización ambiental comunitaria se basa en el propósito de informar, formar y sensibilizar a la población de la necesidad de preservar el patrimonio ambiental, puesto que la responsabilidad no puede recaer única y exclusivamente en la administración, sino que será fruto de un proyecto de construcción colectiva.

En este marco se concibe la educación y sensibilización ambiental como una herramienta o instrumento para la gestión, coherente con los principios inspiradores de la mancomunidad. Siendo una acción complementaria y coherente con la gestión en propenda a la conservación del humedal. La sensibilización combina integralmente acciones de transmisión directa y aprovechamiento, creando oportunidades para establecer un dialogo personal con la comunidad y los propietarios.

La educación ambiental formal y no formal ofrece un conjunto integrado de recursos materiales y humanos que puedan utilizarse para diseñar, adaptar, organizar y desarrollar sus propias actividades o programaciones de educación ambiental en torno al humedal. Este proceso también involucra la comunidad estudiantil ya que desde las aulas de clase podría darle continuidad al proceso de sensibilización con el fin de que sus alumnos sean los multiplicadores y quienes lleven esta cultura ambiental para las generaciones futuras.

Objetivo general: Lograr comunidades organizadas y con capacidad de definir sus políticas y planes de desarrollo como respuesta a un modelo de gestión participativa y pedagógica para la conservación de los humedales.

Objetivos específicos:

- Fortalecer la organización comunitaria y la participación ciudadana.
- Contribuir a transformar hábitos culturales poco amigable con el medio ambiente y sus recursos naturales con el fin de generar

conciencia sobre el valor del territorio como un bien comunitario e histórico.

- Lograr que la comunidad implemente los conceptos y conocimientos obtenidos mediante la educación ambiental a la hora de valorar y hacer uso de los recursos naturales de forma eficiente y sostenible.

Metas:

- Establecer organizaciones comunitarias y grupos poblacionales involucrados e interactuando en el proceso de desarrollo sostenible.
- Comunidades con conocimiento de su territorio en términos de extensión, linderos, áreas estratégicas, bienes, servicios y potencialidades.
- Centros educativos implementando cátedras de educación ambiental.

Actividades:

- Construcción y socialización de un modelo de educación ambiental.
- Realización de talleres educativos.
- Realización de una cartilla educativa con participación de las comunidades.

Indicadores:

- Implementación del programa de educación ambiental en las escuelas y colegios de la región dentro de la asignatura de Ciencias Naturales.
- Número de talleres realizados con las comunidades
- Número de líderes y pobladores comprometidos con el manejo y el aprovechamiento de los recursos de los humedales y del territorio en general.
- Cartilla educativa.

Responsables:

1. CORTOLIMA
2. Alcaldía Municipal

Prioridad: Largo plazo

PROGRAMA 3.
MANEJO SOSTENIBLE.

Proyecto 3.1. Pago por Servicios Ambientales

Justificación: El concepto básico de PSA es que los usuarios de recursos o las comunidades que están en condiciones de proporcionar servicios ambientales deben recibir una compensación por los costos en que incurren y que quienes se benefician con dichos servicios deben pagarlos utilizar un mecanismo de mercado para recompensar a los productores por las externalidades positivas que generan mediante el uso de la tierra, pero adecuado para mantener o mejorar los servicios ambientales. A pesar que en muchos países de la región no existe una normativa nacional que reglamente el PSA, éste puede ser adoptado a niveles político-administrativos inferiores.

En este sentido los servicios ambientales son funciones ecosistémicas que benefician al hombre y los bienes ambientales son las materias primas que utiliza el hombre en sus actividades productivas económicas, que, para el caso del humedal, se evidencian en la belleza escénica, en la concentración de flora y fauna nativa y en el recurso agua que proveen.

Particularmente la compensación por pago de bienes y servicios ambientales para el ecosistema de humedal puede evidenciarse en la posibilidad de exención o rebaja en impuestos para propietarios del predio sobre el cual se encuentre ubicado; con lo cual se incentiva de manera eficaz la responsabilidad en el manejo y cuidado tanto para el humedal como para su área de influencia.

Objetivo general: Diseñar e implementar un sistema de compensación de pagos por servicios ambientales a propietarios y comunidades, con el propósito que mantengan y conserve el humedal existente y no realicen actividades productivas que generen impacto a los recursos naturales.

Objetivos específicos:

- Implementar el modelo de pago por bienes y servicios ambientales en los predios donde se localiza el humedal.

Metas:

- Establecer los modelos de pagos por servicios ambientales de los predios donde se localiza el humedal natural y los que hacen parte de las áreas de preservación establecidas.

Actividades:

- Socialización del proyecto a las comunidades.
- Realización de un censo de propietarios que son colindantes directos del humedal.
- Diseño y desarrollo del modelo de pago por servicios ambientales y reducción de impuestos.

Indicadores:

- Talleres con evidencia fotográfica de la socialización del proyecto.
- Informe con los datos relacionados a las áreas de preservación dentro del cual se incluya información sobre los propietarios de los predios ubicados dentro del área de interés, las actividades desarrolladas dentro del predio, el grado de perturbación, las acciones de restauración a desarrollar dentro de cada uno, entre otros datos.
- Acuerdos y documentos legales dentro de los cuales la autoridad ambiental establezca las fuentes, instrumentos, condiciones y demás requerimientos para el otorgamiento de incentivos a la conservación.

Responsables:

1. Comunidades
2. CORTOLIMA
3. Alcaldía

Prioridad: Mediano y largo plazo

Proyecto 3.2. Capacitación en la formulación y desarrollo de proyectos productivos.

Justificación: La formulación y el desarrollo de proyectos por parte de la comunidad son una herramienta de desarrollo para ellas mismas que facilita su integración, mediante el debate de sus diferentes puntos de vista que permite la construcción de ideas más sólidas para la atención de un problema o determinada situación y de esta manera avanzar hacia el desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones.

De igual forma la reorientación en cuanto a las prácticas productivas por parte de pequeños propietarios debe plasmarse desde la aplicación de acciones que no vayan en contravía a la conservación de estos ecosistemas, para lo cual deben desarrollarse propuestas para el desarrollo de proyectos productivos teniendo en cuenta la riqueza de sus tierras.

Para que la gestión de proyectos por parte de las comunidades sea efectiva, es necesario en primer lugar que los interesados tengan acceso a capacitaciones que además de contemplar la parte formal de la elaboración de proyectos, incluya el conocimiento de los mecanismos de gestión de los mismos a instituciones públicas y privadas del orden nacional e instituciones internacionales, con el fin de aprovechar todas las posibilidades que en muchos casos se desconocen y por ende no se aprovechan por falta de su conocimiento.

Objetivo general: Instruir a la comunidad en la implementación de estrategias productivas que contribuyan al bienestar de las comunidades locales y la promoción de la conservación del humedal.

Objetivos específicos:

- Capacitar a las comunidades sobre el aprovechamiento ecoturístico del humedal.

Metas:

- Capacitar a los propietarios, administradores e interesados en la formulación y gestión de proyectos ecoturísticos.

Actividades:

- Capacitaciones y talleres sobre la formulación y gestión de proyectos ecoturísticos dentro del área del humedal.

Indicadores:

- Número de talleres realizados con los propietarios, administradores e interesados en la formulación y gestión de proyectos productivos y ecoturísticos.
- Número de proyectos ecoturísticos formulados y ejecutados.
- Capacitaciones, visitas y monitoreos semestrales a quienes adopten los proyectos formulados.

Responsables:

1. CORTOLIMA
2. SENA
3. Alcaldía

Prioridad: Mediano plazo.

9.9. EVALUACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

En desarrollo de los términos de referencia definidos en la resolución 157 del 12 de febrero de 2004 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible), por medio de la cual se reglamenta el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales de Colombia, y se desarrollan algunos aspectos referidos a los mismos, según lo acordado en la Convención de Ramsar, orientados a la adopción de medidas de manejo con la participación de los distintos interesados; se recomienda crear un comité interinstitucional con el fin de planificar, realizar el seguimiento y evaluación del Plan integrado de manejo de los humedales de la zona baja del departamento del Tolima, conformado por:

1. Un representante de la Gobernación del Tolima (Gobernador y/o su delegado).
2. Un representante de la Corporación Autónoma Regional del Tolima, CORTOLIMA (Director y/o su delegado).
3. Un representante del Municipio de Melgar (Alcalde y/o su delegado).
4. Un delegado de las organizaciones sociales más representativas (Juntas de Acción Comunal, ONGs, Gremio económicos y /o comunidades, incluida la comunidad indígena del municipio).
5. Un delegado de la academia del Tolima (Universidades, Centros de Investigación).
6. El propietario del predio donde se ubica humedal, si es el caso.

Funciones:

1. Planificar el desarrollo de los programas y proyectos del PMA de cada Humedal.
2. Establecer las actividades a desarrollar según prioridad y necesidad.

3. Realizar el seguimiento y cumplimiento de las actividades desarrolladas del PMA priorizado.
4. Presentar un informe anual a las entidades responsables del desarrollo del PMA.

Coordinación:

Responsabilidad de la Corporación Autónoma del Tolima (CORTOLIMA).

Revisión Trienal del Plan de Manejo:

Esta etapa se propone cada tres años, donde participará el comité coordinador, representantes de comunidades beneficiarias de los proyectos, las entidades ejecutoras y ONGs. El objetivo principal es evaluar la implementación del Plan de Manejo.

9.10. PLAN DE TRABAJO ANUAL

Programas y Proyectos										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
PROGRAMA 1. RECUPERACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VIDA DEL HUMEDAL Y DE SU BIODIVERSIDAD.										
Proyecto 1.1. Recuperación del Humedal	X	X	X	X	X					
Proyecto 1.2. Conservación y mantenimiento de la vegetación asociada a la ronda hídrica.	X	X	X	X	X					
PROGRAMA 2. INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN										
Proyecto 2.1. Ampliación del conocimiento sobre especies de fauna silvestre.	X	X	X	X	X	X	X	X		
Proyecto 2.2. Diseño de escenarios de conectividad estructural en los alrededores del humedal	X	X	X	X	X	X	X			
Proyecto 2.3. Ampliación del conocimiento sobre especies de flora silvestre.	X	X	X	X	X					
Programa de educación ambiental y apropiación social participativa de los humedales.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PROGRAMA 3. MANEJO SOSTENIBLE										
Proyecto 3.1. Pago por Servicios Ambientales.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 3.2. Capacitación en la formulación y desarrollo de proyectos productivos.	X	X	X	X	X					

Plan de Manejo Ambiental (PMA) humedal Laguna Machín

Proyectos	Objetivo general	Objetivos específicos
Proyecto 1.1. Recuperación del Humedal	Mejorar el estado actual del humedal Laguna Machín en su componente hídrico.	• Mantener los niveles de profundidad del humedal (>1 m). • Mejorar la calidad de agua y las características fisicoquímicas y bacteriológicas del humedal.
Proyecto 1.2. Conservación y mantenimiento de la vegetación asociada a la ronda hídrica del humedal	Mejorar el estado del humedal Laguna Machín en su componente de flora a través la reforestación y el cuidado de la vegetación nativa localizada dentro de su ronda hídrica.	• Reforestar el humedal dentro de su franja de protección y su ronda hídrica (3.28 ha). • Reducir la pérdida de especies forestales como consecuencia de la tala.
Proyecto 2.1. Ampliación del conocimiento sobre especies de fauna silvestre	Generar conocimiento sobre la fauna silvestre del humedal Laguna Machín que permita conocer su estado, estructura y composición, a fin de establecer programas de manejo específicos para las especies amenazadas o vulnerables.	• Determinar la composición, estructura y tamaño poblacional de las especies de macroinvertebrados acuáticos, herpetofauna, aves y mamíferos que habitan en el humedal y su área circundante. • Identificar las especies presentes en el área de estudio que se encuentran en contempladas dentro de alguna categoría de amenaza.
Proyecto 2.2. Diseño de escenarios de conectividad estructural en los alrededores del humedal Laguna Machín.	Diseñar enlaces lineales entre el humedal, las áreas boscosas cercanas y otras áreas importantes para la conservación.	• Identificar los posibles enlaces lineales o áreas de interconexión entre el humedal y sus alrededores. • Evaluar la estructura horizontal y vertical de los enlaces lineales existentes en los alrededores del humedal.
Proyecto 2.3. Ampliación del conocimiento sobre especies de flora silvestre.	Generar conocimiento sobre la flora silvestre encontrada a los alrededores del humedal Laguna Machín con el fin de conocer su estado, estructura, composición y establecer programas de manejo para cada una de ellas.	• Determinar la composición y estructura de las comunidades de flora que se encuentran en el área de interés. • Identificar las especies que se encuentran en alguna categoría de amenaza presentes en el área de estudio.
Proyecto 2.4. Programa de educación ambiental y	Lograr comunidades organizadas y con capacidad de definir sus políticas y planes de desarrollo como respuesta a un modelo	• Fortalecer la organización comunitaria y la participación ciudadana.

apropiación social participativa de los humedales.	de gestión participativa y pedagógica para la conservación de los humedales.	• Contribuir a transformar hábitos culturales poco amigable con el medio ambiente y sus recursos naturales con el fin de generar conciencia sobre el valor del territorio como un bien comunitario e histórico. • Lograr que la comunidad implemente los conceptos y conocimientos obtenidos mediante la educación ambiental a la hora de valorar y hacer uso de los recursos naturales de forma eficiente y sostenible.
Proyecto 3.2. Capacitación en la formulación y desarrollo de proyectos productivos.	Instruir a la comunidad en la implementación de estrategias productivas que contribuyan al bienestar de las comunidades locales y la promoción de la conservación del humedal.	• Capacitar a las comunidades sobre el aprovechamiento ecoturístico del humedal.

Fuente: GIZ, 2019.



BIBLIOGRAFÍA

Albornoz-Garzón J.G. y Conde-Saldaña C.C. (2014). Diversidad y Relaciones Ecomorfológicas de la Comunidad Íctica de la Cuenca del Río Alvarado, Tolima, Colombia. Trabajo de grado, Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Programa De Biología. Ibagué – Tolima.

Alcaldía de Ibagué (2016). Plan de Desarrollo 2016-2019.

Alves-da-Silva, S. M., Pereira, V. C., Moreira, C. S., y Friedrich, F. (2011). The genus *Phacus* (Euglenophyceae), in a subtropical urban lake, in the Jardim Botânico of Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 25(3), 713-726.

Andrade-C., M.G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 35(137): 491-507.

Angulo A., Rueda-Almonacid, J. V., Rodríguez-Mahecha, J. V. y La Marca, E. (Eds) (2006). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de campo #2. Bogotá D.C., Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.

Aranda-Sánchez, J. M. (2012). Manual para el Rastreo de Mamíferos Silvestres de México. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Avendaño, J.E., Bohórquez, I.C., Rosselli, L., Arzuza-Buelvas, D., Estela, F.A., Cuervo, A.M. y Renjifo, M.L. (2017). Lista de chequeo de las aves de Colombia: Una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty y Brown (1986). *Ornitología Colombiana*, 16.

Ayerbe-Quñones, F. (2018). *Guía ilustrada de la avifauna Colombiana*. Wildlife Conservation Society: Bogotá, Colombia.

Badii, M., Garza-Almanza, V., Landeros, J., y Quiroz, H. (2015). Diversidad y relevancia de los mosquitos. *Cultura Científica y Tecnológica*, (13).

Braak, C. J., y Smilauer, P. (1998). Canoco. Reference manual and user's guide to Canoco for windows: software for Canonical Community Ordination (Version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY.

Bellinger, E. G., y Sigee, D. C. (2015). Freshwater algae: identification and use as bioindicators. John Wiley y Sons.

Bernal, M.H. y Lynch, J.D. (2008). Review and analysis of altitudinal distribution of the Andean anurans in Colombia. *Zootaxa*, 1–25.

Bernal López, O. J. (2017). Diseño de unidad piloto de humedales artificiales de flujo subsuperficial para tratamiento de aguas residuales domesticas en el Campus UMNG-Cajicá con fines de reusó (Master's thesis, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano).

Blanco, D.E. (1999). Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. En Malvarez, A.I. (Ed.). *Los humedales como hábitat de aves acuáticas* (págs. 215-223.). Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y Machín-ORCYT: Montevideo, Uruguay.

Bicudo, C. D. M., y Menezes, M. (2006). Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. *São Carlos, Rima*.

Briñez-Vásquez, G.N., Villa-Navarro, F.A., Ortega-Lara, A., Reinoso-Flórez, G. y García-Melo, J.E. (2005). Distribución altitudinal y diversidad de la familia Astroblepidae (Pisces, Siluriformes), en la cuenca del río Coello, Tolima. *Dahlia*. 8: 39- 46.

Burgin, C., Colella, J., Kahn, P y Upham, N. (2018). How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy*, 99(1):1–14

Casatti, L., Teresa F.B., Gonçalves-Souza, T., Bessa, E., Manzotti A R., Gonçalves, C. D. S., y Zeni, J. D.O. (2012). From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish. *Neotropical Ichthyology*, 10(1): 205–214.

Castro-Roa, D. (2006). Composición y estructura de la comunidad de Characiformes en la cuenca del río Prado (Tolima-Colombia). Trabajo de grado Programa de Biología. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad del Tolima. Ibagué.

Castellanos, C. (2006). Los ecosistemas de humedales en Colombia. Universidad de Caldas. *Revista Luna Azul*, 1-5. Recuperado de http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul13_4.pdf.

Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis, M.Á., Córdoba-Córdoba, S. y Sua-Becerra, A. (2013). Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana*, 14(2), 113-150.

CITES. (2017). CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 4 de octubre de 2017: <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf>

Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E., y Morales-Baquero, R. (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lenticos. *Revista Ecosistemas*, 13(2).

Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) "Humedales: agua, vida y cultura" 8a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Valencia, España, 18 a 26 de noviembre de 2002.

Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA (2014). Atlas Ambiental del Tolima. Ibagué.

Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA (2006). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Prado. Ibagué.

Corporación Autónoma Regional del Tolima y Grupo de Investigación en Zoología [CORTOLIMA y GIZ] (2010). Biodiversidad faunística de los humedales del departamento del Tolima fase I: Informe técnico. Ibagué, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Tolima.

Corporación Autónoma Regional del Tolima y Grupo de Investigación en Zoología [CORTOLIMA y GIZ] (2015). Propuesta técnica para la formulación del plan de manejo ambiental de los humedales en el departamento del Tolima, fase II. Caracterización ambiental, biológica, física y química de los humedales del departamento del Tolima: Informe técnico. Recuperado de <https://www.cortolima.gov.co/>.

Corporación Autónoma Regional del Tolima y Grupo de Investigación en Zoología [CORTOLIMA y GIZ] (2016). PROPUESTA TECNICA PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS HUMEDALES EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, FASE III: Informe técnico. Recuperado de <https://www.cortolima.gov.co/>.

Corporación Autónoma Regional del Tolima y Grupo de Investigación en Zoología [CORTOLIMA y GIZ] (2018). Propuesta técnica para la formulación

del plan de manejo ambiental de los humedales en el departamento del Tolima, fase IV: Informe técnico. Recuperado de <https://www.cortolima.gov.co/>.

Cruz, E. X., Galindo, C. A., y Bernal, M. H. (2016). Dependencia térmica de la salamandra endémica de Colombia *Bolitoglossa ramosi* (Caudata, Plethodontidae). *Iheringia, Sér. Zool*, 106, e2016018.

Da Silva, W. J., Ruwer, D., Nogueira, I., y Dunck, B. (2016). The genus *Pinnularia* (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) from Lago dos Tigres, Britânia, Goiás, Brazil. *Biota Neotropica*, 16(1).

Dalsgaard, B., Martin, G.A., Olesen, M., Ollerton, J.M., Timmermann, A., Andersen, L.H. y Tossas, A.G. (2009). Plant-hummingbird interactions in the West Indies: floral specialization gradients associated with environment and hummingbird size. *Oecologia*, 159(4), 757-766.

del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. y de Juana, E. (Eds.) (1997) *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions: Barcelona, Spain.

Dennis, P. A. (1988). Herbal medicine among the Miskito of Eastern Nicaragua. *Economic Botany*, 42(1), 16-28.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). Terridata. Recuperado el 20 de mayo de 2019 de <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles/73001>

Díaz, M., Flores, D., y Barquez, R. (1998). Instrucciones para la preparación y conservación de mamíferos. PIDBA. Programa de investigaciones de Bioiversidad Argentina.

Díaz, M. M., Solari, S., Aguirre, L. F., Aguiar, L. M., y Barquez, R. M. (2016). Clave de Identificación de los Murciélagos de Sudamerica. Yerba Buena.

Dodson, S. I., Frey, D. G., Thorp, J., y Covich, A. P. (2001). Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. *Chapter 21: Cladocera and other Branchiopoda*, 849-914.

Dodson, S. L., Cáceres, C. E., y Rogers, D. C. (2010). Cladocera and other Branchiopoda. In *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (pp. 773-827). Academic Press.

Donegan, T.M., McMullan, W.M., Quevedo, A. y Salaman, P. (2013). Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2013. Revisión

del estatus de las especies de aves que existen o han sido reportadas en Colombia 2013. *Conservación Colombiana*, 19, 3-10.

Donegan, T.M., Quevedo, A., Verhelst, J.C., Cortés, O., Pacheco, J.A. y Salaman, P. (2014). Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2014. Revisión del estatus de las especies de aves que existen o han sido reportadas en Colombia 2014. *Conservación Colombiana*, 21, 3-11.

Donegan, T.M., Quevedo, A., Verhelst, J.C., Cortés-Herrera, O., Ellery, T. y Salaman, P. (2015). Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2015, with discussion of BirdLife International's new taxonomy. Revisión del estatus de las especies de aves que han sido reportadas en Colombia 2015, con una discusión de la nueva taxonomía de BirdLife Internacional. *Conservación Colombiana*, 23, 3-48.

Duellman, W. y Trueb, L. (1986). *Biology of amphibians*. Estados Unidos: McGraw-Hill Book Company.

Duellman, W. E. y Trueb, L. (1994). *Biology of amphibians*. Baltimore, Estados Unidos: Johns Hopkins University Press.

Echeverri, E. A. (2004). Diagnóstico de las amenazas sobre la iguana verde *Iguana iguana* en el corregimiento de Punta Canoa - Cartagena, con fines de conservación. Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana.

Elizondo, A. (2002). Taxonomía y distribución de los mosquitos díptera culicidae, de las regiones fisiográficas llanuras costeras del golfo, y sierra madre oriental, del estado de nuevo león México. Tesis como requisito parcial para optar al título de maestro en ciencias, con especialidad en entomología médica, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Elmberg, J., Nummi, P., Pöysä, H. y Sjöberg, K. (1994). Relationship between species number, lake size and resource diversity in assmblages of breeding waterfowl. *Journal of Biogeography*, 2, 75-84.

Elmoor-Loureiro, L. M. A. (1997). Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil.

Esquivel, H., Botánico, D. J., y Von Humboldt, A. (1997). Herbarios en los jardines botánicos. Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima. Ibagué (Tolima), Colombia.

Fredericksen, T. S., y Mostacedo, B. (2000). Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 131(1-3), 47-55.

Frost, Darrel R. (2019). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (10 abril 2019). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.

Galvis-Rizo, C., Carvajal-Cogollo, J. E., Arredondo, J. C., Passos, P., López-Victoria, M., Velasco, J. A. y Rojas-Rivera, M. A. (2016). Libro Rojo de Reptiles de Colombia (2015).

Gardner, A. L. (2007). Mammals of Southamerica: Volume 1 Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats. Chicago y Londres: The University of Chicago Press.

Gerhardt, H. C. (1994). The evolution of vocalization in frogs and toads. *Annual Review in Ecology and Systematics* 25:293-324.

Gobernación del Tolima (2014). Estadísticas 2011 - 2014 Ibagué.

Gillespie, T.W. y Walter, H. (2001). Distribution of bird species richness at a regional scale in tropical dry forest of Central America. *Journal of Biogeography*, 28, 651-662.

Green, A.J. y Figuerola, J. (2003). Aves acuáticas como bioindicadores en los humedales. En Paracuellos, M. (Ed.) *Ecología, manejo y conservación de los humedales* (págs. 47-60). Instituto de Estudios Almerienses: España.

Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) (2015). Plan de Manejo Ambiental Humedal Azuceno: Informe técnico. CORTOLIMA y GIZ, Ibagué.

Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) (2016a). Plan de Manejo Ambiental Humedal El Silencio: Informe técnico. CORTOLIMA y GIZ, Ibagué.

Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) (2016b). Plan de Manejo Ambiental Humedal El Toro: Informe técnico. CORTOLIMA y GIZ, Ibagué.

Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) (2016c). Plan de Manejo Ambiental Humedal Laguna El Gavilán: Informe técnico. CORTOLIMA y GIZ, Ibagué.

Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) (2016d). Plan de Manejo Ambiental Humedal Toqui-Toqui: Informe técnico. CORTOLIMA y GIZ, Ibagué.

Guayara, M. G. y Bernal, M. H. (2012). Fecundidad y fertilidad en once especies de anuros colombianos con diferentes modos reproductivos. *Caldasia*, 34 (2), 483- 496.

Guiry, M. D., y Guiry, G. M. (2018). *AlgaeBase. World. Electron. Publ. Natl. Univ. Ireland*. URL {<http://www.algaebase.org>.

Hernández, H. D. (2015). Caracterización taxonómica de los ofidios del municipio de dolores, Tolima.

Hernández, J., y Rangel, J. O. (2009). La vegetación del humedal de Jaboque (Bogotá, DC). *Caldasia*, 31 (2).

Higuchi, P., da Silva, A. C., van den Berg, E., y Pifano, D. S. (2011). Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia* spp. ruiz y pav. (Melastomataceae). *Revista Árvore*, 35(3), 381-389.

Hilty, S.L. y Brown, W.L. (2001). *Guía de las aves de Colombia*. Edición en español. American bird conservation (ABC): Cali, Colombia.

Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid R. W., Hayek, L. C. y Foster, M. S. (1994). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington, D.C., U.S.A.: Smithsonian Institution Press.

Hill, R. W. (1979). *Fisiología animal comparada: un enfoque ambiental*. Reverté.

Hodda, M. (2011). "Phylum Nematoda Cobb 1932. In: Zhang, Z.-Q.(Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148(1), 63-95.

Isler, M.L. y Isler P.R. (1987). *The Tanagers: natural history, distribution and identification*. Smithsonian Institution Press: Washington, D.C., USA.

IUCN (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 08 abril 2019.

IDEAM, zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013, Bogotá, D. C., Colombia.

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (2018). Censo Pecuario Nacional - 2018. Recuperado el 22 de Mayo de 2019 de <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>

Instituto Alexander Von Humboldt (IAvH, 2015). Estudios Técnicos, Económicos Sociales Ambientales Complejo de Paramos Las Hermosas y Nevado del Huila- Moras. Bogotá, D.C. Colombia

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia a Escala 1:100.000. Bogotá, Colombia: IDEAM.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2015). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima. Ibagué, Colombia: IGAC.

Jersabek, C. D. y Leitner, M. F. (2013): The Rotifer World Catalog. World Wide Web electronic publication. <http://www.rotifera.hausdernetatur.at/>, accessed {date of access}.

Kudo, R. R. (1980). *Protozoology*. México D.F., México: Compañía Editorial Continental S.A.

Kumar, A. y R. Patterson. 2000. Arcellaceans (Thecamoebians): New tools for monitoring long and short term changes in lake bottom acidity. *Environmental Geology* 39(6): 689-697.

Ladrera, F. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información Ambiental*, (39), 24-29.

Ladrera, R., Rieradevall, M., y Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Ikastorratza. E-Revista de Didáctica I*, 1-18.

Lips K. R. J. K. Reaser B. E. Young y R. Ibáñez, (2000). *Técnicas de Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

Lozano-Duque, Y., Vidal, L. A., y Navas, G. R. (2010). Listado de diatomeas (Bacillariophyta) registradas para el Mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(1), 83-116.

Lynch, J. D. (1999). Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (Amphibia: Gymnophiona). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, 317-337.

Macedo, C. C. L., Rodrigues, M. E. F., Hirata, R. T., Cardoso-Silva, S., Moschini-Carlos, V., y Pompêo, M. (2015). Levantamento de macrófitas aquáticas no Reservatório Paiva Castro, Mairiporã, São Paulo. *Pompêo M, Moschini-Carlos V, Nishimura PY, Silva SC y Doval JCL. Ecologia de reservatórios e interfaces. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo*, 278-293.

Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Galvis, G., Villa-Navarro, F., Vásquez, L., Prada-Pedrerros, S., et al., (2005). Peces de los Andes de Colombia (1st ed. p. 346). Bogotá D.C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Maldonado, G., y Bianyth, D. (2015). Caracterización de las macrófitas del humedal meandro del SAY como insumo de las herramientas de conservación.

Manchado, M. y Peña, G. (2000). Estructura numérica de la comunidad de aves del orden Passeriformes en dos bosques con diferentes grados de intervención antrópica en los corregimientos de Salero y San Francisco de Icho. *Tesis de pregrado*, Facultad de Ciencias Básicas: Universidad Tecnológica del Chocó, Chocó.

Marradi, A., Archenti, N. y Piovani, J. (2007). Metodología de las Ciencias Sociales. Buenos Aires, Argentina: Emecé Editores.

Marcondes-Machado, L.O. (1988). Experiência de repovoamento com *Sicalis flaveola brasiliensis* (Gmelin, 1789) (Passeriformes, Emberizidae) em área destinada à pecuária leiteira. *Rev. Bras. Zool.*, 5, 193-200.

Márquez, G. 2003. Ecosistemas estratégicos de Colombia. *Revista de la Sociedad Geográfica de Colombia* 133: 87-103. Bogotá.

McAlicie, B. J. (1971). Phytoplankton Sampling with the Sedgwick-Rafter Cell 1. *Limnology and Oceanography*, 16(1), 19-28.

McDiarmid, R. (1994). *Preparing amphibians as scientific specimens*. En R., Heyer, M., Donnelly, R. W., McDiarmid, L., Hayek y M. S., Foster (Eds), *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. Washington D.C., U.S.A.: Smithsonian Institution Press- Editorial Universitaria de la Patagonia.

McMullan, M., Quevedo, A. y Donegan, T.M. (2010). *Guía de campo de las aves de Colombia*. Fundación ProAves: Bogotá, Colombia.

Medina, A., y Scheibler, E., y Paggi, A. (2008). Distribución de Chironomidae (Diptera) en dos sistemas fluviales rítrónicos (Andino-serrano) de Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 67 (1-2), 69-79.

Mercado-Salas, N. F., y Suárez-Morales, E. (2011). Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copepoda) de zonas áridas del centro-norte de México. I. Cyclopinae. *Hidrobiológica*, 21(1), 1-25.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT (2006). Resolución 196 "Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia". Bogotá, 31 pág.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución Número 1912 del 15 de septiembre de 2017. "Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras determinaciones". Bogotá: MADS, 2017.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y WWF. (2009) Plan Nacional de las especies migratorias. Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Primera Edición, Bogotá D. C.

Ministerio de Agricultura (1978) Decreto 154: "Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: De las aguas no marítimas y parcialmente la Ley 23 de 1973". Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Decreto 1076 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". Bogotá, 654 pág.

Molina-Martínez, Y.G. (2002). Composición y estructura trófica de la comunidad aviaria de la Reserva Natural los Yalcones (San Agustín-Huila) y su posible relación con la vegetación arbórea y arbustiva. *Tesis de pregrado*, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué-Colombia.

Mojica, J., Usma, J.S., Alvarez-Leon, R. y Lasso, C. (2012). Libro Rojo de Peces Dulceacuicolas de Colombia (2012) (p. 153). Bogotá D.C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Muñoz, E. M., A. M. Ortega, et al. (2002). "Demografía y ecología de anidación de la Iguana verde, *Iguana iguana* (Squamata: Iguanidae), en dos poblaciones explotadas en la Depresión Momposina, Colombia." *Revista de Biología Tropical* 51 (1): 12.

Naranjo, L.G., y Espinel, J.D.A. (Eds.) (2009). Plan nacional de las especies migratorias: diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Planes-para-la-conservacion-y-uso-de-la-biodiversidad/211010_plan_especies_migratorias.pdf.

Naranjo, L.G., Amaya, J.D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.) (2012). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/ WWF Colombia: Bogotá, D.C., Colombia.

Navas, C.A. (2006) Patterns of distribution of anurans in high andean tropical elevations: Insights from integrating biogeography and evolutionary physiology. *Integrative and comparative biology*, 46 (1), 82-91.

North American Banding Council (NABC) (2003). *Manual para anillar Passeriformes y cuasi-Passeriformes del anillador de Norteamérica (excluyendo colibríes y búhos)*. The North American Banding Council, point Reyes station: California, USA.

- Oliva-Martínez, M. G., Godínez-Ortega, J. L., y Zuñiga-Ramos, C. A. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 54-61.
- Oliveira, I. B., Bicudo, C. E. M., y Moura, C. W. N. (2011). Euastrum (Desmidiaceae, Zygnematophyceae) na planície litorânea do norte da Bahia, Brasil. *Sitientibus série Ciências Biológicas*, 11(1), 62-73.
- Oliveira, I. B. D., Bicudo, C. E. D. M., y Moura, C. W. D. N. (2013). First records of Zygnematales (Zygnematophyceae, Streptophyta) for the state of Bahia, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(4), 743-750.
- Ortegón-Martínez, D. A., y Pérez-Torres, J. (2007). Estructura y composición del ensamblaje de murciélagos (Chiroptera) asociado a un cafetal con sombrío en la Mesa de los Santos (Santander), Colombia. *Actual Biol* 29 (87), 215-228.
- Osorio-Huamaní, B.C. (2014). Inventario de la biodiversidad de aves como indicador de la calidad ambiental del “Humedal Laguna el Ocondal” del Distrito de Villa Rica. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.
- Oviedo-Machado, N., y Reinoso-Flórez, G. (2018). Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 101-109.
- Packard, G. C., Tracy, C. R. y ROTH, J. J. (1977). The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. And the evolution of viviparity within the Class Reptilia. *Biological Reviews*, 52(1), 71-105.
- Parra, J.L. (2014) Uso de la biota acuática en la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales interiores: Aves. Pp. 150-155. En: Lasso C.A., Gutiérrez F. de P. y Morales-B D. (Eds.). *X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH): Bogotá, D.C., Colombia.
- Patterson, B.D. (2016) Mammals Everywhere. In: Kliman, R.M. (ed.), *Encyclopedia of Evolutionary Biology*. vol. 2, pp. 424–429. Oxford: Academic Press

Patton, J. L. (2015). *Mammals of South America Volume 2 Rodents*. Chicago: The University of Chicago Press.

Plewka, M. (2019). Plingfactory: Life in Water. Germany.<http://www.plingfactory.de/pling.html>

Pérez-Torres, J., y Ahumada P., J. A. (2004). Murciélagos en bosques alto-andinos, fragmentados y continuos, en el sector occidental de la sabana de Bogotá (Colombia). *Universitas Scientiarum* Vol 9, 33-46.

Pereira, I., Reyes, G., y Kramm, V. (2000). Cyanophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae y Charophyceae en arrozales de Chile. *Gayana. Botánica*, 57(1), 29-53.

Peterson, R.T. y Chalif, E.L. (1989). *Aves de México*. Guía de Campo. Editorial Diana: México, D.F., México.

Pough, F. H., R. M. Andrews, J. E. Cadle, M. L. Crump, A. H. Savitzky, y K. D. Wells. (2004). *Herpetology*. Third edition. Pearson Prentice Hall, United States of America.

Pujante, F. (2011). Video atlas de los microorganismos acuáticos. <https://sites.google.com/site/fpelectronicaweb/>

Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E. y De Sante, D.F. (1993). *Handbook of field methods for monitoring landbirds. General technical report*. Forest Service, United States Department of agriculture: Albany, California.

Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E., De Sante, D.F. y Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General technical report*. Pacific Southwest Research Station, Forest service, United States Department of agriculture: Albany, California.

Ralph, C.J., Widdowson, M., Widdowson, B., O'donnell, B. y Frey, R.I. (2008). *Tortuguero bird monitoring station protocol for the Tortuguero integrated bird monitoring program*. U.S. Forest Service, Redwood Sciences Laboratory: Arcata, California.

Ramírez, A. (2000). Utilidad de las aves como indicadores de la riqueza específica regional de otros taxones. *Ardeola*, 47(2), 221-226.

Ramírez, J. J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios* (No. 589.4 R1481f Ej. 1 019715). EDITORIAL UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Ramírez-Chaves, H., Suárez-Castro, A., y González-Maya, J. (2016). Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes*.

Remsen, J.V., Areta, J.I., Cadena, C.D., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J.F., Pérez-Emán, J., Robbins, M.B., Stiles, F.G., Stotz, D.F. y Zimmer, K.J. Version [01/03/2019]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union.
<http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>

Renjifo, L.M., Franco-Maya, A.M., Amaya-Espinel, J.D., Kattan, G.H. y López-Lanús, B. (Eds.) (2002). *Libro rojo de aves de Colombia*. Bogotá, Colombia: Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.

Renjifo, L.M., Gómez, M.F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A.M., Kattan, G.H., Amaya-Espinel, J.D. y Burbano-Girón, J. (2014). *Libro rojo de las aves de Colombia Volumen 1: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica*. Pontificia Universidad Javeriana e Instituto von Humboldt (Eds.): Bogotá D.C., Colombia.

Restall, R., Rodner, C. y Lentino, M. (2006). *Birds of Northern South America: an identification guide, Vol. 2. Plates and maps*. Yale University Press. New Haven and London: Londres.

Ricklefs, R. E. (2012). Naturalists, Natural History, and the Nature of Biological Diversity. *The American Naturalist*, 179(4), 423-435. Recuperado de http://izt.ciens.ucv.ve/ecologia/Archivos/ECO_POB%202012/ECOPO2_2012/Ricklefs%202012.pdf.

Rivera Usme, J. J., Pinilla Agudelo, G., y Camacho Pinzón, D. L. (2013). Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2).

Roda, J., Franco, A.M., Baptiste, M.P., Mónera, C. y Gómez, D.M. (2003). *Manual de identificación CITES de aves de Colombia*. Serie Manuales de Identificación CITES de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos

Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Bogotá D.C., Colombia.

Robinson, J. G., K. H. Redford, et al. (1997). Uso y conservación de la vida silvestre neotropical. México D.F.

Ročková, H. y Roček, Z. (2005). Development of the pelvis and posterior part of the vertebral column in the Anura. *Journal of Anatomy*, 206(1), 17-35.

Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical 2ª Edición*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Rodríguez-Posada, M. (2010). Murciélagos de un bosque en los Andes Centrales de Colombia con notas sobre su taxonomía y distribución. *Caldasia* 32(1), 205-220.

Rubio-Rubio, J. P. (2015). *Evaluación de la efectividad de la normatividad ambiental legal vigente para la preservación de la biodiversidad vegetal epífita* (Tesis). Universidad Militar Nueva Granada.

Ruggiero, M. A., Gordon, D. P., Orrell, T. M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R. C., y Kirk, P. M. (2015). A higher-level classification of all living organisms. *PloS one*, 10(4), e0119248.

Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D. y Amézquita, A. (2004). *Libro rojo de los Anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá, Colombia: Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente.

Rumiz, D. (2010). Capítulo 2: Roles ecológicos de los mamíferos medianos y grandes. En: Mamíferos medianos y grandes de Bolivia.

Sala, S. E., Duque, S. R., Núñez-Avellaneda, M., y Lamaro, A. A. (2002). Diatoms from the Colombian Amazon: some species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyceae). *Acta Amazonica*, 32(4), 589-589.

Sánchez, H., Castaño, O. y Cárdenas, G. (1995). Diversidad de los Reptiles en Colombia. *Colombia diversidad biótica I*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Inderena, Fundación FES, 277-325.

Sánchez, F., Sánchez-Palomino, P., y Cadena, A. (2004). Inventario de mamíferos en un bosque de los Andes Centrales de Colombia. *Caldasia*, 26(1), 291-309.

Sánchez-Londoño, J., Manir-C, D., Botero-Cañola, S. y Solari, S (Eds.). 2014. *Imama. Mamíferos Silvestres del Valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle de Aburrá*, Corantioquia, Universidad de Antioquia. Medellín.

Sanclemente, M. A., y PEÑA, E. J. (2008). Crecimiento y eficiencia fotosintética de *Ludwigia decurrens* Walter (Onagraceae) bajo diferentes concentraciones de nitrógeno. *Acta Biológica Colombiana*, 13(1), 175-186.

San Nicolás Hernández, D. (2017). *Sphagnum* y sus microbiontes, una fuente prolífica de aplicaciones.

Sendacz, M., y Kubo, E. (2018). Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 9(único), 51-89.

Servicio Geológico Colombiano (2019). Generalidades Volcán Cerro Machín. Recuperado el 21 de mayo de 2019 de <https://www2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanCerroMachin/Paginas/generalidades-volcan-cerro-machin.aspx>

Shanks, A. L., y Walters, K. (1997). Holoplankton, meroplankton, and meiofauna associated with marine snow. *Marine Ecology Progress Series*, 156, 75-86.

SiB Colombia (2012). Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. Disponible en: <http://www.sibcolombia.net> [Fecha revisión: 16 de mayo de 2016].

Siemensma, F. J., (2019) *Microworld, world of amoeboid organisms*. World-wide electronic publication, Kortenhoef, the Netherlands.

Simp, L. F. O. D. V. (2016). Territorios, Bosques y Posconflicto. *Colombia forestal*, 19(1), 21-24. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/4239/423947585006.pdf>.

Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T., Ramírez-Chaves, H., y Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 20(2), 301-365.

Soriano, P. (2000). Functional structure of bat communities in tropical rainforests and Andean cloud forests. *Ecotropicos*, 13 (1), 1-20.

Springer, M. (2010). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(Supl. 4), 53-59

Stiles, F.G. y Bohórquez C.I. (2000). Evaluando el estado de la biodiversidad: el caso de la avifauna de la Serranía de las Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia*, 22(1), 61-92.

Stouffer, P.C. y Bierregaard, R.O.Jr. (1995). Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology*, 9(5), 1085-1094. Doi: 10.1046/j.1523-1739.1995.9051072.x-i1.

Suárez-Castro, A. F., Ramírez-Chaves (editores). (2015). Los carnívoros terrestres y semiacuáticos continentales de Colombia. Guía de Campo. Editorial Universidad Nacional de Colombia, 224 pp.

Taborda Martínez, M. E. (2009). Estudio fitoquímico preliminar y actividad antimalarica del extracto etanólico total de *Coccocypselum hirsutum* (Rubiaceae). *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*, 6(2), 118-123.

Tejerina, E. G., y Molineri, C. (2007). Comunidades de Chironomidae (Diptera) en arroyos de montaña del NOA: comparación entre Yungas y Monte. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 66(3-4).

Trujillo, F., Rodríguez, J., Tirira, D. y Hernández, A. (2005). Mamíferos Acuáticos y Relacionados con el Agua Neotropical. Bogotá: Conservación Internacional.

Thorp, J. H., y Covich, A. P. (2001). An overview of freshwater habitats. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*, 2 edn. (Eds J. Thorp and AP Covich.) pp, 19-41.

Thorp, J. H., y Mantovani, S. (2005). Zooplankton of turbid and hydrologically dynamic prairie rivers. *Freshwater Biology*, 50(9), 1474-1491.

Trademap (2019). Recuperado el 21 de mayo de 2019 de https://www.trademap.org/Product_SelCountry_TS.aspx

Tremarin, P. I., Moreira-Filho, H., y Ludwig, T. A. V. (2010). Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea paranaense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 24(2), 335-353.

Uetz, P., Freed, P. y Hošek, J. (eds.) (2019) The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, accessed [11-04-2019]

Ujowundu, C. O., Igwe, C. U., Enemor, V. H. A., Nwaogu, L. A., y Okafor, O. E. (2008). Nutritive and anti-nutritive properties of *Boerhavia diffusa* and *Commelina nudiflora* leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(1), 90-92.

Universidad Nacional de Colombia. Observatorio de Conflictos Ambientales (OCA). Recuperado el 22 de mayo de 2019 de https://conflictos-ambientales.net/oca_bd/env_problems/view/3

Verhelst-Montenegro, J.C. y Salaman, P. (2015) Checklist of the Birds of Colombia / Lista de las Aves de Colombia. Electronic list, version '18 May 2015'. Atlas of the Birds of Colombia. Available from <https://sites.google.com/site/haariehbamidbar/atlas-of-the-birds-of-colombia> [Accessed 12/05/2016].

Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J.,...Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 100 pág.

Villa-Navarro, F., Losada-Prado, S. (1999). "Aspectos tróficos de *Petenia umbrifera* (Pisces:Cichlidae) en la represa de Prado (Tolima)". En: Colombia. *Revista De La Asociación Colombiana De Ciencias Biológicas* ISSN: 0120-4173 ed: Asociación Colombiana De Ciencias Biológicas v.11 fasc.1 p.24 – 35.

Villa-Navarro, F., Losada-Prado, S. (2004). "Aspectos bioecológicos del Caloche, *Sternopygus macrurus* (Gymnotiformes: Sternopygidae), en la Represa de Prado, Tolima, Colombia". En: Colombia. *Dahlia* ISSN: 0122-9982 ed: Unibiblos Universidad Nacional De Colombia v. fasc.7 p.49 – 56.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña A.M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: Bogotá, Colombia.

Villegas, M. y Garitano, A. (2008). Las comunidades de aves como indicadores ecológicos para programas de monitoreo ambiental en la ciudad de La Paz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 43(2), 146-153.

Wallace, R. L., y Snell, T. W. (2010). Rotifera. In *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (pp. 173-235). Academic Press.

Wells, K. D. (1977). The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour* 25:666-693.

Wunderle, J.M.Jr. (1994). *Census methods for Caribbean land birds*. Southern forest experiment Station, Forest service, United States Department of agriculture: New Orleans, Louisiana.

Zapata Madrid, J. (2006). Estado de conocimiento de los tecamebianos dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepción)*, 70(1), 27-30.

Zuñiga-Upegüi, P., Villa-Navarro, F., Ortega-Lara, A., Reinoso-Flórez, G. (2005). "Relación longitud-peso y frecuencias de tallas para los peces del género *Chaetostoma* (Siluriformes, Loricariidae) de la cuenca del río Coello, Colombia". En: Colombia *Dahlia* ISSN: 0122-9982 ed: Unibiblos Universidad Nacional De Colombia v. fasc.8 p.47 – 52